

COLETÂNEA VII

“PLANEJAMENTO URBANO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS”

Edson Vicente da Silva
Rodrigo Guimarães de Carvalho
(Coordenadores)

“BACIAS HIDROGRÁFICAS E ANÁLISE DE SEUS PARÂMETROS QUANTITATIVOS”

Larissa Neris Barbosa
Marta Celina Linhares Sales
Juliana Felipe Farias
Alcigério Pereira de Queiroz
(Organizadores)



COLETÂNEA VII
“PLANEJAMENTO URBANO DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS”

EDSON VICENTE DA SILVA
RODRIGO GUIMARÃES DE CARVALHO
(COORDENADORES)

“BACIAS HIDROGRÁFICAS E ANÁLISE DE
SEUS PARÂMETROS QUANTITATIVOS”

LARISSA NERIS BARBOSA
MARTA CELINA LINHARES SALES
JULIANA FELIPE FARIAS
ALCIGÉRIO PEREIRA DE QUEIROZ
(ORGANIZADORES)





Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Reitor

Pedro Fernandes Ribeiro Neto

Vice-Reitor

Fátima Raquel Rosado Moraes

Diretor de Sistema Integrado de Bibliotecas

Jocelânia Marinho Maia de Oliveira

Chefe da Editora Universitária – EDUERN

Anairam de Medeiros e Silva



Conselho Editorial das Edições UERN

Emanoel Márcio Nunes

Isabela Pinheiro Cavalcante Lima

Diego Nathan do Nascimento Souza

Jean Henrique Costa

José Cezinaldo Rocha Bessa

José Elesbão de Almeida

Ellany Gurgel Cosme do Nascimento

Ivanaldo Oliveira dos Santos Filho

Wellington Vieira Mendes

Projeto Gráfico:

Amanda Mendes de Amorim

Campus Universitário Central

BR 110, KM 48, Rua Prof. Antônio Campos,

Costa e Silva – 59610-090 - Mossoró-RN

Fone (84)3315-2181 – E-mail: edicoesuern@uern.br

Coordenação Editorial

Anderson da Silva Marinho

Andressa Mourão Miranda

Tacyele Ferrer Vieira

Projeto Gráfico

David Ribeiro Mourão

Diagramação

Larissa Neris Barbosa

Capa e Ilustração

Ana Larissa Ribeiro de Freitas

Revisão

Edson Vicente da Silva

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Catálogo

UERN

Catálogo da Publicação na Fonte**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**

Bacias Hidrográficas e análise de seus parâmetros quantitativos/ Larissa Neris Barbosa... et al (Orgs.) – Mossoró – RN: EDUERN, 2018.

200p.

ISBN: 978-85-7621-216-4

1. Hidrogeografia. 2. Geociências. 3. Geografia física. I. Sales, Marta Celina Linhares. II. Farias, Juliana Felipe. III. Queiroz, Alcigerio Pereira de. IV. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. V. Título.

UERN/BC

CDD 551.48

Bibliotecária: Aline Karoline da Silva Araújo CRB 15 / 783



PREFÁCIO

As universidades, institutos de educação e pesquisa e as escolas públicas devem, cada vez mais, permeabilizar seus muros, como uma rocha calcária, para permitir uma maior porosidade e infiltração social. Abrir nossas portas e janelas, para saída e entrada de pessoas cidadãos, estudiosos e pesquisadores, afinal a população brasileira é quem nos constrói e alimenta.

Nosso retorno socioambiental é construir um tecido junto com os atores sociais, líderes comunitários, jovens entusiastas, crianças curiosas e velhos sábios. A integração entre os conhecimentos científicos e os saberes tradicionais é a base para um desenvolvimento sustentável e democrático.

Encontros como o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial têm sido realizados de forma integrada e aberta para a sociedade em geral. Como uma grande e imensa árvore que vai se desenvolvendo a partir de seus eventos, dispondo para todos os seus frutos de diletos e diversos sabores, como essas coletâneas e tomos, cultivados por diferentes pessoas desse nosso imenso terreiro chamado Brasil.

Coube a Universidade Federal do Ceará, através de seu Departamento de Geografia, a realização do evento e a organização final dos artigos que compõem os livros, e às Edições UERN, pertencente à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, a catalogação e publicação dos 31 livros pertencentes às 07 coletâneas. Essa parceria interinstitucional, que na verdade coaduna muitas outras instituições, demonstra as redes já estabelecidas de cooperação científica e ideológica que, em um cenário político-econômico de grande dificuldade para as instituições de ensino e para a ciência brasileira, se auto-organizam para o enfrentamento dos desafios de maneira generosa e solidária.

RODRIGO GUIMARÃES DE CARVALHO (UERN)
EDSON VICENTE DA SILVA – CACAU (UFC)

SUMÁRIO

“BACIAS HIDROGRÁFICAS E ANÁLISE DE SEUS PARÂMETROS QUANTITATIVOS”

CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE BACIAS HIDROGRÁFICAS E ANÁLISE DE SEUS PARÂMETROS QUANTITATIVOS.	7
A BACIA HIDROGRÁFICA APODI-MOSSORÓ COMO OBJETO DE PESQUISA ACADÊMICA.	12
A CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO SUL DA CIDADE DE NATAL, NORDESTE DO BRASIL.	24
ANÁLISE DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALAMANCA BARBALHA – CEARÁ.	36
APLICAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS EM UM SEGMENTO DO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI-CE: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ENTENDIMENTO DOS PROCESSOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS.	49
AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO UNA, IBIÚNA, SP.	59
BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DAS ANTAS – MS: SUBSÍDIOS AO ESTUDO DO COMPORTAMENTO E CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS DOS LEITOS FLUVIAIS.	72
BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: APONTAMENTOS TEÓRICOS PARA FOMENTAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL.	81
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CURU, CEARÁ, BRASIL.	93
FUNÇÃO SOCIAL DAS INFRAESTRUTURAS HÍDRICAS NO ESTADO DO CEARÁ.	106
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO COREAÚ (CEARÁ – BRASIL).	118
PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BETUME-SE.	132
RELAÇÃO SOCIEDADE/NATUREZA NA CONSTRUÇÃO DO RISCO À INUNDAÇÃO NA BACIA DO RIO SALAMANCA-BARBALHA, CE.	144
RESPOSTA ESPECTRAL DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO PEREIRA DE MIRANDA, PENTECOSTE – CE.	155
SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA MICROBACIA DO RIACHO DO MEIO (JARDIM DO SERIDÓ-RN).	164
UNIDADES GEOSISTÊMICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALMADA, SUL DA BAHIA.	172
Uso DO SENSORIAMENTO REMOTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.	187

CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE BACIAS HIDROGRÁFICAS E ANÁLISE DE SEUS PARÂMETROS QUANTITATIVOS

*VANESSA BARBOSA DE ALENCAR
LEONARDO SILVA SOARES
JULIANA FELIPE FARIAS
INÊS RIBEIRO DOS SANTOS
ALCIGÉRIO PEREIRA DE QUEIROZ*

1. Introdução

Para Botelho e Silva (2010, p. 153), “a bacia hidrográfica é a célula básica de análise ambiental, onde é possível conhecer e avaliar seus diversos componentes, processos e interações”. Estudos em nível de bacias hidrográficas são fundamentais para gerar subsídios para o planejamento territorial e/ou ambiental, uma vez que permitem a realização de avaliação integrada por meio da associação de processos biogeofísicos, econômicos e sociais (TUNDISI, 2008).

Segundo Ab’Saber e Muller-Plantenberg (2006), o planejamento integrado de bacias hidrográficas possibilita uma visão sistêmica do ambiente, devido à interdependência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Sobre estes sistemas atuam as forças antropogênicas, em que atividades e sistemas econômicos, sociais e biogeofísicos integram.

Dentre as diversas metodologias empregadas para avaliar as características das bacias hidrográficas, as avaliações quantitativas assumiram importância estratégica. As diferentes abordagens existentes na literatura científica podem subsidiar a compreensão sistêmica e integrada do ambiente em análise, gerando bases para o planejamento ambiental.

As primeiras publicações de cunho quantitativo das bacias hidrográficas estavam vinculadas ao campo geomorfológico/morfométrico. Os trabalhos de Zernitz (1932) e Horton (1932; 1945), apresentaram relações entre as redes de drenagem e suas áreas de abrangência. Trabalhos publicados por Strahler (1952; 1956), Schumm (1956), Chorley (1962), Lubowe (1964), Tricart (1965), Derruau (1966), Chistofolletti (1970) e Chorley e Kennedy (1971) também foram importantes marcos conceituais para a ampliação das pesquisas quantitativas das bacias hidrográficas.

Segundo Rodrigues, Pissarra e Campos (2008), tais estudos objetivavam caracterizar as bacias hidrográficas do ponto de vista geomorfológico/morfométrico, pretendiam demonstrar padrões de drenagens, do relevo, aspectos de infiltração e deflúvio das águas, correlação com a litologia, estrutura geológica a formação superficial dos elementos, que compõem a superfície terrestre. No entanto, com o reconhecimento das bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental, os parâmetros quantitativos também passaram a ser compreendidos numa perspectiva sistêmica.

Esta concepção, iniciou-se na década de 1990, com a publicação dos Princípios de Dublin (PORTO; PORTO, 2008). Este acordo foi assinado em janeiro de 1992, durante a Conferência Inter-

nacional de Água e Meio Ambiente (ICWE), em Dublin na Irlanda. A declaração ganhou relevância devido sua elaboração contar com ampla participação de lideranças mundiais, sendo posteriormente recomendada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em julho de 1992.

De acordo com o relatório elaborado na ICWE, o Princípio 1, indica que:

Princípio 1. A água é um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente; partindo-se do princípio que a água sustenta a vida, a gestão dos recursos hídricos requer uma abordagem holística, integrando o desenvolvimento econômico e social com a proteção dos ecossistemas naturais. A sua gestão efetiva integra o uso do solo com os usos da água no âmbito da bacia de drenagem e do aquífero subterrâneo (WMO, 1992, p. 4).

A partir deste marco, os conceitos postulados sobre bacia hidrográfica começaram a integrar suas características quantitativas numa perspectiva interdisciplinar, onde componentes ecossistêmicos, socioeconômicos e culturais passam a figurar constantemente. Por exemplo, cita-se o conceito de Yassuda (1993, p. 8), que define bacia hidrográfica como uma área, em que “ocorre interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural” e o de Beekman (1999), que a define como unidade territorial de planejamento, onde devem ser considerados os componentes do meio físico (geomorfologia, relevo, fisiografia, aquíferos e solos) com o meio biológico (biota e bioma); a ocupação e o uso antrópico do solo; a respectiva definição de critérios para o zoneamento; o disciplinamento da ocupação dos espaços geográficos; e a exploração racional e sustentável dos recursos naturais.

As metodologias quantitativas passaram a ser reconhecidas como fundamentais no entendimento da dinâmica do ambiente. A utilização das informações geradas com os parâmetros quantitativos podem subsidiar a delimitação de estratégias de gerenciamento ambiental, uma vez que apresentam diversas possibilidades de integração com aspectos relacionados ao uso e cobertura do solo, qualidade de água, potencial erosivo, exploração de recursos ambientais e dinâmica socioeconômica de uma determinada área – dando suporte ao processo de planejamento ambiental integrado de bacias hidrográficas.

Durante o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial foram apresentados quatro trabalhos científicos relacionados à temática Bacias Hidrográficas e Análise de seus Parâmetros Quantitativos. Esses trabalhos foram realizados em diferentes ambientes e culturas diversas do país.

Cada um dos capítulos do livro será discutido de maneira sintética e objetiva, de forma a se condensar o conteúdo de cada uma das pesquisas apresentadas no evento. De forma completa, os artigos estarão inseridos como constituição desse tomo da coletânea denominada de Planejamento Urbano de Bacias Hidrográficas, que é constituída por quatro tomos.

2. Experiências de integração entre planejamento e desenvolvimento sustentável

A diversidade temática dos trabalhos tratando sobre o Planejamento Urbano de Bacias Hidrográficas pode contribuir e oferecer opções para um desenvolvimento sustentável efetivo, desta forma serão tratados em síntese, quais os exemplos de estudos de caso e as diferentes aplicabilidades dos trabalhos sobre as Bacias Hidrográficas e Análise de seus Parâmetros Quantitativos.

Ao tratar sobre “*A Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró Como Objeto De Pesquisa Acadêmica*” objetivou-se apresentar um estado da arte das produções acadêmicas desenvolvidas nos Programas de Pós-Graduação strictu sensu de duas Instituições de Ensino Superior do Rio Grande do Norte

(UFRN e UFERSA) acerca dessa bacia. Nos resultados foi possível identificar que as pesquisas desenvolvidas nessas pós-graduações são predominantemente técnicas, pouco se abrindo a discussões interdisciplinares, sendo este, um elemento essencial nos estudos que envolvem a temática ambiental.

No capítulo *“A Contaminação Por Nitrato Nas Águas Subterrâneas Da Região Sul Da Cidade De Natal, Nordeste Do Brasil”* neste trabalho, análises da concentração de nitrato (em mg de NO₃-N L⁻¹) para os anos de 2010 e 2011, em conjunto com dados potenciométricos, foram interpretados com o suporte de imagem LANDSAT TM 5 e uso de aplicativos para processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas. Os resultados obtidos apontam áreas anômalas com concentração de nitrato maiores do que 16 mg de NO₃-N L⁻¹ na porção central e norte da área estudada, correspondente aos bairros de Felipe Camarão, Capim Macio, Morro Branco e Tirol.

No capítulo intitulado por *“Análise da paisagem da bacia hidrográfica do rio Salamanca Barbalha – Ceará”*, demonstra como a bacia hidrográfica do rio Salamanca em Barbalha Ceará passou por um processo de ocupação e transformação de sua paisagem através das transformações ocorridas na sua paisagem ao longo do processo de ocupação da entre os períodos entre 1980 e 2014. Desta forma, identificou-se a transformação do espaço em território por meio de ações diversas, seguindo os interesses pessoais e coletivos, entre tais transformações destacam-se: a retirada da mata (floresta natural) e sua substituição por cultivos agrícolas e pastagens; a transformação da paisagem dada de modo mais intensivo na área urbana de Barbalha.

Ao tratar sobre *“Aplicação De Parâmetros Morfométricos Em Um Segmento Do Médio Curso Da Bacia Hidrográfica Do Rio Pacoti-Ce: Uma Contribuição Ao Entendimento Dos Processos Hidrogeomorfológico”* este trabalho visa compreender melhor a dinâmica hidrogeomorfológica local, foi realizada uma análise morfométrica, que fornece importantes indicadores para a compreensão dos recursos hídricos que serão utilizados para a viabilização de um desenvolvimento sustentável a partir das potencialidades dos recursos naturais existentes na bacia hidrográfica do rio Pacoti. Como resultados observou-se significativa predisposição a erosão, baixa densidade de drenagem, baixa tendência à formação de canais e baixa susceptibilidade da bacia a enchentes.

No capítulo sobre a *“Avaliação morfométrica e suas implicações no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Una, Ibiúna, SP”*, se destacam os resultados obtidos a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento em SIG. A avaliação dos parâmetros morfométricos foi determinada tendo por base de dados o limite da Bacia Hidrográfica, as curvas de nível e os pontos cotados. Concluindo-se que a Bacia do rio Una se estende por 96km² com forma irregular e alongada, não sujeita a ocorrência de enchentes, com uma rede de drenagem de cinco ordens, com boa ramificação e capacidade de escoamento superficial, mas baixa capacidade de densidade de drenagem, reforçando medidas de conservação e monitoramento do uso dos cursos d'água.

Quanto aos aspectos referentes à *“Bacia hidrográfica do córrego das Antas – MS: subsídios ao estudo do comportamento e características das cargas dos leitos fluviais”*, o fenômeno de assoreamento ocorrente na bacia hidrográfica do Córrego das Antas tem como fator determinante dessa problemática os materiais trazidos pelas águas fluviais constituindo temporariamente o leito móvel. Foram realizadas coletas de sedimentos, produzidas as respectivas análises granulométricas e seus resultados em gramas foram inseridos em tabelas, procedendo-se à devida análise. Mesmo estando em fase de conclusão final, aparentemente a granulometria dos materiais encontrados como carga de fundo parecem destacar maior concentração na malha 0,250mm.

No capítulo intitulado por *“Bacias Hidrográficas Semiáridas: Apontamentos Teóricos Para Fomentar Ações De Planejamento E Gestão Ambiental”* o presente artigo traz uma reflexão teórica sobre a importância do ordenamento ambiental em bacias hidrográficas situadas em regiões semiáridas, com o intuito de fornecer suporte para a elaboração de propostas de planejamento e gestão ambiental. Para atingir esse objetivo, são abordados aspectos relativos às bacias hidrográ-

ficas como recorte para o planejamento e a gestão ambiental; seguida de uma discussão sobre os recursos hídricos e a degradação ambiental, enfocando as relações estabelecidas entre sociedade e natureza.

No texto intitulado *“Caracterização Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Curu, Ceará, Brasil”* este trabalho teve como objetivo analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Curu-CE e dos seus principais reservatórios, os açudes General Sampaio, Pereira de Miranda e Caxitoré. Os resultados demonstraram que a bacia do Rio Curu possui uma área total de 8.550,34 km² e perímetro de 800,58 km, a rede de drenagem é de 7ª ordem sendo bastante ramificada apresentando um comprimento total de 3.405,72 km, e o comprimento do rio principal de 228,96 km. As três sub-bacias apresentaram densidade de drenagem regular, no entanto na análise da Bacia Hidrográfica como um todo, a densidade de drenagem foi classificada como drenagem muito boa ($2,5 \leq Dd < 3,5$ km/km²).

No artigo *“Função Social Das Infraestruturas Hídricas No Estado Do Ceará”* Nesse sentido, o presente artigo objetiva analisar a função social das infraestruturas hídricas do Ceará. A metodologia foi pautada na pesquisa bibliográfica, na pesquisa documental e na realização de trabalhos de campo. A realização de grandes obras tem atendido historicamente a oferta hídrica para as maiores aglomerações populacionais e novos setores produtivos demandantes, não garantindo efetivamente o acesso à água para as comunidades rurais e populações de pequenos e médios municípios.

No capítulo *“Geoprocessamento Aplicado Ao Mapeamento De Bacias Hidrográficas: Estudo De Caso Da Bacia Do Rio Coreaú (Ceará – Brasil)”* baseou-se em uma metodologia de processamento de dados espaciais como imagens do sensor OLI (LANDSAT8) e bases cartográficas temáticas (IBGE), por meio de técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial, obtidos gratuitamente em fontes oficiais. Os resultados indicaram que apesar da existência de obstáculos como múltiplas bases cartográficas e escalas na produção dos dados temáticos originais, que exigem necessariamente a execução de procedimentos de edição vetorial para a sua efetiva integração, os produtos cartográficos possibilitaram importantes análises das características físicas da bacia hidrográfica enquanto sistema ambiental, enfatizando os recursos hídricos e o planejamento ambiental.

Quanto aos aspectos referentes à *“Planejamento Ambiental Na Sub-Bacia Hidrográfica Do Rio Betume-SE”* a proposta deste trabalho é analisar os fatores socioambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Betume e discutir como o planejamento ambiental pode contribuir para o alcance e/ou manutenção da sustentabilidade, nesta perspectiva a área de estudo apresenta usos diferenciados do solo e atividades humanas, que têm gerado pressão e conflitos de uso sobre o ambiente. Dada a fragilidade ambiental inerente aos ambientes costeiros, é necessário, então, um planejamento como forma de compatibilizar as atividades humanas ao funcionamento ambiental.

No texto referente à *“Relação Sociedade/Natureza Na Construção Do Risco À Inundação Na Bacia Do Rio Salamanca-Barbalha, Ce”* o objetivo principal foi considerar os elementos naturais e a ação humana, que se concretizam na área para o entendimento do risco à inundação. Na avaliação das condicionantes naturais relacionadas com a ocorrência de inundações constatou-se que os eventos pluviais concentrados em poucas horas ocorrem na pré-estação e na quadra chuvosa, sendo decorrentes de Complexos Convectivos de Mesoescala ou Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis associados à Zona de Convergência Intertropical. Na construção do risco à inundação, constatou-se que a urbanização aliada à reestruturação produtiva tornou-se fator importante ao multiplicar os efeitos das interações entre a sociedade e a natureza.

No capítulo *“Resposta espectral das águas do reservatório Pereira de Miranda, Pentecoste –CE”*, objetivou-se estudar em diferentes períodos as características das curvas espectrais das águas do açude Pereira de Miranda em Pentecoste ,CE. Para tanto, foram utilizados dados limnológicos e espectrais. Os dados espectrais foram coletados com um espectrorradiômetro. Em campos

realizados nas datas de 12 de dezembro de 2014 (período seco) e 07 de abril de 2015 (período chuvoso) os resultados mostram que ocorreu uma variação nas respostas espectrais nos períodos distintos. As respostas espectrais obtidas no período seco apresentam um comportamento mais uniforme, já para o período chuvoso, as águas estão com elevado grau de trofia, ou seja, eutrofizadas, destacando-se como principais componentes opticamente ativos modelando a forma dos rios a clorofila e os sedimentos.

No artigo *“Sensoriamento Remoto Aplicado Ao Mapeamento Do Uso E Ocupação Da Terra Na Microbacia Do Riacho Do Meio (Jardim Do Seridó-RN)”* Este trabalho consiste no mapeamento das classes de uso da terra em uma microbacia, a partir de uma estratégia de mapeamento com uma abordagem em escala local (reservatório) e de microbacia (Riacho do Meio, Jardim do Seridó - RN). A partir destes dados, realizou-se uma análise comparativa apenas do uso e cobertura da terra no entorno do reservatório principal, verificando-se a classe Caatinga Arbustiva Aberta como predominante. Evidenciou-se que mesmo não ocorrendo na microbacia um alto grau de uso e ocupação da terra, o entorno do principal reservatório apresenta um preocupante percentual de ocupação pela Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário e Solo Exposto, as quais representam áreas degradadas que foram desmatadas em anos anteriores para a formação de pasto e/ou cultivo temporário.

No capítulo *“Unidades Geossistêmicas Da Bacia Hidrográfica Do Rio Almada, Sul Da Bahia”* este trabalho objetivou delimitar as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Almada, para tanto, foram utilizados procedimentos e técnicas de geoprocessamento que permitiram identificar 5 unidades geossistêmicas, a saber: Cadeias de Serras Altas, Cadeias de Serras Baixas, Depressão Pré-Litorânea, Tabuleiros Úmidos e Planície Litorânea. Estas unidades apresentam paisagens distintas, que são consequência das inter-relações entre dinâmicas e processos promovidos pela morfogênese, pedogênese, fitogênese, litoestrutura e a intervenção antrópica da bacia hidrográfica do rio Almada.

No artigo *“Uso do Sensoriamento Remoto em Bacias Hidrográficas”* este trabalho foi desenvolvido na microbacia do rio Granjeiro, localizada no município do Crato, sul do Estado do Ceará, e teve por objetivo calcular o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e associar estes índices aos distintos tipos de cobertura vegetal e uso do solo encontrado na área de estudo. Concluiu-se que setor com maiores índices de vegetação indicando um elevado grau de cobertura vegetal, localizou-se no alto curso do rio e com índice negativo de vegetação foi representado pelo baixo curso do rio, onde foi possível encontrar áreas desprovidas de vegetação e com grande adensamento urbano.

3. Considerações Finais

Assumindo as atuais perspectivas conceituais sobre as bacias hidrográficas, reconhece-se a necessidade de adoção de estratégias de planejamento destas unidades territoriais pautadas na integração das diversas características de sua área de abrangência. O planejamento das bacias hidrográficas deve ser fundamentado considerando uma abordagem interdisciplinar e sistêmica, abordando metodologias que considerem as características, físicas, bioecológicas, socioambientais, culturais e políticas que integram o recorte territorial selecionado.

Quanto as informações quantitativas das bacias hidrográficas, estas transcenderam do campo físico/geomorfológico para figurar como importante componente para o entendimento da dinâmica geossistêmicas do ambiente, dando suporte ao processo de planejamento ambiental.

A realização de eventos científicos como o “V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial” e a publicação da coletânea “Planejamento Urbano de Bacias Hidrográficas” contribuem de forma significativa para a divulgação, troca de experiência e realiza-

ção de diálogos entre pesquisadores e estudantes sobre os diferentes enfoques metodológicos aplicados a gestão territorial de bacias hidrográficas. A representatividade do evento, somado ao alcance desta coletânea, representam um avanço substancial na divulgação científica sobre a necessidade de adoção das bacias hidrográficas como unidades fundamentais para análise integrada do ambiente.

Referências

AB'SABER, A. N.; MULLER-PLANTENBERG, C. (Org.). **Previsão de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha.** 2 Ed. São Paulo: EDUSP. 2006. 576p.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos.** Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA, 1999. 64p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2010. p. 153-192.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. USGS, Professional paper 500 B, 1962. Tradução em: **Notícia Geomorfológica**, v. 22, n. 23, p. 3-22. 1971.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach.** London: Prentice Hall International, 1971. 370 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas.** Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1970. 375 p.

DERRUAU, M. **Geomorfologia.** 5ª ed. Barcelona: Ariel, 1966. 435 p.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. Trans. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 13, n.1 p. 350-361, 1932.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, n. 3, p. 275– 370, 1945.

LUBOWE J. K. Stream junction angles in the dendritic drainage pattern. **American Journal of Science**, v. 262, n. 3, p. 325-339.1964.

RODRIGUES, F. M.; PISSARA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Gloria, Município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.

SCHUMM S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

STRAHLER A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**. v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

STRAHLER A. N. Quantitative slope analysis. **Bulletin of the Geological Society of America**, v.

67, n. 5, p. 571-596, 1956.

TRICART, J. **Principles e Methodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Ed., 1965. 496p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. **International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century**. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.

ZERNITZ E. R. Drainage patterns and their significance. **Journal of Geology**, v. 40, n. 6, p. 498-521, 1932.

A BACIA HIDROGRÁFICA APODI-MOSSORÓ COMO OBJETO DE PESQUISA ACADÊMICA

*J. F. A. JUSTO
W. L. A. DOS SANTOS
F. C. S. SOUZA*

Resumo

A bacia hidrográfica Apodi-Mossoró é a segunda maior em extensão no estado do Rio Grande do Norte, daí a importância hídrica e socioeconômica que tem para as populações estabelecidas às margens dos seus rios e reservatórios. Nosso objetivo, neste artigo, é apresentar um estado da arte das produções acadêmicas desenvolvidas nos Programas de Pós-Graduação strictu sensu de duas Instituições de Ensino Superior do Rio Grande do Norte (UFRN e UFRSA) acerca dessa bacia. Após consultas nos diretórios on line das pós-graduações, encontramos 18 trabalhos (dissertações e teses), os quais foram analisados com base nos objetivos, metodologias e resultados apresentados pelos autores em seus resumos. Verificamos que a maior parte das produções se refere a análises de padrões físicos, químicos e biológicos da água em pontos específicos da bacia hidrográfica ou ao longo do trecho do Rio Apodi/Mossoró. O aspecto socioambiental foi tratado de forma limitada nessas investigações. Assim, considerando-se os títulos e os textos dos resumos dos trabalhos investigados, concluímos que as pesquisas desenvolvidas nessas pós-graduações são predominantemente técnicas, pouco se abrindo a discussões interdisciplinares, a nosso ver, um elemento essencial nos estudos que envolvem a temática ambiental.

Palavras-chaves: Bacia Apodi-Mossoró; Estado da arte; Impactos socioambientais.

Abstract

The hydrographic basin Apodi-Mossoró is the second largest in size in Rio Grande do Norte State, hence the water and socio-economic importance for the populations established on the banks of the rivers and reservoirs. Our goal in this article, is to show a state of the art of academic productions developed in the Postgraduate Programs strict sense of two higher education institutions of Rio Grande do Norte (UFRN and UFRSA) about this basin. After consultations in the online directories of postgraduate courses, we found 18 papers (dissertations and theses), which were analyzed based on the objectives, methodology and results presented by the authors in their resumes. We had found that most of the productions refers to analysis of physical, chemical and biological patterns of water at specific points of the hydrographic basin or along the stretch of the Apodi / Mossoró river. The environmental aspect has been treated in a limited way in these investigations. Thus, considering the titles and texts of abstracts of the investigated work, we conclude that the research developed in these postgraduate courses are predominantly technical, some opening the interdisciplinary discussions, in our view, an essential element in studies involving environmental issues.

Keywords: Apodi-Mossoró Basin. State of the art. Social and environmental impacts.

1. Introdução

Na história da humanidade, os rios proporcionaram, às populações humanas, condições favoráveis ao desenvolvimento de atividades voltadas para o autoconsumo das comunidades e para o comércio.

Por oferecerem água e fertilizarem o solo para a agricultura e o pastoreio, os rios permitiram a fixação do homem às suas margens, originando, mais tarde, as primeiras grandes civilizações, como a egípcia, a mesopotâmica, a hindu, dentre outras. Nestas sociedades, foram desenvolvidas técnicas de irrigação, drenagem e represamento das águas de rios, além da utilização destes para a navegação e o transporte de mercadorias (FABER, 2011). Assim, tamanha era a importância dos rios para a sobrevivência humana que alguns deles chegaram a ser considerados sagrados, como o Nilo e o Ganges.

Da mesma forma que antigamente, os rios continuam hoje permitindo a fixação humana, as atividades econômicas e a integração entre regiões distantes, como aborda a produção acadêmica no campo da história ambiental (ARRUDA, 2006; MOSAICO, 2008; SOUZA, 2013).

A indiscutível relevância dos rios na história das populações, antigas e atuais, e o fato de vivermos no semiárido do estado do Rio Grande do Norte, portanto, em que uma região com recursos hídricos limitados, levaram-nos a realizar um estudo da arte sobre a presença da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró na produção acadêmica dos programas de pós-graduação *strictu sensu* de instituições de ensino superior (IES) desse estado.¹

Vale salientar que essa bacia, historicamente, teve (e ainda tem) grande destaque para o desenvolvimento econômico da região em que está localizada, o que reforça a necessidade de conhecermos como ela tem sido objeto de pesquisa nessas IES.

2. Percurso Metodológico

Nas últimas décadas, houve um aumento significativo das pesquisas denominadas “estado da arte” ou “estado do conhecimento”. Nelas, os pesquisadores procuram mapear e discutir um certo tipo de produção acadêmica com o intuito de responder como, quando, quais os aspectos e as dimensões que este vêm sendo trabalhado. Ou seja, é uma pesquisa sustentada em uma metodologia “de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que se busca investigar” (FERREIRA, 2002, p. 258).

O estado da arte é uma ferramenta importante para conhecermos o processo de evolução da ciência, visto que levanta um conjunto de informações e de resultados obtidos a partir de investigações acadêmicas. Dessa forma, o que move e sustenta os pesquisadores, ao utilizarem essa metodologia, é o desafio de conhecer o que já foi produzido para, posteriormente, direcionar seus esforços para aquilo que ainda não foi feito. Assim, constituem-se os estados da arte como pesquisas de “levantamento e de avaliação” acerca de um tema específico, conforme Ferreira (2002, p. 259).

Romanowski e Ens (2006) afirmam que essas pesquisas possuem uma função importante para a construção de um campo teórico de uma área do conhecimento. Segundo elas, esses estudos buscam “apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas [...] e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada” (p.39). Porém, de acordo com essas autoras, os estados da arte não se restringem somente à identificação da produção, mas também busca analisá-la, categorizá-la e revelar seus variados enfoques e perspectivas. Essa categorização

¹ O levantamento apresentado neste artigo de revisão é fruto de dois projetos de pesquisas de iniciação científica financiados pelo PIBIC-CNPq e pelo Programa Institucional de Apoio à Pesquisa do IFRN. Ambos estão sendo realizados no IFRN/Campus Mossoró.

permite que identifiquemos, em um texto ou em um conjunto deles, as particularidades sobre as quais o tema analisado vem sendo explorado (SOARES; MACIEL, 2000).

Desse modo, os pesquisadores comumente utilizam os catálogos das Instituições de Ensino Superior (IES), associações nacionais e órgãos de apoio à pesquisa, para o levantamento preliminar dos dados e, posteriormente, procederem análises. Nesse sentido, o título do trabalho permite o rastreamento daquilo que já foi construído sobre a área de interesse. Por conseguinte, a leitura dos resumos desses trabalhos, quando disponível, ajuda a refinar o levantamento, ao descartar produções que não refletem o tema principal, mesmo com a leitura de partes do trabalho (FERREIRA, 2002).

Nossa pesquisa foi motivada pela necessidade que tínhamos em conhecer o que as IES do Rio Grande do Norte têm produzido, em termos de pesquisas, a respeito da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, haja vista a importância desta para uma parte considerável da população potiguar. Dessa forma, alguns questionamentos nos direcionaram ao estudo: o que tem sido produzido nas graduações e pós-graduações dessas IES concernente a essa bacia? Quais os temas e objetivos desses estudos? Que metodologias foram usadas? Que abrangência têm essas pesquisas do ponto de vista interdisciplinar?

As IES selecionadas para a pesquisa foram: a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Em função da logística, decidimos fazer uso das facilidades que a internet nos permitiria para esse levantamento. Assim, resolvemos que a pesquisa seria desenvolvida mediante acessos aos sites dessas instituições.

Entretanto, logo de início, um elemento dificultou a nossa pesquisa: os trabalhos de conclusão de cursos da UERN tinham apenas seus títulos disponíveis, o que limitaria muito a nossa análise. Assim, para que não tivéssemos métodos diferentes no tratamento dos dados das IES, usamos como recorte apenas os estudos resultantes de pesquisas em seus programas de pós-graduação *strictu sensu*.

Na pesquisa nos sites, utilizamos os seguintes termos para filtragem: “bacia Apodi/Mossoró”, “rio Apodi/Mossoró”, “rio Apodi-Mossoró”, “rio Mossoró” e “rio Apodi”. O material encontrado foi selecionado e salvo para a análise. Entretanto, como nem todas as dissertações e teses estavam disponíveis na íntegra para download, resolvemos nos basear apenas nos resumos destas.

Caracterização da área de estudo

A bacia Apodi/Mossoró compreende uma área de 14.276 km² e ocupa cerca de 26,8% do território do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). É a maior bacia hidrográfica genuinamente potiguar. De acordo com o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), nela, estão presentes 618 açudes, atingindo um volume de 469.714.600 m³, correspondendo 27,4% e 10,7% dos totais de açudes e volumes acumulados do Rio Grande do Norte.

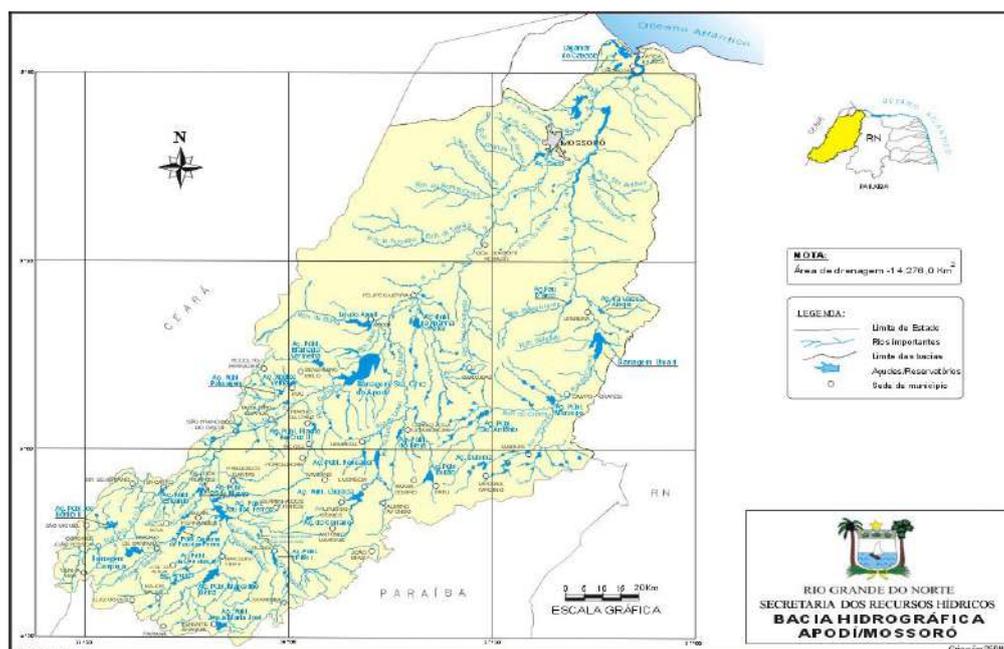


Figura 1 – Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró.

Fonte: SEMARH. Disponível em: http://servicos.semarnh.rn.gov/semarnh/sistemadeinformacoes/consulta/mapas/mapaRN_AQ_Bacia01.jpg. Acesso em: 07 out. 2014

Dados da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) contabilizam 51 reservatórios principais (incluindo açudes, barragens e lagoas), responsáveis pelo abastecimento das populações. Conforme o Anuário e Estatístico do Rio Grande do Norte (2014), elaborado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA), 20 desses reservatórios têm capacidade superior a 5.000.000 m³ e estão distribuídos em 19 municípios do semiárido potiguar.

Com relação ao clima, este, no extremo sudoeste da bacia, onde ficam as suas nascentes, é tropical chuvoso, ou seja, possui verão seco e estação chuvosa se adiantando para o outono. Entretanto, na maior parte da bacia, as chuvas anuais são em torno de 700 mm. Os meses compreendidos entre agosto e dezembro são de baixa pluviosidade.

No que concerne à geologia, o sistema Apodi/Mossoró é dividido em duas regiões: a área cristalina e a área sedimentar, com respectivamente 6.500 km² e 4.500 km². Segundo o IGARN, a região meridional desta bacia é composta pela Depressão Sertaneja e Planaltos Residuais. A primeira possui um relevo predominantemente tabular e poucas áreas com relevo aguçado. A segunda compõe as feições mais elevadas da bacia e se caracteriza por superfícies tabulares, limitadas por escarpas erosivas, com topos planos de origem sedimentar.

A região onde se localiza a referida bacia hidrográfica apresenta uma grande importância econômica para o Rio Grande do Norte. Nela se encontram atividades como a extração de petróleo, a produção de sal marinho, a fruticultura irrigada, a pecuária extensiva, a mineração de calcário, dentre outras atividades socioeconômicas de grande vulto, conforme o Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte (IDEMA, 2004).

Por estar localizada em uma região de clima semiárido, sua importância é acentuada pela necessidade de famílias e comunidades ribeirinhas utilizarem suas águas para as práticas agrícolas e pecuárias. Historicamente, essa região foi um espaço de estabelecimento de grupos populacionais indígenas que, mais tarde, foram dizimados pelos colonizadores para estabelecer currais de

gado (MONTEIRO, 2000; TRINDADE, 2010).

Entretanto, a poluição do rio mais importante da bacia, o rio Apodi/Mossoró, tem chamado a atenção da sociedade. Na cidade de Mossoró, o segundo maior município do Rio Grande do Norte, alguns dos problemas mais graves são a devastação da mata ciliar, causando o assoreamento das margens do rio (Figura 2), e a contaminação das águas pelo incorreto descarte de resíduos domésticos e industriais, ocasionando assoreamento e degradação da sua biodiversidade (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008).



Figura 2 – Devastação da mata ciliar em um trecho urbano de Mossoró-RN.

Fonte: acervo próprio.

A grave situação do rio tem explicação quando conhecemos o uso de suas águas e das suas margens ao longo da história do município de Mossoró. Desde a sua nascente, o rio Apodi-Mossoró apresenta nítidos problemas ecológicos, degradação que se acentua na área urbana dessa cidade. Nessa faixa é visível a poluição causada pela enorme quantidade de material em suspensão (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008).

A presença da planta aquática *Eichhornia crassipes*, popularmente conhecida como aguapé, revela o problema ambiental pelo qual o rio passa no trecho em que corta a zona urbana de Mossoró (Figura 3). O aguapé é uma espécie invasora e quando encontrado em grande quantidade, causa a morte de fauna do rio, pois retira o oxigênio presente na água, causando eutrofização.



Figura 3 – “Tapete” de aguapés sobre as águas do rio no centro urbano de Mossoró-RN

Fonte: acervo próprio.

Certamente, essa eutrofização também é induzida pelo homem. No rio Apodi-Mossoró, a quantidade alta de minerais induz a proliferação de micro-organismos, formando uma espécie de camada sobre a água impedido a entrada de luz. O resultado disso é o aumento de agentes decompositores que atuam na degradação de matéria morta, liberando toxinas prejudiciais e alterando as condições normais do ambiente em que se encontram (ROCHA; LOUGON; GARCIA, 2009).

Ainda acerca das causas da poluição desse rio, devemos acrescentar o intenso processo de urbanização ao longo do seu curso (SOUZA; SILVA; DIAS, 2012), além dos constantes impactos ambientais resultantes da lixiviação de fertilizantes oriundos das atividades do setor agrícola desenvolvidas ao seu redor.

3. Resultados e Discussões

Com o fortalecimento da produção acadêmica-científica nas últimas décadas, principalmente com a criação de programas de pós-graduação pelo Brasil, diferentes entidades (IES e associações de financiamento de pesquisas) vêm demonstrando o interesse no estabelecimento de uma política para a divulgação das suas produções científicas. Assim, catálogos (impressos ou on line) são produzidos pelas IES com o intuito de informar sua produção à comunidade científica bem como à sociedade, colocando-se também em avaliação. É uma forma de evitar que a produção seja “acumulada” e restrita tão somente às prateleiras das bibliotecas (FERREIRA, 2002).

Conforme já informamos anteriormente, o objetivo deste artigo é apresentar um estado da arte da produção acadêmica a respeito da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró nos programas de pós-graduação strictu sensu das IES potiguaras (UFRN, UERN e UFERSA).

Contudo, como a nossa pesquisa se realizou nos sites dessas IES e as dissertações produzidas na UERN não estavam disponíveis on line (são oriundas de um mestrado que foi extinto há cerca de dez anos), limitamos a pesquisa às pós-graduações strictu sensu das outras duas IES: a UFRN e a UFERSA.

No Quadro 1, apresentamos os 18 estudos encontrados nas pós-graduações da UFRN e UFERSA (15 dissertações e 3 teses). Algumas pesquisas abordam aspectos bem pontuais, como investigações realizadas em açudes e outros tipos de reservatórios, mas, por estes pertencerem à bacia hidrográfica em questão, foram considerados nesse estado da arte.

Autor	Título	Tipo do estudo	IES	Ano
COSTA, S. A. G. L.	Variação temporal da frequência de captura e do comportamento alimentar de <i>Astyanax bimaculatus</i> Linnaeus, 1758 (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.	Tese	UFRN	2003
ARAÚJO, A. B.	Análise caracterização da dinâmica da foz do Rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia temática multitemporal de produtos de sensores remotos.	Dissertação	UFRN	2006
MELO, A. C.	Identificação dos impactos ambientais no Rio Apodi-Mossoró na área urbana do município de Mossoró-RN utilizando o Sistema de Informação Geográfica – SIG.	Dissertação	UFRN	2006
MAIA, A. M. L. R.	Ecologia populacional do molusco bivalve <i>Anomalocardia brasiliensis</i> (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) em praias da região estuarina do Rio Apodi/Mossoró – RN.	Dissertação	UFERSA	2009
MARTINS, D.F.F.	Influência espaço-temporal e fisiológica na absorção de nutrientes e elementos tóxicos por <i>Eichhornia crassipes</i> visando o uso adequado da sua biomassa: o caso do Rio Apodi/Mossoró.	Dissertação	UFRN	2009

COSTA, F. R.	Inundações urbanas no semiárido nordestino: o caso da cidade de Pau dos Ferros - RN	Dissertação	UFRN	2010
BOORI, M. S.	Avaliação de impacto ambiental e gestão dos recursos naturais no estuário Apodi-Mossoró, Nordeste do Brasil.	Tese	UFRN	2011
LOPES, Y.V. A.	Dinâmica nictemeral e vertical das variáveis limnológicas no Reservatório de Santa Cruz (Semiárido do Rio Grande do Norte) utilizado para criação de peixes em tanques-rede.	Dissertação	UFERSA	2011
MAIA, R. P.	Geomorfologia e neotectônica no Vale do Apodi-Mossoró- RN.	Tese	UFRN	2012
AMORIM, R. A.	Produção da pesca artesanal no reservatório de Santa Cruz – Rio Apodi/Mossoró (RN).	Dissertação	UFERSA	2013
SIQUEIRA, R. M. B.	Caracterização e monitoramento limnológico da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró, Semi-árido do RN.	Dissertação	UFERSA	2013
MOURA, S. T.	Indicadores de sustentabilidade na avaliação do sistema de cultivo de Tilápia do Nilo em tanques-rede no reservatório de Santa Cruz, Apodi-RN.	Dissertação	UFERSA	2013
FREIRE, C. E. C.	Estrutura e variação espacial da ictiofauna em um reservatório do semiárido brasileiro.	Dissertação	UFERSA	2013
SILVA, A. P. C.	Biomonitoramento da qualidade da água e percepção ambiental na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, RN.	Dissertação	UFRN	2013
ARAÚJO, B. A.	Disposição a pagar pela recuperação/preservação do Rio Apodi-Mossoró.	Dissertação	UFERSA	2014
SANTOS, R. V.	Variabilidade espacial e temporal das características limnológicas dos reservatórios Santa Cruz e Umari, semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil	Dissertação	UFERSA	2014
ROCHA, K. F.	Caracterização espacial de reservatórios do semiárido em função da qualidade da água através do uso de componentes principais.	Dissertação	UFRN	2014
MOREIRA, I. L.	Estrutura populacional do <i>prochilodus brevis</i> (steindachner,1875) (characiformes, prochilodontidae) em sistema de reservatórios de uma Bacia Hidrográfica do Semiárido Neotropical, Brasil.	Dissertação	UFERSA	2015

Quadro 1 – Produção acadêmica-científica nos Programas de Pós-graduação strictu sensu sobre a bacia hidrográfica Apodi/Mossoró

Com relação aos dados do Quadro 1, é importante mencionarmos em quais programas de pós-graduação foram desenvolvidas essas pesquisas².

Na UFERSA:

- Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (MAIA, 2009; LOPES, 2011; AMORIM, 2013; FREIRE, 2013; MOURA, 2013; SIQUEIRA, 2013; SANTOS, 2014);
- Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação (MOREIRA, 2015);
- Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (ARAÚJO, 2014);

Na UFRN:

- Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (ARAÚJO, 2006; BOORI, 2011; MAIA, 2012);
- Programa de Pós-Graduação em Química (MATINS, 2009);
- Programa de Pós-Graduação em Geociências (MELO, 2006);
- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (COSTA, 2010; SILVA,

2 Diante das informações aqui disponibilizadas, não citaremos esses trabalhos nas referências deste artigo.

2013);

- Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária (ROCHA, 2014);
- Programa de Pós-graduação em Psicobiologia (COSTA, 2003).

Seguido ao levantamento das dissertações e teses, realizamos uma primeira leitura dos seus resumos, pois, como afirma Ferreira (2002, p. 268), estes “informam ao leitor, de maneira rápida, sucinta e objetiva sobre o trabalho do qual se originam”. Nessa leitura, nossa finalidade era identificar os objetivos, as metodologias utilizadas e os resultados alcançados pelos seus autores.

Assim, no que diz respeito aos temas e aos objetivos, constatamos que algumas dessas pesquisas têm como foco a realização de estudos limnológicos tanto no trecho do rio principal da bacia, o rio Apodi/Mossoró (SIQUEIRA, 2013), quanto em alguns dos seus reservatórios (LOPES, 2011; SILVA, 2013; SANTOS, 2014; ROCHA, 2014). Os estudos de Limnologia são de grande relevância, haja vista que analisam as condições das águas doces e das suas extensões (lagos, pântanos, rios etc.), observando as suas condições ou aspectos físicos, químicos, biológicos, geológicos ou ecológicos.

Os estudos realizados nos reservatórios tiveram em comum o método quantitativo, no qual, por meio de variáveis numéricas, os autores desenvolveram análises comparativas entre alguns destes, sendo a Barragem de Santa Cruz o reservatório mais utilizando em razão das suas proporções. Dessa forma, tomando-a como exemplo, os resultados de Rocha (2014) apontam comprimento máximo de 15.984m, a profundidade máxima 38m e o volume de armazenamento 295.858.761m³. Foram vistos também a viabilidade de utilização desses reservatórios pela população, com base nas análises físico-química e comparações entre os parâmetros legais vigentes, caracterizando a Barragem de Santa Cruz e a de Umarí apresentam aptos para diversos usos múltiplos de acordo com a resolução 357/CONAMA.

Quanto à pesquisa realizada por Siqueira (2013), esta, no resumo apresenta as suas intenções, mas não deixa claros os resultados a que chegou. Destaca apenas “torna-se relevante o monitoramento da qualidade da água visando o conhecimento de sua dinâmica, a otimização e o direcionamento, bem como o aproveitamento dos recursos hídricos para os mais diversos fins, podendo assim tornar-se subsídios para a elaboração de programas de conservação e manejo das áreas de estudo, além de servirem de base para decisões quanto à regulamentação, o conhecimento e o aproveitamento destes recursos”.

A formação e as características geomorfológicas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró mereceram atenção de uma pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN (MAIA, 2012). Nela, foi traçado o perfil geomorfológico da bacia, ou seja, as formas dos relevos atuais, investigando sua origem e evolução em termos geocronológicos. Os resultados demonstram que os rios formam vales ao longo do seu curso, os quais são afetados por falhas e deformações tectônicas ao longo dos milhares de anos.

Em alguns trabalhos foi dada atenção especial à fauna aquática presente na bacia, principalmente espécies de peixes e uma de molusco. De forma geral, as espécies de peixes foram estudadas diante de perspectivas referentes ao comportamento alimentar (COSTA, 2003), à estrutura populacional ou mesmo à sua distribuição espacial em reservatórios (FREIRE, 2013). Já o molusco foi estudado levando em consideração a sua ecologia populacional (MAIA, 2009).

O percurso metodológico se baseou principalmente na coleta de amostras de água e captura e estudo do material biológico (peixes e moluscos), diferindo-se apenas quanto ao uso de rede de espera ou de arrasto, para os peixes, e coleta de amostra de sedimentos, para os moluscos.

Foi destacado também que a ação antrópica na bacia hidrográfica atinge de forma nociva determinadas espécies, uma vez que a construção de alguns reservatórios afetou diretamente a dinâmica populacional de uma espécie de peixes, sugerindo que esta poderá desaparecer caso

medidas adequadas de manejo não forem tomadas (MOREIRA, 2015).

O viés socioeconômico também foi abordado em algumas produções. Estas se referem às atividades ligadas ao rendimento da pesca artesanal (AMORIM, 2013) e à viabilidade de produção de peixes em tanques-redes em reservatórios, último caso levando também em consideração a sustentabilidade dessa atividade (MOURA, 2013).

Para análise do rendimento da pesca foram preenchidos formulários pelos próprios pescadores, bem como as relações entre a produção pesqueira e os fatores: esforço de pesca, nível do reservatório e estação do ano (AMORIM, 2013). Moura (2013) calculou as taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado, bem como utilizou um conjunto de 49 indicadores de sustentabilidade moldados em um quadro específico para tal finalidade.

A pesca artesanal, dentro do recorte utilizado por Amorim (2013), apresentou baixo rendimento comparado com outros do Nordeste, porém semelhante a outros do Brasil. Sobre a produção em tanques-rede, constatou-se que a atividade, nas situações estudadas, era economicamente viável, entretanto gerava poucos empregos, além de contribuir para a alteração da qualidade da água dos reservatórios.

No que tange às relações entre ambiente e sociedade (mesmo que estas estejam presentes de alguma forma nos demais trabalhos), foram encontradas pesquisas elencando os principais impactos ambientais causados pelas populações em pontos específicos da bacia (crescimento populacional, devastação da vegetação, uso/ocupação irregular do solo, etc) (MELO, 2006; BOORI, 2011). Também foi estudada a potencialização de fenômenos da natureza, especificamente inundações em áreas populacionais localizadas adjacentes às margens do Rio Apodi-Mossoró (COSTA, 2010, BOORI, 2011). Isto foi possível graças a utilização das ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG) combinadas a softwares específicos de sensoriamento remoto, permitindo a identificação quantitativa das áreas ambientalmente impactadas, gerando subsídios para a elaboração tanto de políticas de gestão ambiental, quanto para novas pesquisas.

As ferramentas do SIG mostraram-se bastante eficientes no mapeamento de áreas degradadas, demonstrando a ocupação populacional, intensificada em meados da década de 1980, um dos principais responsáveis pela degradação, principalmente em áreas inundáveis, um fator de risco e perturbador da qualidade de vida. Por fim, segundo os autores, os resultados das suas pesquisas servem como fomento para o desenvolvimento de políticas públicas de preservação e conservação ambiental.

A necessidade da sensibilização das comunidades a respeito da importância da preservação dos recursos hídricos foi elemento presente também em duas investigações, ambas com metodologias quantitativas. Silva (2013) utilizou coletas da água em dois reservatórios, medições de componentes determinantes da sua potabilidade e aplicou questionários com a população com o intuito de descobrir a percepção ambiental desta acerca dos recursos hídricos e da sua preservação, afirmando a importância de projetos de educação ambiental. Já Araújo (2014) buscou investigar, diante de uma valoração hipotética atrelada à aplicação de questionários, a disposição da população (responsável direta e indiretamente pela poluição do Rio Apodi-Mossoró, na cidade de Mossoró-RN) em pagar uma taxa (20,09 R\$) para recuperação do rio. Os resultados demonstraram que, em parte, a população se dispôs a pagar pela recuperação e preservação do rio, porém, a decisão em contribuir dependeu exclusivamente da renda, fator limitante principalmente para a população ribeirinha.

Os resultados do estado da arte das produções acadêmicas no tocante à bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, realizadas pelas pós-graduações *strictu sensu* da UFRN e da UFERSA, abrem algumas questões para discussão.

- 1- Os estudos sobre a referida bacia estão restritos às pós-graduações das áreas tecnológicas

e ambientais. Mesmo que na UFRN existam cursos de pós-graduação nas Humanidades (Ciências Sociais, Educação, História, Geografia, Direito, etc) nestes, ao que parece, não têm havido a preocupação em discutir temas relacionados à história, ao espaço e à relação entre ambiente e sociedade na região da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró. Esse fato gera uma estranheza quando consideramos, por exemplo, o crescimento das produções acadêmicas no âmbito da História Ambiental, em níveis nacional e internacional, cujos temas estão voltados para a apropriação da natureza pelo homem ao longo da história³.

2- Os estudos realizados sobre a referida bacia são, predominantemente, técnicos e aplicados, salvo dois trabalhos desenvolvidos no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), sub-programa da UFRN, e no Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, da UFERSA.

3- A maioria dos trabalhos trata apenas das condições atuais em que a bacia hidrográfica e seus elementos se encontram. Poucos foram as pesquisas que mencionaram, de forma clara e direta, a responsabilidade das comunidades, nela inseridas, pela degradação e poluição dos rios em face da utilização incorreta dos recursos hídricos disponíveis. Da mesma forma, dos 18 trabalhos, pouquíssimos destacaram a importância de adotar práticas de educação ambiental que visem a conservação e valorização dos recursos naturais disponíveis na bacia.

4- Os resumos das teses e dissertações apontam, com raras exceções, para a ausência de uma preocupação interdisciplinar, elemento, a nosso ver, de suma importância nos estudos que tratam de meio ambiente. Em sua maioria, as pesquisas encontradas parecem compreender o meio ambiente apenas como sinônimo de meio natural. Ao contrário dessa concepção, concordamos com a definição de meio ambiente feita por Reigota (2012, p. 36): “Um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relação dinâmica e em constante interação os aspectos naturais e sociais. Essas relações acarretam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e políticos de transformações da natureza e da sociedade”. Nesta definição, fica clara a necessidade de uma abordagem mais ampla das questões que dizem respeito ao meio ambiente, esforço que tem sido presente, por exemplo, nas publicações da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS).

5- Por fim, ressaltamos que as metodologias utilizadas pelas pesquisas são de natureza quantitativa, em razão de objetivos que buscavam a medição e comparações de variáveis. Nas pesquisas quantitativas, as categorias são frequentemente estabelecidas a priori, o que simplifica sobremaneira o trabalho analítico (GIL, 2002, p. 134). Mesmo quando se usam questionários, os dados resultantes recebem tratamento estatístico e são apresentados em gráficos e tabelas elaboradas com o auxílio de programas de computadores. Contudo, apesar de muitos pesquisadores, principalmente os das áreas técnicas e das ciências sociais aplicadas, elencarem as vantagens que o método quantitativo tem sobre o qualitativo (por exemplo, o controle dos dados, a facilidade demonstrativa dos achados, a possibilidade de generalização pela representatividade, etc), as pesquisas quantitativas negligenciam quanto aos significados e a motivação dos atores sociais. A preocupação que muitos estudiosos têm com as mensurações leva-os a reduzir a números o material levantado, perdendo de vista o contexto social, histórico, espacial em que a pesquisa ocorre. Por isso, a quantificação pode reduzir a complexidade social, não conseguindo captar o ponto de vista do indivíduo e as suas representações sobre o mundo.

3. Considerações Finais

O estado da arte da produção acadêmica (teses e dissertações) que tiveram como foco a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró possibilitou um inventário dos enfoques e das particularidades

3 Ver, como exemplos, as obras de Pádua (2004; 2010), Dean (2004), Duarte (2005) e Martinez (2006).

sobre as quais o tema analisado vem sendo explorado. Porém, como deixam claro Ferreira (2009) e Romanowski e Ens (2006), os estudos denominados “estado da arte” devem ir além de um simples levantamento do que já foi produzido, mas também apontar para aquilo que ainda não foi feito. É nessa direção que apresentamos as nossas considerações finais.

Como já foi dito anteriormente, a bacia hidrográfica Apodi-Mossoró está localizada em uma região semiárida. As áreas semiáridas possuem “baixos níveis de umidade, escassez de chuvas anuais, irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos; prolongados períodos de carência hídrica; solos problemáticos tanto do ponto de vista físico quanto do geoquímico (solos parcialmente salinos, solos carbonáticos) e ausência de rios perenes, sobretudo no que se refere às drenagens autóctones” (AB’SÁBER, 1999).

Diante dessas características do semiárido, as margens dos rios foram disputadas pelos mais diversos grupos sociais durante séculos. Habitar esses espaços era fator de sobrevivência humana e de exploração econômica, como o agropastoreio. A relação entre as populações humanas, o espaço e os recursos naturais fica evidente nos nomes de cidades coincidindo com os de rios.

Hoje, a área da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró continua a proporcionar o desenvolvimento de atividades econômicas, desde as mais tradicionais até as mais modernas tecnologicamente.

Diante disso, a histórica exploração dos recursos naturais da referida bacia não deve ser objeto de investigações apenas de pesquisadores de programas nas áreas de tecnologia ou de ciências aplicadas, como tem ocorrido na maioria das pesquisas encontradas. Pela sua relevância histórica, política, socioeconômica, ambiental e cultural faz-se necessário que outras áreas do conhecimento, como as ditas Ciências Humanas, também elejam essa região potiguar como objeto de seus estudos.

Por fim, não há como reduzir a importância das pesquisas que encontramos nos programas de pós-graduação das IES. Ao contrário, elas devem continuar ocorrendo e até serem incentivadas. Entretanto, em face da complexidade de todo o conhecimento e da região pesquisada, consideramos necessário que esses pesquisadores também estejam abertos para uma perspectiva interdisciplinar e para a renovação de suas metodologias de pesquisa.

Referências

AB’SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 5-59, maio/ago., 1999.

ARRUDA, G. Historia de ríos: ¿Historia ambiental? **Signos Históricos**, México, n. 16, jul.-dez., 2006, p. 16-44.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/novosite/index.php?p=frente>> Acesso em: 17 out. 2015.

DEAN, W. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras 2004.

DUARTE, R. H. **História & natureza**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

FABER, M. A importância dos rios para as primeiras civilizações. **História livre**, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.historialivre.com/antiga/importancia_dos_rios.pdf>. Acesso em 15 set. 2015.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-272, ago. 2002.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**. Natal, 2014.
- INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO RIO GRANDE DO NORTE (IGARN). **Bacia Apodi/Mossoró**. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC00000000028892.PDF>>. Acesso em: 7 out. 2015.
- MARTINEZ, P. H. **História Ambiental no Brasil**: pesquisa e ensino. São Paulo: Cortez: 2006.
- MONTEIRO, D. M. **Introdução à história do Rio Grande do Norte**. Natal: EDUFRN, 2000.
- MOSAICO. **História dos rios no Brasil** (dossiê). Goiânia, v. 1, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://seer.ucg.br/index.php/mosaico/issue/view/50>> Acesso em: 9 out. 2015.
- OLIVEIRA, M. A.; QUEIROZ, R. A. C. A poluição no Rio Mossoró (RN) e a ação intervencionista do Ministério Público. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 4, 2008, Brasília. Anais... Brasília, 2008. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.anppas.or.br/encOntro4/cd/ARQUIVOS/GT-518-1004-20080517230550.PDF>>. Acesso em: 7 out. 2015
- PÁDUA, J. A. **Um sopro de destruição**: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravocrata (1786-1888). 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.
- _____. As bases teóricas da história ambiental. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 81-101, 2010.
- RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. **Bacias hidrográficas**. Disponível em: <<http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBacia.asp>> Acesso em: 17 out. 2015.
- ROCHA, S. A.; LOUGON, M. S.; GARCIA, G. O. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 4, p. 01-06, out./dez. 2009.
- ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Diálogo Educacional**, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.
- SOARES, M. B.; MACIEL, F. **Alfabetização**. Brasília: MEC/Inep/Comped, 2000. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me000084.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.
- SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 280 - 296, 2012. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/453/250>>. Acesso em: 8 out. 2015
- SOUZA, F. S. **Rios e terras**: história ambiental de Goiás (1822-1850). 2013. 214f. Dissertação (Mestrado em História) – UNESP, Programa de Pós-Graduação em História, 2013.
- TRINDADE, S. L. B. **História do Rio Grande do Norte**. Natal: Editora do IFRN, 2010.

A CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO SUL DA CIDADE DE NATAL, NORDESTE DO BRASIL

GUTTENBERG MARTINS
VERA LÚCIA LOPES CASTRO
PEDRO CELESTINO DANTAS FILHO

Resumo

Os sistemas de abastecimento de água das grandes cidades encontram-se ameaçados pelo aumento dos valores da concentração de nitrato. Geralmente nos países em desenvolvimento, a contaminação por nitrato é associada à deficiência do sistema de esgotamento sanitário. O caso em estudo, a região sul da Cidade de Natal, localizada na região nordeste do Brasil, possui características peculiares, comparadas a outros centros urbanos. Nessa região, o sistema hidrogeológico Dunas-Barreiras (SADB), instalado em sedimentos eólicos e rochas arenosas, apresenta elevados valores de porosidade e transmissividade, tendo áreas de recarga e captação dentro da área urbana. Neste trabalho, análises da concentração de nitrato (em mg de NO₃-N L⁻¹) para os anos de 2010 e 2011, em conjunto com dados potenciométricos, foram interpretados com o suporte de imagem LANDSAT TM 5 e uso de aplicativos para processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas. As cartas de isovalores da concentração de nitrato e potenciométrica foram produzidas pela interpolação dos dados coletados em poços tubulares usando o método de krigagem ordinária com base na análise de modelos lineares de variogramas. Os resultados obtidos apontam áreas anômalas com concentração de nitrato maiores do que 16 mg de NO₃-N L⁻¹ na porção central e norte da área estudada, correspondente aos bairros de Felipe Camarão, Capim Macio, Morro Branco e Tirol.

Palavras-Chave: Contaminação; nitrato; águas subterrâneas.

Abstract

The water supply systems in large cities around the world are threatened by increased values of nitrate concentration. But in developing countries, the nitrate contamination is associated with deficiency of the sewage system. The case studied here is the southern region of Natal, northeastern Brazil, that shows unique characteristics compared to other urban centers. The hydrogeological system Dunes-Barriers (SADB), installed in eolian sediments and arenitic rocks, presents high values of porosity and transmissivity, having recharge areas and wells within an urban area. The potentiometric and nitrate concentration (mg NO₃-N L⁻¹) data for the years 2010 and 2011 were interpreted with the support of Landsat TM 5 image and use of image processing and systems geographical information software's. Maps of nitrate concentration and potentiometric surface were produced from wells data using ordinary kriging interpolation method and analysis of linear variogram models. The results indicated anomalous areas (> 16 mg NO₃-N L⁻¹) in the central and north portion of studied area, neighborhoods of Felipe Camarão, Capim Macio, Morro Branco and Tirol.

Key-Words: Contamination; nitrate; groundwaters.

1. Introdução

O nitrato é o contaminante químico de maior presença em águas subterrâneas e os níveis de contaminação em nitrato estão continuamente aumentando em áreas urbanas e agrícolas. Nos países em desenvolvimento, as concentrações de nitrato em águas subterrâneas nas áreas urbanas superam valores acima de 10 mg/L NO₃-N, refletindo um carga de nitrato de derivação doméstica em áreas com alta densidade populacional e com esgotamento sanitário precário. Por outro lado, nos países desenvolvidos, águas subterrâneas são contaminadas com a entrada de N a partir de atividades agrícolas intensivas. Conseqüentemente, a utilização de águas subterrâneas para o abastecimento humano, devido a sua contaminação com nitrato, tornou-se cada vez mais restritiva, constituindo um problema de escala mundial (GOODCHILD, 1998; JOOSTEN ET AL., 1998; BIRKINSHAW AND EWEN, 2000; SAÃDI AND MASLOUHI, 2003; KYLLMAR ET AL., 2004; LIU ET AL., 2005). Por esse motivo, o monitoramento contínuo da qualidade das águas subterrâneas, em especial de compostos nitrogenados e pesticidas, tem sido amplamente demandado no gerenciamento ambiental em áreas urbanas, e suas informações devem ser compartilhadas entre regiões com similares ambientes sócioeconômicos, culturais e geográficos (UMEZAWA ET AL, 2008).

A ingestão de NO₃ na água potável é a principal causa da ocorrência de metamoglobinemia em crianças com menos de 6 meses de idade (LEE, 1992; WOLFE AND PATZ, 2002; FEWTRELL, 2004). Entretanto, pesquisas adicionais são necessárias para confirmar as relações entre a ingestão de NO₃ na água potável e hipertensão (MALBERG ET AL., 1978), aumento da mortalidade infantil (SUPER ET AL., 1981), defeitos congênitos no sistema nervoso central (DORSCH ET AL., 1984), e certos tipos de câncer incluindo câncer de estômago (HILL ET AL., 1973) e o Linfoma de Hodgkin (WEISENBURGER, 1991). Contudo, nem os efeitos não-cancerígenos, tampouco, os efeitos cancerígenos produzidos por compostos de NO₃ ou NO₂ apresentam conclusões amplamente aceitáveis. A Organização Mundial da Saúde e a Comunidade Européia (EUROPEAN UNION,, 1991) estabelecem um limite máximo de nitrato de 11,3 mg NO₃-N L⁻¹ em águas para consumo humano, enquanto os limites máximos nos EUA (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000) e no Japão estão estabelecidos em 10 mg NO₃-N L⁻¹. No Brasil, segundo a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, o limite máximo estabelecido é de 10 mg NO₃-N L⁻¹, portanto, igual ao dos EUA e Japão.

No caso estudado, a região sul do município de Natal, as águas subterrâneas encontram-se contaminadas por nitrato proveniente do sistema de disposição local de efluentes doméstico (MELO ET AL., 1998; MARTINS ET AL., 2009). A cidade de Natal apresenta características peculiares por possuir aquíferos subterrâneos favoráveis à captação para o abastecimento público. Em consequência, os poços tubulares são responsáveis por 70% da água destinada ao abastecimento público, sendo complementado por captações de águas superficiais. Portanto, a degradação da qualidade das águas subterrâneas é um fator grave para a sustentabilidade do suprimento hídrico da região. Com base num conjunto de análises químicas de águas captadas nos poços de abastecimento público da porção sul da cidade do Natal, o presente trabalho apresenta uma avaliação por métodos geoestatísticos da evolução recente da contaminação por nitrato, inferindo controles sobre áreas portadoras de contaminação por nitrato em águas subterrâneas.

CARACTERÍSTICAS HIDRO-AMBIENTAIS DA ÁREA ESTUDADA

Na região metropolitana de Natal, as precipitações pluviométricas anuais são superiores a 1500 mm e as temperaturas mensais são, em média, de 26,8° C, com amplitude térmica de 2,9° C (LAVAT, 2006). O período de maior insolação corresponde aos últimos meses do ano (288 horas em outubro) e os meses menos ensolarados ocorrem de fevereiro a julho. A direção predominan-

te dos ventos é do quadrante sudeste para noroeste, com velocidades entre 3,6 e 5,11 km/hora. A média mensal de umidade relativa do ar varia de 72,7% a 82,0%. A taxa de evaporação média anual é da ordem de 2133 mm, e a evapotranspiração média/anual em 1549 mm. Em síntese, o clima é quente e úmido, com estação seca no verão, nos meses de setembro a janeiro, e chuvas no outono-inverno, ou seja, de fevereiro a agosto, respectivamente.

O sistema hidrogeológico é composto pelos sedimentos da Formação Barreiras, com capeamento de depósitos sedimentares de origem eólica, um conjunto formado pelas dunas fixas e móveis. A Formação Barreiras, de idade cenozoica, apresenta uma superfície tabular com fraco mergulho estrutural para o oceano, comportando falésias antigas situadas próximas à linha de costa e falésias ativas. Desta forma, os recursos hídricos subterrâneos estão confinados no Sistema Aquífero Dunas-Barreiras (SADB), composto pelos aquíferos Barreiras e Dunas. O SADB compreende arenitos de textura variada, apresentando níveis finos a grosseiros, algumas vezes com cascalho e seixos. Sua parte superior é representada por sedimentos heterogêneos, formados por argilas arenosas e arenitos argilosos, com passagens bruscas de argilas para arenitos argilosos (MELO ET AL, 1990), conferindo um funcionamento como aquífero livre a semi-confinado. As espessuras saturadas variam entre 29,0 a 76,5 metros com média de 46,0 metros e as espessuras saturadas efetivas (retirando as camadas de argila) variam de 16,9 a 57 metros com média de 38,3 metros (CASTRO ET AL., 2000). Dados obtidos por diversos estudos apontam valores de transmissividades na ordem de $2,8 \times 10^{-3}$ a $9,2 \times 10^{-3}$ m²/s para o aquífero Barreiras, e para o aquífero Dunas, os valores de transmissividade encontram-se na ordem de $2,2 \times 10^{-3}$ a $2,6 \times 10^{-3}$ m²/s (MELO ET AL, 1996).

O sistema público de abastecimento de água de Natal está dividido em dois grandes sistemas totalmente separados, região norte e região sul, que produzem juntas 2,57 m³/s (DANTAS JUNIOR, 2012). Ainda segundo esse autor, os poços da região sul produzem 1,57 m³/s, correspondendo a 70% da água consumida. Segundo Righetto et al. (2005, p. 35), na região sul de Natal são explorados 56x10⁶ m³/ano para abastecimento público, e mais 6x10⁶ m³/ano de poços particulares, entretanto, 60% deste volume (47x10⁶ m³/ano) retorna ao Sistema Aquífero Dunas-Barreira como água servida, dando condições de equilíbrio quase estacionário. Ainda segundo os autores, a recarga anual efetiva do aquífero é de 15x10⁶ m³/ano, havendo descarga anual de 41x10⁶ m³/ano para os rios e a linha costeira, concluindo que a igualdade entre a exploração intensiva em Natal e a recarga natural efetiva somente se manterá enquanto água servida estiver retornando ao aquífero.

AMOSTRAGEM E MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de água e medidas de nível de água foram coletadas em poços tubulares da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e de poços tubulares da rede de monitoramento da Secretaria Estadual de Recursos Hídrico do Rio Grande do Norte (SERHID). Os poços tubulares de captação da CAERN foram todos implantados revestidos, com encascalhamento artificial (pré-filtro) no espaço anular entre as paredes do poço e o filtro, e acima do topo do pré-filtro, preenchimento com material argiloso do próprio poço e cimentação para o acabamento e proteção do poço. Os revestimentos e filtros dos poços são, em geral, de PVC aditivado (geomecânico).

Os dados topográficos e potenciométricos foram obtidos pelo levantamento plani-altimétrico georreferenciado de 37 poços executado pela Secretaria Estadual de Recursos Hídrico do Rio Grande do Norte (SERHID, 2007). No levantamento para obtenção de medidas lineares e angulares foram empregadas estações totais eletrônicas da marca Topcon, série-modelos GTS 212, GTS 229 e GTS 235W, as quais são dotadas de compensador para desvios do eixo vertical de até

3', precisão de leitura angular horizontal e vertical de 5", 9" e 9", e distanciômetros com precisão de 5 mm (± 2 ppm), 2 mm (± 2 ppm) e de 3 mm (± 3 ppm), respectivamente. O levantamento ainda teve o apoio de aparelhos receptores de sinal de GPS topográfico, com fase da portadora L1, marca Thales Navigation – Magellan, modelo ProMark2, e precisão estimada de (2 cm + 1 ppm). O processamento dos dados topográficos obtidos em campo foi feito com o suporte do software topoGRAPH 98SE, versão 3.63, e os dados coletados do GPS foram tratados nos softwares Ashtech Solutions v.60 e Topograph 98SE v.3.63. O monitoramento dos níveis das águas subterrâneas foi executado utilizando medidores de nível de poço com amperímetros sonoros.

Os dados de concentração de nitrato foram coletados de amostras de água dos poços tubulares da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), coletadas no monitoramento executado pela Agência Municipal de Regulação do Saneamento (ARSBAN) nos anos de 2010 e 2011. As análises químicas foram executadas nos laboratório da Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico (FUNCERN). Para obtenção das análises de nitrato foi utilizado o método descrito em APHA (1995), onde nitrato é reduzido a nitrito através do uso de zinco. O nitrito resultante é, então, determinado pelo método colorimétrico. Os dados do bairro de Nova Parnamirim, distrito limítrofe entre os municípios de Natal e Parnamirim foram coletados de Cunha (2012, v. 6, p. 68). Os resultados analíticos considerados nas interpretações desse trabalho estão apresentados na tabela 2.

Na obtenção da carta-imagem, da carta sombreada, carta de isovalores da concentração de nitrato foram utilizados os aplicativos Surfer versão 10, licenciado pela Golden Software Inc., e Quantum Gis versão 1.8.0, desenvolvido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). O aplicativo Surfer 10 permite transformar dados em mapas através de vários métodos, incluindo a krigagem com variogramas, para converter dados irregularmente espaçados XYZ em uma grade uniforme. O Quantum Gis 1.8.0 forneceu um ambiente para produção de carta-imagem com a superposição de imagens Landsat TM 5 e arquivos vetoriais em formato Shapefile derivados do Surfer 10. No tratamento da imagem LANDSAT TM 5, obtida em 2001, foi utilizado o software ENVI versão 4.4, desenvolvido e licenciado pela Exelis Visual Information Solutions Ltda., tendo aplicativos capazes de permitir a visualização, análise e apresentação de qualquer imagem digital, ainda exportando para diversos ambientes SIG.

RESULTADOS OBTIDOS E INTERPRETAÇÕES

A carta-imagem potenciométrica para a região sul da cidade de Natal-RN (figura 2) foi elaborada com dados de nível de água coletados em 37 poços da rede de monitoramento da Secretária Estadual de Recursos Hídricos (tabela 1), adotando coordenadas planimétricas UTM referenciadas ao datum SAD-69 e coordenadas altimétricas ao datum Imbituba. Ainda na elaboração da carta-imagem, foi utilizada a imagem LANDSAT TM 5, obtida em 2001, sendo obtida uma composição colorida RGB pelas bandas 3, 2, e 1, respectivamente. Por fim, a produção da carta-imagem foi obtida pela utilização do Quantum Gis 1.8.0.

Na obtenção das cotas potenciométricas foram coletadas duas medidas do nível d água e uma determinação da cota altimétrica de cada poço tubular. As medidas do nível de água foram realizadas em duas campanhas de medição, uma delas no mês de setembro e a segunda campanha no mês de outubro de 2006. O monitoramento dos níveis efetuado apresenta casos de medições em condições estáticas ou sem interferência de bombeamento de poços, representando, portanto, o próprio nível estático e casos de medições em situações de não equilíbrio, ou seja, sob influência de bombeamentos e, portanto, os níveis observados correspondem a níveis dinâmicos. Desta maneira, as cotas potenciométricas consideradas na elaboração da carta foram obtidas da média das duas medidas realizadas.

O método de interpolação dos dados de nível de água foi a krigagem ordinária, com o cálculo dos valores dos pontos em cada nó da rede, a partir de um modelo de variograma linear, como disponível no Surfer 10. O variograma linear padrão assume a forma de uma equação linear $\gamma(h) = C_0 + S \cdot h$, onde C_0 é o efeito pepita e S , a inclinação da reta, ambos desconhecidos. De acordo com Barnes (1991, p. 678), o valor esperado da variância da amostra é o valor médio do variograma considerando pares de todos os locais de amostragem, sendo obtido pela equação $Var = C_0 + S \cdot D_{avg}$. Onde Var é a variância da amostra, D_{avg} , a média da distância entre os pares de amostras. Enquanto uma segunda equação é gerada ao igualar o variograma experimental da amostra para os vizinhos mais próximos com o variograma modelado. Logo $G_n = C_0 + S \cdot D_{nn}$, ou seja, a metade da média das diferenças ao quadrado dos vizinhos mais próximo (G_n) é igual ao efeito pepita (C_0) adicionado da distância média entre os vizinhos mais próximos (D_{nn}). Ao resolver as duas equações para os dois parâmetros desconhecidos, com verificação se os valores são razoáveis, temos as fórmulas finais utilizadas:

$$S = \max \left[\frac{Var - G_{nn}}{D_{avg} - D_{nn}}, 0 \right]$$

$$C_0 = \max \left[\frac{G_{nn} \cdot D_{avg} - Var \cdot D_{nn}}{D_{avg} - D_{nn}}, 0 \right]$$

O modelo de variograma especifica a variabilidade espacial do conjunto de dados da tabela 1, portanto, se constitui uma função tridimensional. Há duas variáveis independentes, a direção θ e a distância h , e uma variável dependente, o valor do variograma $\gamma(\theta, h)$. A figura 1 (abaixo) apresenta a função variograma modelada e a experimental obtida.

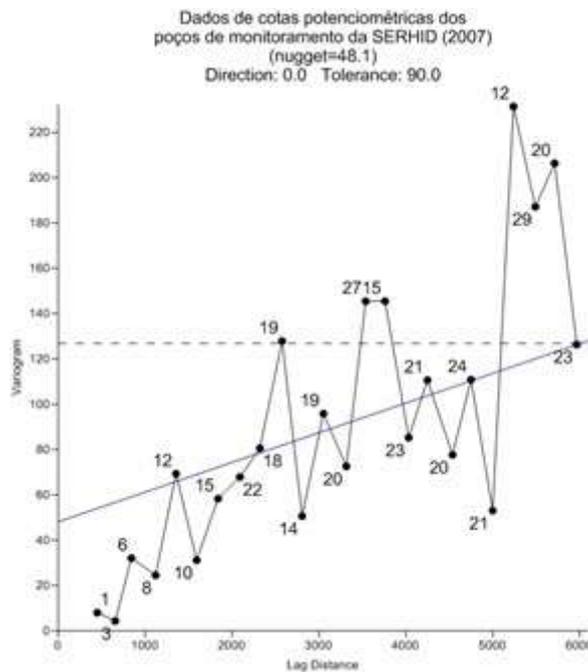


Figura 1 – Variograma modelado do tipo linear com valor do efeito pepita (nugget= 48,1) e omnidirecional e experimental em função dos pares de amostras e da distância de separação em metros.

Com base nos parâmetros obtidos para estimar a variação espacial da cota potenciométrica utilizando a função variograma linear, foram elaboradas as figura 2A e 2B, que correspondem a carta-imagem potenciométrica, com o suporte de uma imagem LANDSAT TM 5, colorida, composta pela bandas 3,2 e 1; e a carta potenciométrica com relevo sombreado, ambas para a região sul da cidade de Natal-RN, respectivamente.

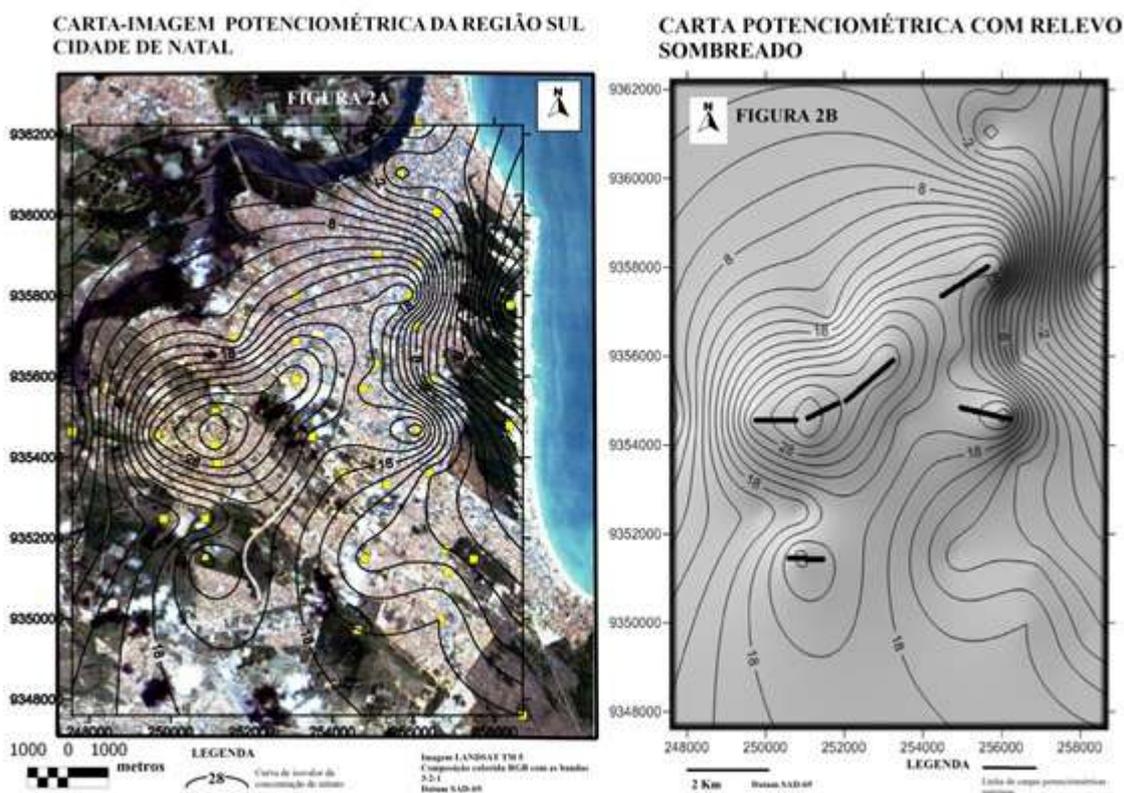


Figura 2 – (A) Carta-imagem da superfície potenciométrica para região sul da cidade de Natal com os poços de monitoramento representado por quadrados preenchidos na cor amarela, e (B) carta potenciométrica com relevo sombreado apresentado linhas de cargas potenciométricas máximas.

A análise das cartas obtidas aponta a presença de cargas potenciométricas elevadas distribuídas segundo as linhas indicadas na carta sombreada, correspondendo a campos dunares da porção centro-oeste, onde se encontram localizados os bairros do Planalto e Pitimbú, tendo continuidade nos bairros de Candelária e Lagoa Nova. Como também a tendência de diminuição das cargas potenciométricas em direção ao estuário do rio Potengi, e de maneira geral, ao oceano Atlântico. De maneira geral, as direções do fluxo subterrâneo apontam descargas em direção ao estuário e ao oceano. Nas porções sul e noroeste das cartas, a densidade e distribuição dos valores existentes influenciaram nos valores estimados das cargas potenciométricas, portanto, configurando distribuições espaciais não realísticas.

Os dados de concentração de nitrato nas águas de poços para abastecimento público (Tabela 2) foram analisados com intuito de determinar uma estimativa de sua variação espacial com a utilização do aplicativo Surfer 10. O método de interpolação adotado foi a krigagem ordinária, com o cálculo dos valores por blocos, o qual calcula o valor médio de um bloco retangular centrado em cada nó da rede. Como também foram analisados vários modelos de variograma para examinar o comportamento dos valores de variograma experimental e modelado. Modelos esféricos

de variograma, considerando variações na razão e ângulo de anisotropia, apresentaram distorções não razoáveis na distribuição espacial dos valores de nitratos, requerendo uma interpretação complexa, sem suporte de elementos geológicos.

Os modelos mais realísticos foram os lineares com direção de 0° grau e tolerância angular de 90° (omnidirecional), como apresentados na figura 3. No variograma para os dados de nitrato de 2010, a função modelada aproxima-se da variância (linha tracejada) com o aumento da distância e do número de pares considerados no cálculo, e o valor do efeito pepita (nugget= 19,8) é menor do que valores de variograma para a função experimental para pares com mais de 4 amostras. No variograma para os dados de nitrato de 2011, a função modelada é do tipo power, que não apresenta um patamar (sill), de modo que a variância é infinita. A curva modelada foi obtida através do autoajuste pelo critério dos mínimos quadrados, 50 iterações, razão de anisotropia igual a 2 e ângulo de 90°.

A localização dos poços de abastecimento público é apresentada na figura 4. Observa-se que a porção sudoeste, região limítrofe entre Natal e o município de Parnamirim, há uma lacuna de poços amostrados. Portanto, a distribuição espacial de poços com coleta de água para análise de nitrato é espacialmente irregular, principalmente na porção sudoeste. Devido a distribuição espacial dos valores de nitrato foi considerado apenas as porções norte e central da carta-imagem, onde a distribuição apesar de irregular, ocorre uma concentração razoável de poços.

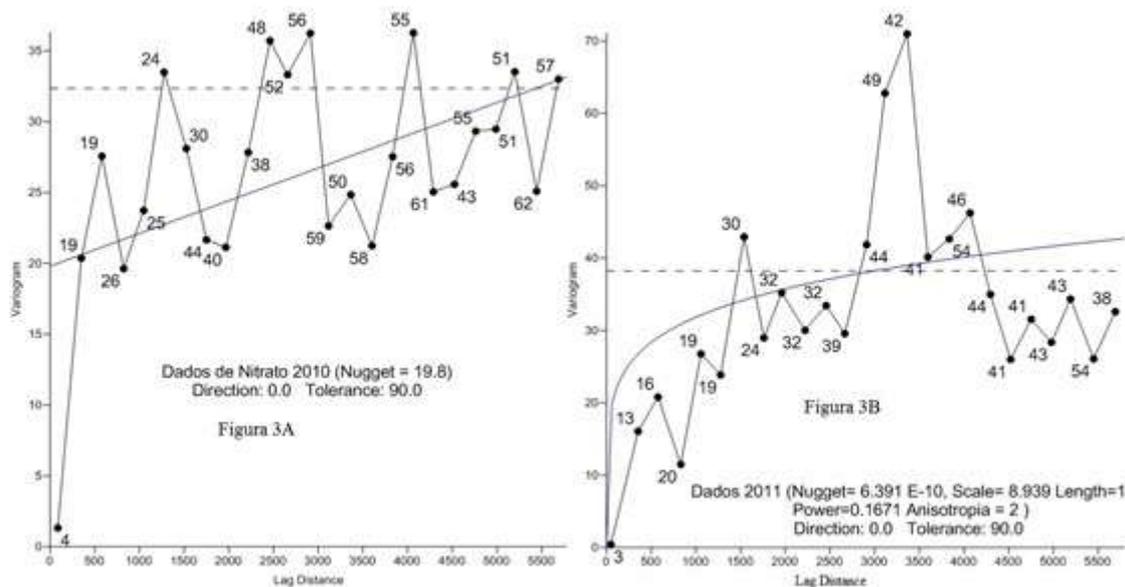
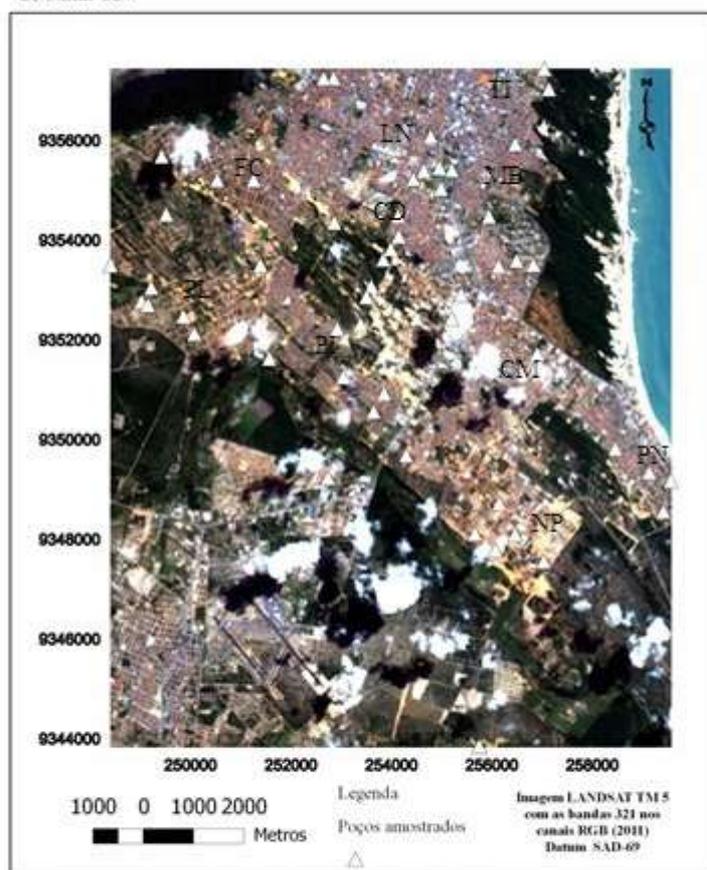


Figura 3 – (A) modelo de variograma linear (efeito pepita ou nugget= 19,8 e omnidirecional) e variação experimental da semivariância em função da distância de separação (lag) em metros. (B) modelo de variograma do tipo power (nugget = 6,391x 10⁻¹⁰, escala= 8,939, power=0,1671, razão de anisotropia = 2 e omnidirecional) e variação experimental da semivariância em função da distância de separação em metros.

Com base nos parâmetros obtidos para estimar a variação espacial da concentração de nitrato utilizando a função variograma = linear, foram elaboradas as figura 5A e 5B, para os dados de 2010 e 2011, respectivamente. Na figura 5A, as concentrações de nitrato maiores do que 10 mg NO₃-N L⁻¹ estão localizadas na porção norte, delineando duas áreas anômalas com concentração maiores do que 16 mg NO₃-N L⁻¹, situadas nos bairros de Felipe Camarão, a oeste, e nos bairros de Capim Macio, Morro Branco e Tirol, a leste. Na figura 5B, as concentrações de nitratos maiores

do que 10 mg NO₃-N L⁻¹ também estão localizadas na porção norte da área amostrada, a região sul da cidade de Natal. As áreas com concentração de nitrato maiores do que 16 mg NO₃-N L⁻¹ estão localizadas no distrito de Felipe Camarão, a oeste, e no bairro de Capim Macio a leste, se prolongando no sentido nordeste. As linhas de traço branco representam linhas inferidas de cargas potenciométricas máximas, obtidas a partir da carta potenciométrica (figuras 2A e 2B). Entre as linhas inferidas como de cargas potenciométricas máximas, nas duas figuras, encontra-se uma área com concentrações de nitrato menores do que 10 mg NO₃-N L⁻¹, localizadas no bairro de Lagoa Nova. Outras áreas com valores menores do que 10 mg NO₃-N L⁻¹, estão localizadas na porção centro-sul da área amostrada, ao sul das linhas de carga máximas, nos bairros do Planalto e Pitimbú, a oeste, e no bairro de Ponta Negra.

Carta-imagem com a localização dos poços amostrados na zona sul da cidade de Natal-RN



Localidades citadas: CM - Capim Macio, CD - Candelária, FC - Felipe Camarão, LN - Lagoa Nova, NP - Nova Parnamirim, MB - Morro Branco, PL - Planalto, PI - Pitimbú, PN - Ponta Negra, TI - Tirol

Figura 4 – Carta-imagem com a localização dos poços destinados ao abastecimento público dos quais foram coletadas amostras de água para análises dos valores da concentração de nitrato em NO₃-N L⁻¹. Coordenadas UTM, zona 25 Sul, datum SAD-69.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo apresenta um sistema hidrogeológico, instalado em depósitos eólicos e rochas arenosas, sendo caracterizado pelo funcionamento livre a semi-confinado, com elevada valores de porosidade e de transmissividade, coexistindo áreas de recarga e de captação dentro de áreas urbanas com inúmeras fontes pontuais de nitrato. Considerando que a lixiviação do nitrato da zona não saturada para a zona saturada envolve uma interação complexa de fatores que incluem desde a forma do uso e características do solo, a hidrodinâmica das zonas não saturada e saturada, a dinâmica e produção do nitrogênio no solo, e noutras fontes de nitrogênio, à recarga das águas subterrâneas, refletindo assim o grau variáveis de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras (cf. ALMASRI ET AL, 2007).

Desta forma, ao atingir a zona saturada, o nitrato migra através do aquífero por advecção e dispersão, e dependendo das condições químicas prevalentes, poderá ocorrer ou não o processo desnitrificação. Na zona saturada, a variação da concentração de nitrato terá forte influência do fluxo água do aquífero, delineado pela distribuição das cargas potenciométricas, entre outros fatores.

Na carta potenciométrica obtida, observa-se que um alto potenciométrico é localizado ao longo do campo dunar localizado entre o bairro do Planalto, a oeste, passando pelo bairro de Candelária, seguindo para região limítrofe entre os municípios de Natal e Parnamirim (Nova Parnamirim). Esse campo de dunas, desenvolvido a norte do Rio Pitimbú, constitui a maior área de recarga do sistema hidrogeológico na região sul, e em parte, encontra-se protegido com área de preservação (p. ex., Parque da Cidade). De maneira geral, as descargas do sistema hidrogeológico fluem para em sentido nordeste e leste para o oceano Atlântico, e a oeste, para o estuário do rio Potengi. Devido à ausência de dados na porção sudoeste, a carta obtida não indica claramente defluxo para a sub-bacia do Rio Pitimbú, como considerado por diversos autores.

As cartas de isovalores da concentração de nitrato em mg de NO₃-N L⁻¹ para os anos de 2010 e 2011 aponta de concentrações anômalas, superiores aos valores permitidos (10 mg de NO₃-N L⁻¹), em áreas de situadas nas porções centro e norte da áreas estudada, nos bairros de Felipe Camarão, a oeste, estendendo-se aos bairros da porção leste (Tirol, Morro Branco, Capim Macio). Por outro lado, áreas com as menores concentrações de nitrato (< 6 mg NO₃-N L⁻¹) estão localizadas próximas às áreas protegidas nos bairros de Pitimbú, Planalto e Ponta Negra.

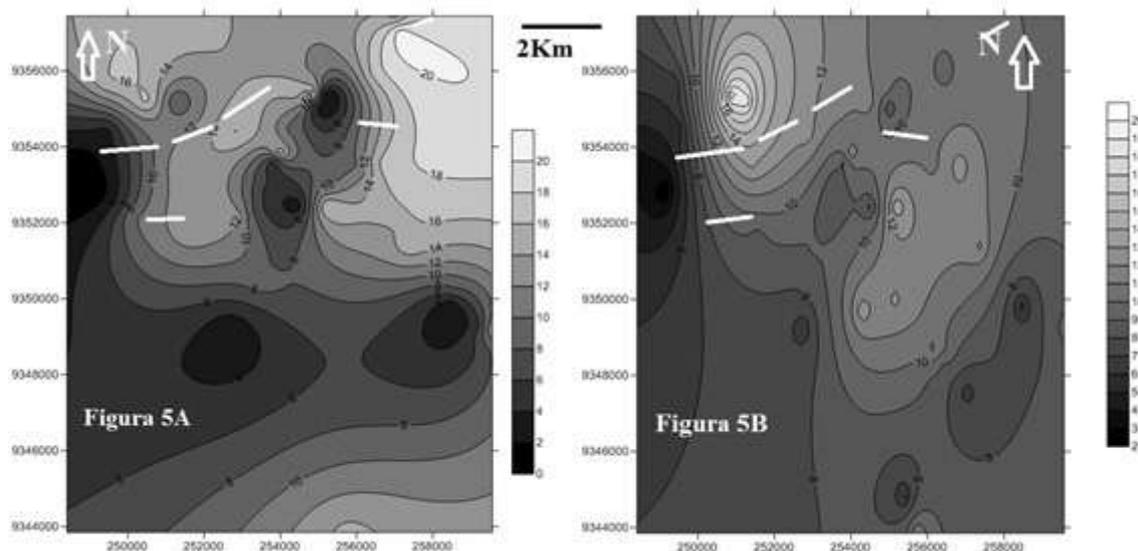


Figura 5 – (A) Carta de isovalores para concentração de nitrato em NO₃-N L-1 para o ano de 2010. (B) Carta de isovalores para concentração de nitrato em NO₃-N L-1 para o ano de 2011. Escala de variação de valores em tons de cinza. Linhas tracejadas em branco representa linhas de cargas potenciométricas máximas inferidas da carta potenciométrica (3B). Coordenadas UTM , zona 25 sul, datum = SAD69.

REFERÊNCIAS

- ALMASRI, M.N., AND KALUARACHCHI, J. J. (2007). Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds. **Journal of Hydrology**, vol. 343, pp. 211– 229.
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, and Water Environment Federation. 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19th edition. APHA, American Water Works Association, and Water Environment Federation, Washington, D.C
- BARNES, R. (1991) , The Variogram Sill and the Sample Variance, **Mathematical Geology**, v. 23, n. 4, p. 673-678.
- BIRKINSHAW S. J., EWEN J. (2000). Nitrogen transformation component for SHETRAN catchment nitrate transport modelling. **Journal of Hydrology**, 2000;230:1–17.
- CASTRO, V. L. L. ; PACHECO, A. (2000) Diagnóstico da Bacia do Rio Doce - RN: Subsídios para um Modelo de Gestão Integrada dos seus Recursos Hídricos. In: **I Congresso sobre Aproveitamentos e Gestão de Recursos Hídricos em países de Idioma Português**, 2000, Rio de Janeiro. Meio Digital - CD, 2000.
- CUNHA, M. C. B. (2012). Análise da Concentração de íons de Nitrato nos Poços Tubulares que Abastecem Nova Parnamirim. **Holos**, ano 28, volume 6, pp. 63-72, Natal-RN.
- DANTAS JUNIOR, Pedro Celestino. **Impacto do Abastecimento Irregular de Água nos Altos Índices de Dengue**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Departamento de Engenharia Civil, UFRN, Natal, 2012.
- DORSCH, M. M., SCRAGG, R.K.R., MCMICHAEL, A.J, BAGHURST, P.A., AND DYER, K.F. (1984) Congenital Malformations and Maternal Drinking Water Supply in Rural South Australia: A Case- Control Study. **American Journal of Epidemiology**, vol. 119, pp. 473-486.
- EUROPEAN UNION. **Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources**. Official J. L , v. 375, p. 1–8,1991.
- FEWTRELL, L. (2004) Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: a discussion. **Environmental Health Perspect**, vol. 112, pp. 1371–1374
- GOODCHILD, R.G. (1998). EU policies for the reduction of nitrogen in water: the example of the Nitrates Directive. **Environmental Pollution**, 1998;102(S1):737–40.
- HILLS, M.J., HAWKSWORTH, G. AND TATTERSALL, G. (1973). Bacteria, nitrosamines and Cancer of The Stomach. **British Journal of Cancer**, vol. 28, pp. 526-567.
- LAVAT (2006). Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, Centro Regional do Nordeste. **Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais**. Site: <http://www.crn2.inpe.br/lavat/index>.

php?id=graficosClimatologica em 10/12/2006.

LEE, Y. W. (1992). **Risk assessment and risk management for nitrate-contaminated groundwater supplies**. Unpublished PhD dissertation. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, 1992. 136 p.

LIU, A., MING, J., ANKUMAH, R. O. (2005). Nitrate contamination in private wells in rural Alabama, United States. **Science Total Environmental** 2005; 346: 112–20.

JOOSTEN, L.T.A., BUIJZE S.T., JANSEN D.M. (1998). Nitrate in sources of drinking water? Dutch drinking water companies aim at prevention. **Environmental Pollution**, 1998;102(S1):487–92.

KYLLMAR, K, MÅRTENSSON, K, JOHNSON H. (2004). Model-based coefficient method for calculation of N leaching from agricultural fields applied to small catchments and the effects of leaching reducing measures. **Journal of Hydrology**, 2004;304(1–4):343–54.

MALBERG, J.W., SAVAGE, E. P., OSTERYOUNG, J., 1978. Nitrates in drinking water and the early onset of hypertension. **Environmental Pollution**. 15(2). 155-160.

MARTINS, G., LUCAS FILHO, M. & FREIRE, G. S. S. (2009). Dinâmica urbana e riscos geo-ambientais na região metropolitana de Natal, Nordeste do Brasil. **Revista Geotecnia**, Lisboa, Portugal, unpublished, 2009.

MELO, J. G. ; FIGUEREDO, E. M. (1990). Comportamento Hidráulico e Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Dunas/ Barreiras à Poluição na área de Natal/RN. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 13, p. 112-124, 1990.

MELO, J. G., REBOUÇAS, A. C. (1996). Contaminação de Águas Subterrâneas por nitrato na zona sul de Natal, RN. **Revista Água Subterrânea**, São Paulo, v. 1, p. 71-83, 1996.

MELO, J. G.; QUEIROZ, M. A.; HUNZIKER, J. 1998. Mecanismos e fontes de contaminação das Águas Subterrâneas de Natal/RN por nitrato. **Anais Cong. Bras. de Águas Subterrâneas**. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). São Paulo. V. 1.

RIGHETTO, A. M. & ROCHA, M. A. (2005). Exploração Sustentada do Aquífero Dunas / Barreiras na Cidade de Natal, RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 10 n.2 Abr/Jun 2005, pp. 27-38.

SAÑDI, Z., MASLOUHI, A. (2003). Modeling nitrogen dynamics in unsaturated soils for evaluating nitrate contamination of the Mnasra groundwater. **Advances Environmental Research**, 2003;7:803–23.

SERHID (2007). **Cadastramento e Nivelamento de Poços do Aquífero Barreiras no Município de Natal /RN**. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, Natal-RN, vol. 1, 198 pp.

SUPER, M., HESSE, H., MACKENZIE, D., DEMPSTER, W.S., DUPLESS, J. AND FERREIRA, J.J. (1981). An Epidemiologic Study of Well-Water Nitrates in a Groups of Southwest Afriacn Namibians Infants. **Water Research**, vol. 15, pp. 1265-1270.

UMEZAWA, Y., HOSONO, T., ONODERA, S., SIRINGAN, BUAPENG, S., DELINOM, R., YOSHIMIZU, C., TAYASU, I., NAGATA, T. AND TANIGUCHI, M. (2008). Sources of nitrate and ammonium contamination in groundwater under developing Asian megacities. **Science Total Environmental**, 2008;

404: 361-376.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2000). **Drinking water standards and health advisories. U.S.** Environmental Protection Agency, Office of Water, 822-B-00-001, 2000. 12 pp.

WEISENURGER, D. 1990. Environmental epidemiology of Non-Hodgkins Lymphoma in Eastern Nebraska. **American Journal of Industrial Medicine.** 18. 303-305.

WOLFE, A.H., PATZ J.A. (2002). Reactive nitrogen and human health: acute and long-term implications. **Ambio** 2002;31(2):120–125.

ANÁLISE DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALAMANCA BARBALHA – CEARÁ

*DENISE DA SILVA BRITO
SUEDIO ALVES MEIRA
CLAUDIA MARIA MAGALHÃES GRANGEIRO*

Resumo

As ações da sociedade no espaço e na natureza têm, ao longo do processo de ocupação desse espaço, provocadas alterações significativas na paisagem, fazendo com que a paisagem seja o resultado da ação humana sobre o espaço. A bacia hidrográfica do rio Salamanca em Barbalha Ceará passou por um processo de ocupação e transformação de sua paisagem, ou seja, pelo processo de territorialização. Para compreender essa transformação do espaço da bacia hidrográfica do Rio Salamanca em território nos detivemos em analisar as transformações ocorridas na sua paisagem ao longo do processo de ocupação da mesma, nos atendo principalmente no período entre 1980 e 2014. Para isso tomamos como base a totalidade da bacia (o espaço urbano e rural). Por meio dessa análise foi possível verificar que em cada década, desde a ocupação efetiva nos anos 1980, se destacaram transformação do espaço em território por meio de ações também diversas, seguindo os interesses pessoais e coletivos. Das transformações detectadas ao longo das décadas analisadas percebeu-se: a retirada da mata (floresta natural) e sua substituição por cultivos agrícolas e pastagens; a transformação da paisagem esteve circunscrita à área urbanizada da bacia, isto é, o núcleo urbano de Barbalha. Essa dinamicidade na transformação da paisagem urbana deu-se em virtude da migração campo-cidade, do processo de industrialização e da consequente expansão horizontal da cidade.

Palavras-Chaves: Transformações; Espaço; Uso e Ocupação do Solo.

Abstract

The actions of the society in the space and nature has, in the process of occupation of this space, caused significant changes in the landscape, making the landscape is the result of human action over the space. The river basin Salamanca in Barbalha-Ceará went through a process of occupation and transformation of the landscape, by the territorial process. To understand this transformation of the space of the river basin in Salamanca territory we stopped to examine the transformations in the landscape over the occupation of the same process, attend the mainly between 1980 and 2014. For this we take as a basis the total bowl (urban and rural). Through this analysis we found that in every decade since the effective occupation in the 1980s, stood out transformation of space in territory also through a number of actions, following the personal and collective interests. The changes detected over the decades analyzed it was noticed: the withdrawal of forest (natural forest) and its replacement by crops and pastures; the landscape of transformation was limited to the urban area of the basin, in the urban core of Barbalha. This dynamism in transforming the urban landscape took place because of rural-urban migration, the process of industrialization and the subsequent horizontal expansion of the city.

Keywords: Transformation; Space; Use and Occupation. rmation; Space; Use and Occupation.

1. Introdução

O estudo da paisagem é fundamental para a compreensão dos aspectos da relação sociedade-natureza. A paisagem revela as mudanças e as permanências estabelecidas em certo território com o passar do tempo. Com isso, O estudo da relação sociedade-natureza tem despertado o interesse de estudiosos há muito tempo. Esta relação ocorre ao longo do processo de evolução das sociedades e é marcada por um dinamismo sem comparação, devido ao fato das mesmas irem se adaptando e aperfeiçoando tal conexão (MACHADO, 2012).

Para Santos (2012) paisagem é um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais, a vida em sociedade supõe uma multiplicidade de funções, e quanto maior o numero destas, maior a diversidade de formas e de atores. A paisagem é uma herança de muitos momentos. No começo da historia do homem, seus instrumentos de trabalhos eram separados, hoje estão cada vez mais indivisíveis, em cada momento histórico os modos de fazer são diferentes, o trabalho humano vai se tornando cada vez mais complexo, exigindo mudanças correspondes às inovações. Cada período é caracterizado por um dado conjunto de técnicas e marca de historia do trabalho. Diante disso, a paisagem configura-se como um conjunto de formas heterogêneas, de idades diferentes, pedaços de tempos históricos representativos das diversas maneiras de produzir as coisas, de construir o espaço.

Então de acordo com Machado (2012) a paisagem, podemos assim dizer, é a materialização da ação humana (sociedade) na natureza que se encontra em um determinado espaço, portanto, sua constituição está vinculada à estrutura natural pré-existente. A paisagem contém elementos da sociedade e da natureza, revela uma dialética própria, na qual as ações humanas sobre o funcionamento do conjunto natural acionam mecanismos auto-reguladores, criando assim novas dinâmicas de funcionamento e possibilitando a continuidade dos processos naturais (PASSOS, 2003). O conjunto de elementos que compõem a natureza possui uma dinâmica muito particular, uma vez que se desenvolve, atua, adapta-se e, por vezes, impõe seu ritmo à sociedade nela estabelecida.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo analisar o processo de transformação ocorrido nos últimos 30 anos na paisagem da bacia hidrográfica do rio Salamanca (Município de Barbalha, Ceará).

Ao longo das últimas três décadas percebeu-se uma transformação significativa da paisagem devido à remoção da cobertura vegetal, implantação das áreas de pastagem, de cultivo, de residências nas áreas rurais e no perímetro urbano. As alterações percebidas na atualidade apresentam relação direta com o processo de reestruturação da sociedade e da dinâmica econômica local. Estudar tais modificações no espaço ao longo do tempo e como estas configuram a paisagem em momentos distintos da história é uma temática deveras relevante.

A bacia hidrográfica do Rio Salamanca (Figura 01) localiza-se na região sul do estado do Ceará e apresenta uma área de aproximadamente 274 km². O município de Barbalha, assim como todo o Cariri Cearense, destaca-se no Semiárido nordestino, tanto pelas suas condições naturais sub-úmidas, que são decorrentes da conjugação entre o relevo e substrato geológico sedimentar. As condições orográficas implicam em maiores índices pluviométricas e o substrato sedimentar favorece tanto ao armazenamento de água, quanto, em função da estrutura levemente inclinada das camadas, à movimentação da água subterrânea que alimenta o vale do Cariri. Assim, torna-se uma área com características de semiaridez atenuadas, apresentando condições sub-úmidas.

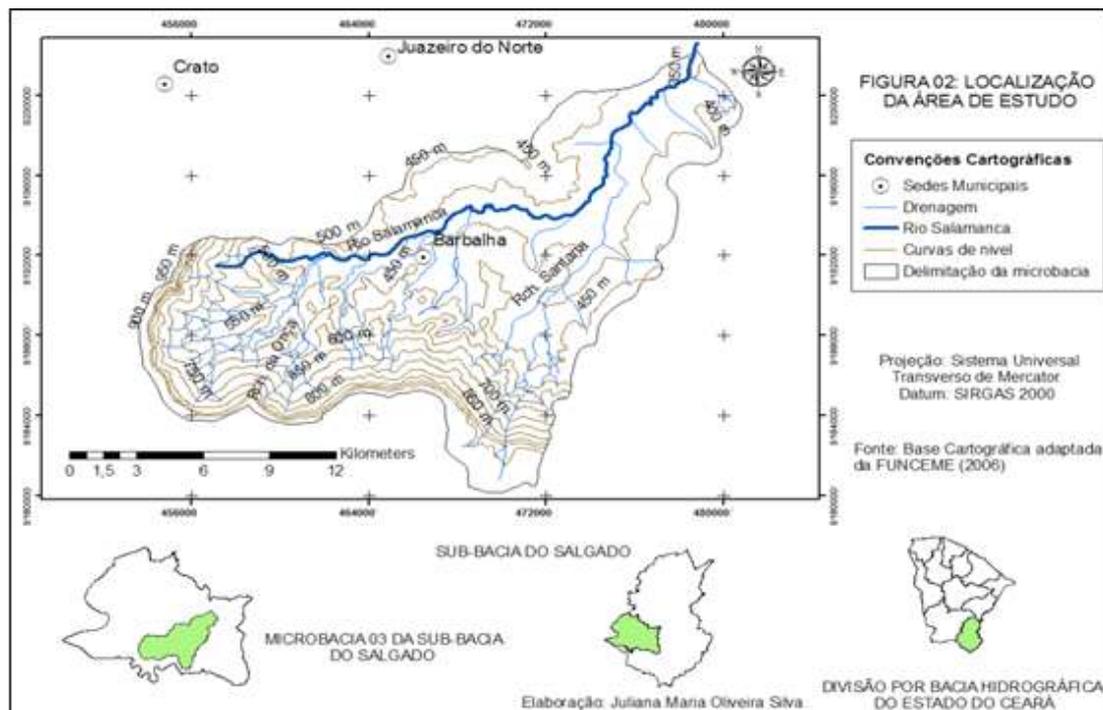


Figura -1 Localização da área de estudo. Fonte: Autoria Própria

O rio Salamanca é o principal corpo hídrico do município de Barbalha, assim como, da bacia hidrográfica homônima, exerce papel importante na história local, principalmente, no tocante aos usos com cultivos realizados em sua planície de inundação como: cultivo da cana de açúcar, arroz, feijão e milho que ainda podem ser observados em alguns trechos da bacia hidrográfica do rio Salamanca.

2. Metodologia

Os procedimentos utilizados ao longo desse trabalho foram: pesquisa bibliográfica, coleta e tratamento dos dados secundários, produção de mapas de uso da terra e levantamento fotográfico.

A etapa da confecção dos mapas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Rio Salamanca deu os subsídios necessários para a análise da transformação da paisagem da área ao longo do tempo, particularmente nas últimas três décadas.

Os mapas de vegetação e uso e ocupação do solo foram feitos a partir das imagens do LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*) – classificação supervisionada, e atualização foi feita através de dos levantamentos de campo.

A imagem multitemporal, gerada pelo sistema sensor "*Thematic Mapper*" (TM) do satélite Landsat - 7 obtidas para a data 02/08/1984 no site do INPE. A imagem de 22/09/2014 foi adquirida pelo Serviço Geológico Americano, foi base para o mapa de uso atual. Foi escolhido o intervalo de 30 anos de uma imagem para outra. A escolha dos dados orbitais levou em consideração a percentagem de cobertura de nuvens e a disponibilidade de imagens.

As imagens foram georreferenciadas no *software* SPRING, utilizando como referência uma imagem disponibilizada pelo INPE referente a 22 de setembro de 2007, DATUM WGS 84 e reprojeta-das para o Sirgas 2000 no *software* Qgis 2.8.

Segundo Araújo (2013) o método supervisionado supõe um conhecimento prévio da área a ser classificada, a partir do qual se selecionam as amostras de *pixels* de cada categoria que servem

para o treinamento do classificador. Este método pode evitar erros gerados pelo o comportamento espectral, já que o classificador é que seleciona os pontos dentro das imagens e lhe atribuir uma classificação para o comportamento espectral encontrado. No presente trabalho foi utilizado método supervisionado, sendo estabelecidas cinco classes: vegetação densa, vegetação menos densa, solo exposto, área urbana e mata ciliar.

O campo foi uma das etapas importante na pesquisa, pois contribuiu na validação dos resultados do mapeamento, bem como na atualização das informações referentes ao uso e ocupação, vegetação. Foram realizados diferentes levantamentos de campo, em pontos específicos do alto, médio e baixo curso do rio Salamanca, procurando coletar dados referentes às formas de uso e ocupação da bacia e identificar as principais transformações na paisagem da bacia.

3. Resultados e Discussões

3.1 Processo de Ocupação da Bacia do rio Salamanca

Por ser uma bacia hidrográfica de dimensões consideráveis, apresentando cerca de 274 km², a história de ocupação humana da área da bacia hidrográfica do rio Salamanca se confunde com a colonização efetiva do município de Barbalha, e, logicamente, com a da própria região do Cariri Cearense. Tal fato possibilita afirmar que a bacia do Rio Salamanca é um território que está inserido em um contexto maior ou em um território mais amplo. Apresentando, entretanto, a sua individualidade por ter sido alvo da atuação de agentes territorializantes específicos.

Barbalha formou-se a partir das sesmarias concedidas, em 1717, ao capitão-mor Manoel da Fonseca Jaime, ao Tenente Antônio Mendes Lobato e Lira, ao Capitão Francisco Martins Matos. Tenente Coronel José Bernardes Uchoa, Sargento Venceslau de Montes Pereira e ao Capitão Gregório Mendes de Sousa (SILVA, 1992).

A pecuária e a agricultura foram as responsáveis pelo processo de ocupação das terras barbalhenses, em face dessa origem a sociedade de Barbalha assumia características eminentemente rurais e aristocráticas, a pecuária e a agricultura configuravam a base econômica e a utilização do trabalho livre do vaqueiro e, em menor escala, a do trabalho escravo, como base social. Salienta-se que a mão-de-obra livre ou escrava não tinham perspectiva de ascensão social, vivendo em dependência direta do proprietário da terra.

Barbalha consolida-se como pólo canavieiro e grande produtor de rapadura. Contava com mais de 70 engenhos, 13 fábricas de aguardente e 150 casas de farinha, sendo considerada uma das cidades mais ricas da região nos séculos XVIII e XIX. Os primeiros canaviais e engenhocas de madeira pertenciam a Antônio de Souza Goulart, nos sítios Salamanca, Brito e Lama, no baixio que hoje é o "tapete verde" de Barbalha (GIRÃO, 1966).

Segundo Piancó (1998) com a chegada de novas famílias procedentes de localidades mais desenvolvidas, a vila Barbalha ganhou construções residências e comerciais com novos estilos arquitetônicos, diferenciados das até então existentes. A vila de Barbalha foi elevada a cidade pela lei nº 1740 de 30 de agosto de 1876.

Por fins do século XIX, Barbalha firmava-se como cidade. Dentre as atividades, o comércio de tecido ganhava destaque, constituindo-se como um dos mais desenvolvidos da região. O abastecimento das lojas de tecido dava-se através de Recife e atraía compradores de vários locais da região, tornando a feira semanal de Barbalha a segunda maior do cariri, perdendo apenas para a feira do Crato.

Em Barbalha as edificações concentram-se, formando um trapézio em torno da Igreja e da praça, numa configuração típica das cidades do século XVIII, inclusive com alguns edifícios públicos, como a Câmara e a antiga Casa de Caridade do Padre Ibiapina. O traçado tinha uma orienta-

ção NE/SO – NO/SE. Esse sítio, entretanto, por estar no alto de um platô, não favorecia a expansão para Norte (vale do Salamanca), então a cidade então cresceu para sudeste (BARBALHA, 2000).

O crescimento do núcleo original para sudeste ganhou realce com a promessa da chegada da via férrea e a construção da estação ferroviária ainda hoje preservada, e a casa de Câmara e Cadeia Pública mandada construir pelo imperador Dom Pedro II, no final do século XVIII, também preservada apesar de já haver sido descaracterizada por reformas.

Entretanto, o centro era contido pela barreira física do Riacho do Ouro e por um serrote, atualmente encostas do Alto da Alegria. O eixo de expansão passa a ser a estrada de acesso ao povoado e à estância termo-mineral do Caldas, cujas fontes de águas minerais foram descobertas pelo Padre Ibiapina, e para o município vizinho de Jardim, limite sul do Município de Barbalha (BARBALHA, 2000).

Piencó (1998) relata que no ano de 1955, foi criado o loteamento chácara Santo Antônio, dando origem a um bairro: Vila Santo Antônio. A construção do estádio de futebol, da escola e do centro social urbano contribuíram para a ocupação efetiva desse bairro. Já no ano de 1970 a prefeitura municipal de Barbalha efetuou a doação de lotes na zona leste da cidade, contribuindo para a expansão do sítio urbano que passa a se estender por áreas acidentadas (Alto da Alegria), foram feitas sucessivas doações de terrenos por parte do poder público municipal (Piencó, 1998).

Em 1980, surge o loteamento Jardim Bela Vista, localizado ao sul do centro da cidade, atraiu o crescimento urbano para além do estádio de futebol, originando o bairro Bela Vista que foi sendo ocupada gradativamente em função da falta de infraestrutura, apresentando uma população de classe média e baixa. Em 1982 surgiu o bairro Nossa Senhora de Fatima a partir da construção pela Caixa Econômica Federal de um conjunto de casas destinadas a população de baixa renda, esse bairro possuía pouca infraestrutura e se desenvolveu rapidamente. Também no ano de 1982 a prefeitura municipal de Barbalha, distribuiu 1.400 lotes a leste do centro da cidade, originando a vila Malvinas, a vila Santa Terezinha e a Vila São José (tornando-se bairro posteriormente). Foi construído também o conjunto habitacional da COHAB, localizado próximo a CECASA (Indústria de Cerâmica). Em 1989 surgiu o bairro Cirolândia, fruto da doação de lotes também pelo poder municipal, destinava-se as famílias de baixa renda, localiza-se no setor centro-sul da cidade, a dois quilômetros do centro de Barbalha.

Barbalha consta também com outros bairros que são Buladeira, Santo André, Mata, Crajubar. Os demais bairros de Barbalha surgiram ora a partir da doação de terrenos por parte do poder público municipal, outros de forma espontânea, ou exclusivamente por loteamentos, como afirma Piencó (1998, p. 68) “que o parcelamento de terras em Barbalha começou a ocorrer há 20 anos, sobretudo em função da implantação de indústrias que atraíam mão-de-obra em abundância, que gerou uma demanda muito superior a oferta então existente de terra urbana”.

Segundo Piencó (1998) o município de Barbalha com o objetivo de atender às populações localizadas em áreas impróprias foi beneficiado com o Projeto de Urbanização de Barbalha (PROURB), nesse projeto contemplaria três favelas da cidade, a favela da Jumenta com (88 famílias), considerada área de risco por esta localizada próximo a encostas íngremes (sujeitas a deslizamentos) e onde as residências foram construídas na margem do riacho, a favela da Rodoviária, no centro da cidade com 54 famílias (risco de desmoronamento das construções), e a Favela Colorau com 56 famílias e estava inserida no bairro do mesmo nome (risco de deslizamento). Este projeto foi financiado pelo Banco Mundial e pelo governo do estado do Ceará, onde foram construídas casas, creche, praça, quadra esportiva, e infraestrutura como água, rede de esgoto e pavimentação (PIANCÓ, 1998).

A cidade de Barbalha, a partir deste momento, deve ser entendida no contexto de um território que passava por um rearranjo, em função de uma reestruturação produtiva aliada a um crescimento da população urbana. Esta fase se define como o período em que, no espaço urbano

de Barbalha, o componente material era crescentemente formado do artificial, por objetos técnico-científicos. A importância da troca se ampliava e o território se equipava para facilitar a circulação. A cidade e a rede urbana regional foram mudando, por meio de determinações gestadas em outras escalas, em interação com a ação de agentes políticos, econômicos e sociais locais. A industrialização da cidade, a mais ampla e fácil acessibilidade e a penetração de capitais externos alteraram, de um modo ou de outro, o papel desta cidade. A alteração foi causada também pelo agravamento das condições de vida no mundo agrícola.

A partir do aporte da energia elétrica oriunda da Hidrelétrica de Paulo Afonso, no início da década de 1960, o sul do Ceará passa por mudanças importantes quanto ao uso do solo, com dois períodos de industrialização. O primeiro advém do Plano Azimow e o segundo período se inicia em 1986, com os incentivos fiscais concedidos pelo governo do estado do Ceará, o que fez surgir nessa época um parque industrial atuante nos setores de calçados, medicamentos, confecções, folheados a ouro, cerâmica, cimento, alumínio e artesanato (MENEZES, 2007, apud RIBEIRO, 2012, P. 171).

Segundo Piancó (1998) do plano Asimow em Barbalha, destacam-se apenas duas indústrias a IBACIP (Indústria Barbalhense de Cimento Portland) e a CECASA (Cerâmica Cariri S/A). Segundo Araújo (2013) Barbalha sofreu influências significativas com a implantação das indústrias na cidade, a Cerâmica do Cariri S/A (CECASA), implantada às margens da CE-293 que liga Barbalha à Missão Velha, impulsionou a formação do bairro Buriti, com a implantação dos conjuntos habitacionais Malvinas, Vila Santa Teresinha e Vila São José. Já a IBACIP - Indústria Barbalhense de Cimento Portland foi instalada em Barbalha no ano de 1976 mesmo com as restrições ambientais devido a sua localização, na Floresta Nacional do Araripe, mas o interesse econômico se sobressaiu à questão ambiental.

Araújo (2013) destaca que na década de 1970 foi criado do Balneário do Caldas, visando aproveitar o potencial turístico das fontes naturais e da beleza da Chapada do Araripe, sendo inaugurado em 1975, veio para fomentar o turismo na região, com o intuito de usufruir melhor as potencialidades que a mesma oferece dentro da área do turismo vinculado as fontes naturais e a beleza da natureza da região. Contribuindo desta forma para o crescimento do distrito do Caldas.

Um dos maiores empreendimentos do município de Barbalha foi a Usina de açúcar Manoel Costa Filho, criada no ano de 1976, possuía 384 funcionários industriais e 1.100 no campo. Contribuiu com cerca de 4% do PIB do Estado na década de 80, produzindo 350 toneladas de açúcar.

A implantação desses empreendimentos no município significou um momento de ascensão da economia de Barbalha, contribuindo para o crescimento e incentivo para o processo de urbanização do município, que até então permanecia plenamente dependente das atividades agrícola. Com essa mudança ocorre a migração da população rural para cidade, assim como, a chegada de pessoas de outras cidades circunvizinhas

Araújo (2013) observa o crescimento populacional do município de Barbalha de 1940 a 2010 e faz considerações importantes como “a população do município de Barbalha, de 1940 para 2010, aumentou 117% passou de 22.426 mil habitantes para 54.292, o que corresponde a 31.866 mil pessoas no intervalo de tempo de 70 anos”.

Outras indústrias implantaram-se em Barbalha, segundo Araújo (2013) como a Empresa Bom Sinal, responsável pela fabricação de VLT's - Veículos Leves sobre Trilhos, fornecedora de vagões para todo o Nordeste. Instalou-se em Barbalha na década de 1990 no bairro Malvinas as margens da CE-293. E a Indústria Químico-Farmacêutica Cearense Ltda. (FARMACE) que também se instalou na cidade no mesmo período. Localizada as margens da Av. Lyrio Callou é responsável direta por grande quantidade de empregos no município.

Araújo (2013) aborda que o centro da Cidade passa a não ter apenas as igrejas como elementos atração, mas equipamentos públicos sociais importantes como hospitais e colégios, além de

serviços variados. O centro funciona como pólo de atração para toda a cidade, superando qualquer comércio local de bairro e o Hospital São Vicente de Paulo, junto com o hospital Santo Antônio, são ícones da vocação de Barbalha para o setor da saúde.

Nos últimos 10 anos, pode-se destacar a ampliação da festa de Santo Antônio, a instalação do curso de medicina da Universidade Federal do Ceará e o curso de artes cênicas da Universidade Regional do Cariri, assim com a construção da CEASA e a UPA – Unidade de Pronto Atendimento.

3.2 Mudanças no uso e na cobertura do solo na Bacia do rio Salamanca

As características de uso e de cobertura da terra na bacia do Salamanca são heranças do processo de ocupação deste território. Algumas áreas, pela sua condição natural, criaram uma tradição de uso da terra, enquanto outras permitiram a incorporação de técnicas durante o povoamento, que as tornaram diferentes.

Para analisamos essas mudanças ao longo do período histórico de ocupação do vale do Salamanca, escolhemos analisar os seguintes anos 1984 e 2014, a escolha desses anos foi pela boa resolução das imagens de satélite LANDSAT-7-8. O primeiro passo na análise do uso e da ocupação da terra através de interpretação de imagem foi identificar tipos e padrões de uso da terra, ou seja, os arranjos espaciais ou a organização dos objetos sobre a superfície.

O primeiro padrão que chamou atenção da imagem de 1984 (Figura 2) foi às áreas com cobertura vegetal, observa-se que a bacia apresenta uma cobertura vegetal considerada para esse período. Barbalha estava voltada mais para as atividades de agricultura e pecuária, os principais cultivos eram cana-de-açúcar, milho, feijão, arroz e grande parte da população de Barbalha vivia na zona rural. A partir de 1980 Barbalha passa a receber influências além da igreja católica, com a implantação de novas indústrias de grande porte no município, essas indústrias implantaram-se as margens das rodovias que atravessam a cidade.

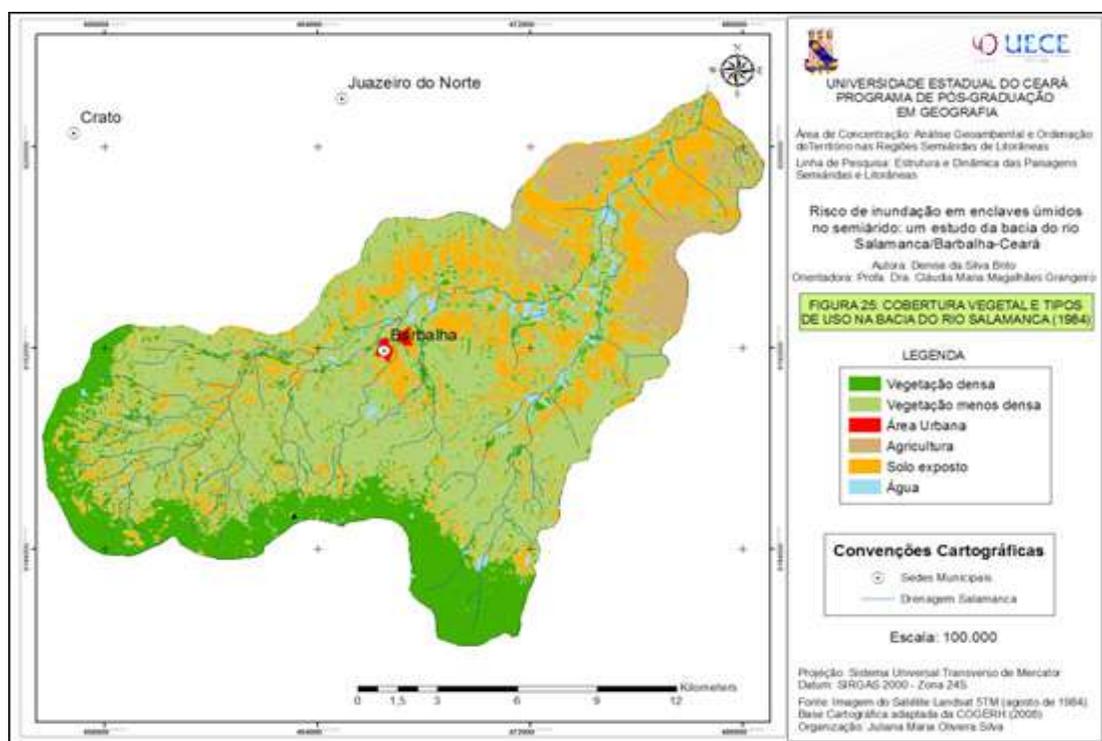


Figura 2: Cobertura vegetal e tipos de uso na bacia do rio Salamanca em 1984. Fonte: Autoria Própria

Observa-se na imagem referente ao ano de 1984 (Figura 2) grande áreas com solo exposto.

Segundo Piancó (1998) foram criados 27 loteamentos na cidade de Barbalha de 1972 a 1992, ou seja, a década de 1980 apresenta o início dessa consolidação de loteamentos em bairros ou vilas, destacam-se também as culturas temporárias que são cultivadas no período chuvoso, deixando o solo exposto após esse período.

O cultivo da cana-de-açúcar em Barbalha nesse período caracterizava-se como sendo uma cultura permanente, principalmente, devido a implantação da usina de açúcar Manoel Costa Filho, o cultivo da cana ocorria significativamente na área de planície da bacia do Salamanca. Nota-se que a bacia do Salamanca apresenta mata ciliar ou floresta ribeirinha nos seus principais cursos. A mancha urbana apresentava concentrada no centro da cidade com alguns bairros ao redor do centro, vindo a se expandir a partir de 1980, como observado na imagem de 1984. Então, a partir de 1980 com a implantação de vários empreendimentos no município, Barbalha começa a passar por transformações urbanas com a expansão de bairros já existentes e o surgimento de novos bairros e implantação de indústrias, causando o aumento da populacional urbana, superando a população rural.

A área de expansão urbana na imagem de 1984 (Figura 2) mostra que o município de Barbalha apresentava uma área de ocupação pequena, no entanto, quando comparamos a imagem de 1984 com a de 2014 (Figura 3), pode-se perceber um aumento na área de ocupação, mudança bastante significativa levando em consideração o espaço de tempo de 30 anos.

Nesse intervalo de 30 anos observa-se um significativo aumento das áreas ocupadas para atividades humanas como construção de residências, agropecuária e indústrias. Observa-se primeiramente a expansão da área urbana e a diminuição das áreas com cobertura vegetal na bacia, como a Mata Seca que, segundo o MMA/FUNDETEC/URCA (1999), encontra-se descaracterizada, devido à ação humana, há também a diminuição da mata ciliar dos riachos que compõem a bacia. A mata seca e a mata ciliar foram sendo desmatadas para dar lugar a implantação de loteamentos e expansão de áreas para a agricultura.

Quando comparamos as imagens de 1984 e 2014, (Figura 2 e 3) observa-se uma área de expansão em direção a Juazeiro do Norte ao entorno da CE-060, outra presença de mancha urbana em direção à chapada do Araripe, onde ficam os distritos de Barbalha (Arajara e Caldas), por fim, destaca-se a expansão urbana no sentido Missa Velha.

Segundo Araújo (2013) a densidade urbana de Barbalha diminui no decorrer dos anos, pois a área de expansão urbana cresce de maneira mais rápida que o crescimento populacional, a densidade municipal aumenta, pois a área do município é fixa e a população segue em uma crescente ano após ano.

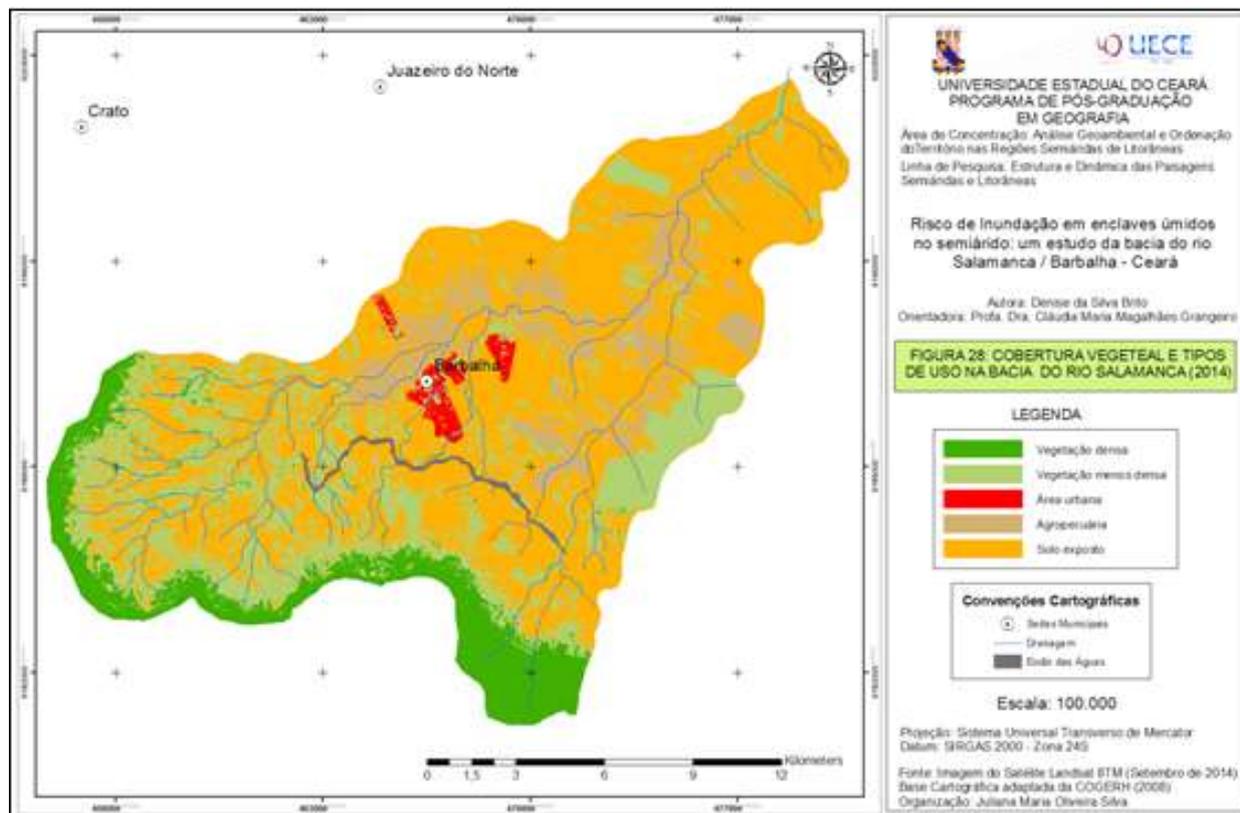


Figura 3: Cobertura vegetal e tipos de uso na bacia do rio Salamanca em 2014. Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que no mapa de uso e cobertura de 2014 da bacia do Salamanca (Figura 3), apresenta grande área de solo exposto, isso se justifica pela data da imagem 22 de setembro de 2014, onde não há plantação de culturas temporárias. Observam-se grandes áreas voltadas para agricultura irrigada. A vegetação densa corresponde às áreas com vegetação tipo Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida), e alguns setores com Mata Ciliar, nos médio e baixo curso da bacia.

Vegetação menos densa, representada por espécies da Caatinga Arbórea, mantém-se mais preservada perto da encosta, essa vegetação configurasse como uma transição entre a mata úmida e a caatinga, apresentando mistura de espécies tanto de porte arbóreo, arbustivo e da mata ciliar que acompanha o alto curso do rio. Já no médio e baixo curso do rio Salamanca, bem como em áreas com densidade de ocupação mais baixa, é característico a presença de uma Caatinga arbustiva aberta, solos expostos, mas com uma pequena cobertura de gramíneas.

3.3 Mudanças ocorridas na Bacia do rio Salamanca

Nesse momento cabe destacar algumas transformações que ocorreram no contexto da bacia do rio Salamanca, dando ênfase as fontes naturais presentes, a área do canal principal da bacia, e aos principais afluentes, sendo eles o riacho Seco e o riacho do Ouro.

Para o município de Barbalha, que abrange a área de cabeceira da bacia do rio Salamanca, há o registro de 34 fontes naturais, surgindo na encosta, no Sistema Aquífero Superior (contato da Fm. Exu e Fm. Arajara e Fm. Santana) (COGERH, 2005). A alimentação do aquífero é proveniente unicamente por infiltração direta das águas da chuva, já que no topo da Chapada a drenagem é incipiente, predominando um escoamento difuso e desordenado.

Segundo o Relatório de Cadastro das Fontes realizado pela Companhia de Gestão dos Re-

cursos Hídricos (COGERH) e a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH) em 2005, uma das dificuldades em medir a vazão das fontes era devido à forma de captação que os vários usuários praticam, fazendo a inserção de canos nas cavidades. Segundo o relatório foram inventariadas em Barbalha 11 fontes, onde as descargas estimadas das fontes que passam a fazer parte da drenagem superficial é de 324,5 m³/h que são drenados para os cursos d'água no município de Barbalha. Os principais usos das fontes são: consumo doméstico, dessedentação de animais e irrigação (COGERH/ SRH, 2005).

Ao continuar a análise da bacia do rio Salamanca, nota-se as modificações realizadas pela ação humana. Quase todo o percurso do rio Salamanca encontra-se descaracterizado, a principal atividade é a retirada de sedimentos para a construção civil e o desmatamento da mata ciliar.

O Riacho Santana compõe a bacia do rio Salamanca, sendo a junção de pequenos riachos que nascem na chapada do Araripe, no seu alto e médio curso, apresentam água que ressurgem das fontes, que também não chegam até o baixo curso, no médio para o baixo curso os usos predominantes desse riacho são a retirada de sedimentos (construção civil), agricultura (plantação de banana) e para as culturas cíclicas como feijão e milho.

O riacho do Ouro, a princípio foi considerado uma barreira geográfica para a expansão da malha urbana de Barbalha, superada com o aprimoramento das técnicas e devido a necessidade de expansão da cidade. O riacho nasce no sopé da chapada do Araripe, direção do distrito do Caldas, no seu alto e médio curso percorre áreas rurais, onde são desenvolvidas atividades de agricultura, as águas das fontes que alimentam esse riacho são utilizadas pela população de pequenos sítios para abastecimento doméstico. Segundo registros informais, o riacho do Ouro teve seu baixo curso canalizado na década de 1990, com o objetivo de diminuir os casos de enchentes na cidade de Barbalha. Atualmente o riacho do Ouro recebe boa parte das águas servidas de esgoto da cidade (Figura 04).

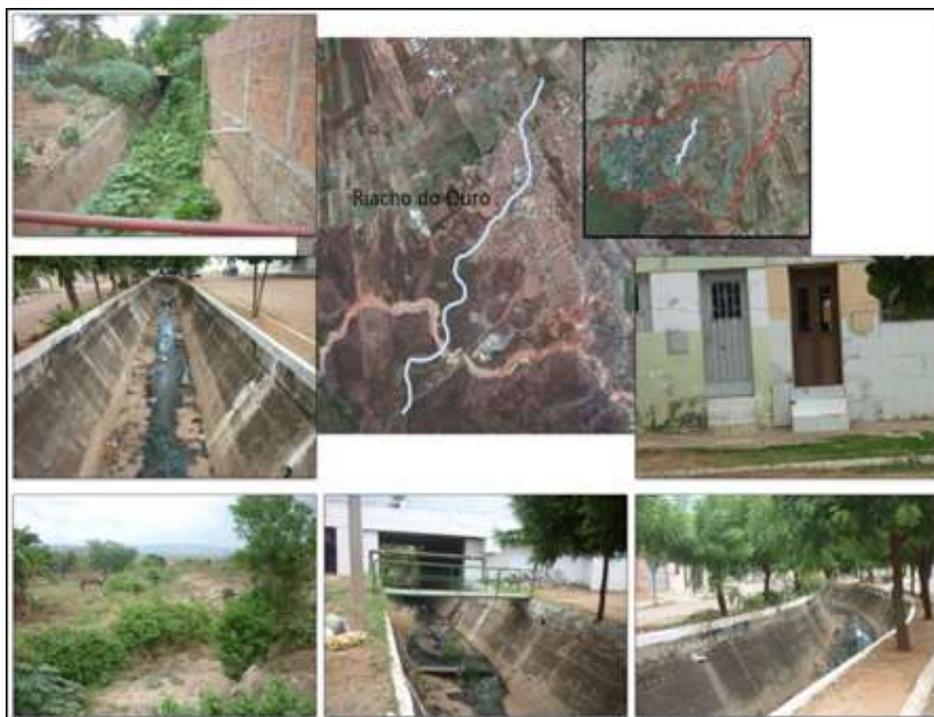


Figura 04: Riacho do Ouro, transformações na paisagem da bacia do rio Salamanca. Fonte: Autoria Própria.

O riacho Seco é um pequeno tributário do riacho do Batoque, ele ganha grande destaque por ter suas margens densamente ocupadas, o seu percurso foi completamente modificado, recebe águas servidas de esgoto. O riacho Seco percorre vários bairros em Barbalha que sofrem quando há eventos pluviométricos extremos (Figura 05).

A Planície fluvial do rio Salamanca, desde a colonização vem sendo ocupada por diversas formas de usos. Devido às condições de umidade presente na área, diferente do domínio semiárido que a circunda, a ocupação da planície fluvial apresentou características diferentes, ou seja, além do gado, também a plantação de cana-de-açúcar e outras culturas. Atualmente a planície fluvial da bacia do rio Salamanca, mostra-se heterogênea, por causa dos seus diversos usos que são: retirada de sedimentos (principalmente para a construção civil), agricultura (banana, algodão, milho, cana-de-açúcar entre outras).

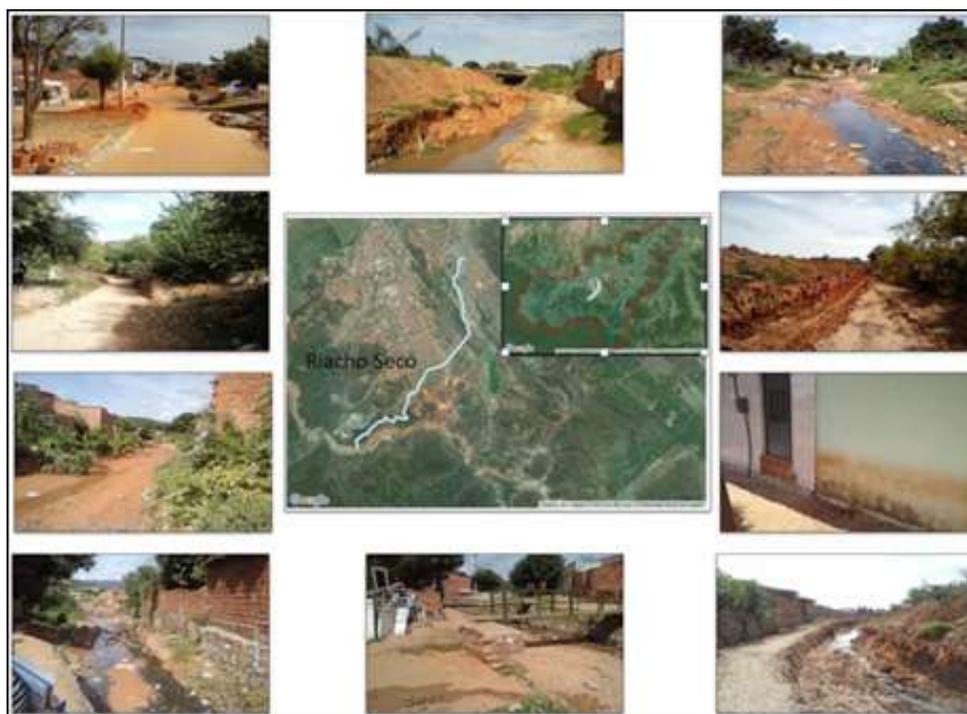


Figura 05: Riacho Seco, transformações na paisagem da bacia do rio Salamanca. Fonte: Autoria Própria.

O Canal da Integração abrange parte da bacia do rio Salamanca em Barbalha-Ceará, sendo possível visualizar o trecho na Figura 6. Este canal da integração faz parte do projeto de transposição do rio São Francisco, o Ceará destaca-se nessa transposição com o projeto do CAC (Cinturão das Águas do Ceará) e entre as localidades atingidas e/ou beneficiadas está à região do Cariri cearense.



Figura 06: Canal da integração no contexto da bacia do rio Salamanca. Fonte: Autoria Própria.

4. Considerações Finais

As transformações ocorreram no decorrer da ocupação da bacia do rio Salamanca, inicialmente a bacia era coberta por um conjunto vegetacional variado, desde de floresta densa, a floresta menos densa, mata ciliar, caatinga, atualmente encontra-se essa variedade, porém houve uma diminuição significativa nesse potencial. Pode-se afirmar que, no princípio de sua ocupação pelos colonizadores, as transformações instituídas por estes não passavam de pequenas plantações e uma pecuária em pequenas proporções.

Com a consolidação de Barbalha como cidade, começou de forma lenta o seu desenvolvimento, na década de 1980, começa a transformação da paisagem do espaço que viria a ser urbanizado, o desmatamento se intensifica, implantação de indústrias para explorar os recursos existentes no município. Essas indústrias contribuíram significativamente para a estruturação da cidade de Barbalha e para a atração de população.

Sendo assim, começam a surgir novos bairros, novos loteamentos e novos conjuntos habitacionais na paisagem urbanizada, muitos destes construídos por meio de parcerias firmadas entre a Prefeitura Municipal e outras instituições como a Caixa Econômica Federal, como já salientado.

Essa transformação da paisagem urbana intensificou-se ao longo das décadas de 1980, 1990, 2000 e tomou novas formas em 2014. Na década de 1980, com a intensificação da migração campo-cidade, a cidade de Barbalha expandiu-se e ocupando novas áreas como a margem do riacho seco, que a partir de 2000 apresenta-se como área de risco a inundação na cidade de Barbalha.

As transformações na paisagem ocorreram em toda a bacia do rio Salamanca, não só na ampliação da área urbana da cidade que está localizada na planície fluvial da bacia, no alto curso e no baixo curso as transformações são visíveis como ocorre nas fontes do rio Salamanca.

5. Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de mestrado concedidas para o primeiro e segundo autores, respectivamente. E a professora Doutora Claudia Maria Magalhães Grangeiro (in memorian).

Referências

ARAÚJO, R. S. Análise histórica do processo de expansão urbana das cidades de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, UFC – *campus* Cariri, 2013.

BARBALHA, Governo do Estado do Ceará. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Barbalha**, 2000.

COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos). **Plano de monitoramento e gestão dos aquíferos da Bacia do Araripe, estado do Ceará**. Fortaleza-CE, outubro de 2005, 272 p.

MMA/FUNDETEC/URCA. Projeto Araripe. Crato, 1999

MACHADO, G. Transformações na Paisagem da Bacia do Rio Marrecas (SW/PR) e Perspectivas de Desenvolvimento Territorial (Tese de Doutorado), Programa de Pós Graduação em Geografia, FCT/UNESP: Presidente Prudente, 2009.

PASSOS, M. M. dos. **Biogeografia e Paisagem**. Maringá: Editora da UEM, 2003.

SANTOS, Milton. *Metamorfoses do Espaço Habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia*. Em colaboração com Denise Elias. – 6. ed. 1 reimp. – São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, [1988]/2012.

SILVA, J. F. Gênese Urbana: a formação da cidade de Barbalha no contexto regional. Especialização em Análise Ambiental Urbana – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza – 1992.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja**: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/ CE. (Tese de doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRJ, 2012, p. 281

PIANCÓ, A. R. A Constituição de Bairros Periféricos em Barbalha–CE. Mestrado em Geografia: Regionalização e Análise Regional. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE 1998.

APLICAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS EM UM SEGMENTO DO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI-CE: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ENTENDIMENTO DOS PROCESSOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS

P.H.B. DE QUEIROZ
M. C. L. SALES
A. B. CRISPIM

Resumo

O recorte espacial de análise trata-se de um trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, inserido entre as coordenadas geográficas UTM 513283/9547103 e 543283/9523103, abrangendo aproximadamente 247,6km² e inserida maior parte nos municípios de Redenção e Acarape. Visando compreender melhor a dinâmica hidrogeomorfológica local, foi realizada a análise morfométrica, que fornece importantes indicadores para a compreensão dos recursos hídricos que serão utilizados para a viabilização de um desenvolvimento sustentável a partir das potencialidades dos recursos naturais existentes na bacia hidrográfica do rio Pacoti. Foram determinados os seguintes parâmetros: hierarquia fluvial, coeficiente de manutenção (Cm), extensão do percurso superficial (Eps), densidade de drenagem (Dd), densidade de rios (Dh), índice de circularidade (Ic), coeficiente de compactidade (Kc) e o índice de sinuosidade (Is). Obteve-se um coeficiente de manutenção de 1785m²/m; uma extensão do percurso superficial em torno 892,8m; uma densidade de drenagem de 0,56km/km²; densidade hidrográfica de 0,21 rios/km², índice de circularidade de 0,43; coeficiente de compactidade de 1,50 e índice de sinuosidade de 1,18. De modo geral, observa-se uma significativa predisposição a erosão, baixa densidade de drenagem, baixa tendência à formação de canais e baixa susceptibilidade da bacia a enchentes.

Palavras-chave: rios; parâmetros físicos; evolução da drenagem.

Abstract

The spatial area analysis this is a middle section of the course basin of the river Pacoti inserted between the geographic coordinates UTM 513283/9547103 and 543283/9523103, covering approximately 247,6km² and inserted most of the municipalities of Redenção and Acarape. To better understand the local dynamics hydromorphological, morphometric analysis was performed, which provides important indicators for the understanding of water resources to be used for achieving a sustainable development from the potential of the natural resources in the basin of river Pacoti. Were determined the following parameters: hierarchy fluvial, maintenance coefficient (Cm), superficial route extension (Eps), drainage density (Dd), density of rivers (Dh), roundness index (Ic), coefficient of compactness (Kc) and sinuosity index (Is). Obtained a maintenance coefficient 1785m² / m; an extension of the surface path about 892,8m; a drainage density 0,56km / km²; river density of 0.21 rivers / km², roundness index of 0.43; compactness coefficient of 1.50 and sinuosity index of 1.18. In general it is observed a significant susceptibility to erosion, low drainage density, low tendency of the channels and low susceptibility to flooding basin.

Key-words: rivers; physical parameters; trends drainage.

1. Introdução

Os estudos morfométricos permitem o entendimento da dinâmica da paisagem contribuindo para o desenvolvimento de avaliações e interpretações das condições ambientais, tornando-se de grande relevância no âmbito da Geomorfologia Fluvial. Assim, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é uma das principais formas de se avaliar quantitativamente a interação entre processos e condicionantes geomorfológico, pois permite caracterizar os aspectos geométricos e de composição das bacias, estabelecendo indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e à composição integrativa entre os elementos (CHEREM, 2008).

Para Chorley e Hagget (1974), os modelos morfométricos em hidrologia buscam estabelecer interações dos eventos hidrológicos e a geometria das bacias de drenagem (morfometria), de modo que, as características da rede de drenagem podem ser racionalizadas com base na teoria do escoamento/infiltração, possibilitando controlar o padrão de escoamento das precipitações sobre as bacias e auxiliando na racionalização de eventos hidrológicos extremos.

O trabalho intitulado “Aplicação de parâmetros morfométricos em um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti”, é resultado das atividades do Programa de Pós-graduação em Geografia - Mestrado, da Universidade Federal do Ceará- UFC. Este trabalho tem como finalidade efetuar a caracterização morfométrica de um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, atentando para a dinâmica dos processos hidromorfológicos, que por sua vez, mantêm relação direta com as condições de uso, relevando, portanto, o estado ambiental da bacia.

O rio Pacoti tem um curso longitudinal de cerca de 112,5 Km com uma área aproximada de 1.257 km² estando suas nascentes localizadas, na vertente setentrional do Maciço de Baturité, em nível altimétrico entre 700m e 900m, abrangendo os municípios de Pacoti e Guaramiranga, na Latitude de S 4° 12' e Longitude de W 38° 54' e sua foz localiza-se no município de Aquiraz na faixa costeira delimitada pelas coordenadas geográficas S 3° 49' 05" e W 38° 23' 28". O rio banha os municípios de Pacoti, Redenção, Acarape, Pacajus, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Fortaleza, Eusébio e Aquiraz.

O recorte espacial de análise desta pesquisa trata-se de um trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, abrangendo aproximadamente 247,6km² e inserida maior parte nos municípios de Redenção e Acarape, conforme a figura 01.



Figura 01: Localização da área de estudo

Figura 1- Localização geográfica da área de estudo. Fonte: Queiroz, 2010

Optou-se por estudar apenas um trecho do médio curso, pela necessidade de investigar de forma mais específica os processos hidrogeomorfológicos no setor, pois entende-se que uma bacia hidrográfica quando subdividida em hierarquias menores, se constitui em unidade fundamental de trabalho, justamente por apresentar uma área menor, mais fácil de ser monitorada.

Geologicamente, esse setor da bacia é formado pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Ceará, Granitóides Diversos, e Depósitos Aluviais. Do ponto de vista geomorfológico, esse setor da bacia abrange os Sertões Periféricos do Maciço de Baturité, marcado pela alternância de relevo plano e suave em alguns setores (200 m) a trechos onde o relevo é ondulado, com altitude em torno de 600m. Nesses locais, a topografia exhibe feições dissecadas e com algumas características semelhantes às feições morfológicas do ambiente serrano.

As condições climáticas subúmidas favorecem a intensificação das condições de dissecação do relevo. Nas formas aguçadas, com relevo de topo contínuo e aguçado separados geralmente por vales em "V", a dissecação varia de muito fraca (< 250 m) a muito forte (>750 < 1750m). Já nas formas convexas, onde o relevo de topo é convexo, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento da drenagem, separado por vales em "V" e eventualmente por vales de fundo plano, a dissecação é fraca (<250m).

A caracterização climática para este setor da bacia refere-se aos dados de temperatura e precipitação dos municípios de Redenção e Acarape, que se encontram inseridos neste setor da bacia. Os valores anuais de pluviosidade para Redenção oscilam entre 344,5 mm/ano (1993) e 1902,1 mm/ano (2001), já para Acarape oscilam entre 365,6 mm/ano (1993) e 1767,2 mm/ano (1994), resultando numa média total de 1164 mm para Redenção e 1039,4 mm para Acarape. No que se refere às temperaturas médias mensais, o município de Redenção registrou mínima de 24,7° C em julho e a máxima de 26,4°C em dezembro e janeiro, resultando numa média anual de 25,6°C. Já no município de Acarape, a mínima foi de 26,1°C em julho e a máxima de 27,7°C em dezembro e janeiro, resultando numa média anual de 27,0°C (FUNCEME, 2008).

De acordo com o levantamento realizado pela EMPBRAPA (1999), a pedologia da área é formada pelas seguintes classes de solos: argissolos vermelho amarelo eutrófico (193,4 km²) e distrófico (12,4 km²), luvisolos (25,6 km²) e neossolos fluviócos (12,82 km²).

2. Metodologia

Para uma caracterização mais detalhada do ponto de vista quantitativo e objetivando uma maior compreensão dos fatores e processos que ocorrem neste trecho da bacia hidrográfica do rio Pacoti, optou-se por realizar a análise morfométrica através de alguns parâmetros, estudados inicialmente por autores como: Horton (1945), Stralher (1952), Miller (1953), Wisler e Brater (1964), citados mais tarde por autores brasileiros como Christofolletti (1969) e Rocha (1997).

Para hierarquização dos canais fluviais foi utilizada a proposta de Stralher (1952), onde os segmentos de canais formadores, sem tributários, são denominados de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais

de segunda ordem que só recebem afluentes de ordem inferior. Da confluência de dois segmentos de canais de segunda ordem surgem os segmentos de terceira ordem que recebem afluentes de ordens inferiores. Para determinar o comprimento médio dos segmentos hídricos em cada uma das ordens foi utilizada a proposta de Horton (1945). Na equação, $L_m = L_u/N_u$, L_m representa o comprimento médio dos canais, L_u o comprimento dos canais em cada ordem, N_u o número de canais de cada ordem.

A relação de bifurcação representa a relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total de segmentos da ordem imediatamente superior. Estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o índice de bifurcação maior

será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de dois, indica relevo colinoso. Para determinar a relação de bifurcação foi utilizada a equação $Rb = Nu / Nu + 1$, onde Rb é a relação de bifurcação, Nu o número de segmentos de determinada ordem e $Nu + 1$ é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Na figura 2 têm-se um exemplo de aplicação da relação de bifurcação, de modo que, na figura (2A) a relação de bifurcação é de 2,25, ao passo que, na figura (2B) é de 12. Para se calcular tal propriedade morfométrica dividiu-se o número de canais de uma ordem com o da ordem imediatamente superior. Então, para a figura (2A) temos 9 canais de (primeira ordem) / 4 (segunda ordem) = 2,25; ao passo que, na figura (2B) temos 12 canais de (primeira ordem) / 1 (segunda ordem) = 12 (SUMMERFIELD, 1991).

A densidade hidrográfica relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica. Assim, expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos d'água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área (HORTON, 1945; STRALHER, 1952). Vale ressaltar que a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem referem-se a aspectos diferentes da textura topográfica. Na equação $D = N / A$, n é o número de canais e A é a área total da bacia. Lollo (1995) propõe uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores: $D_h < 3$ (baixa), D_h entre 3 e 7 (média), D_h entre 7 e 15 (alta), $D_h > 15$ (muito alta).

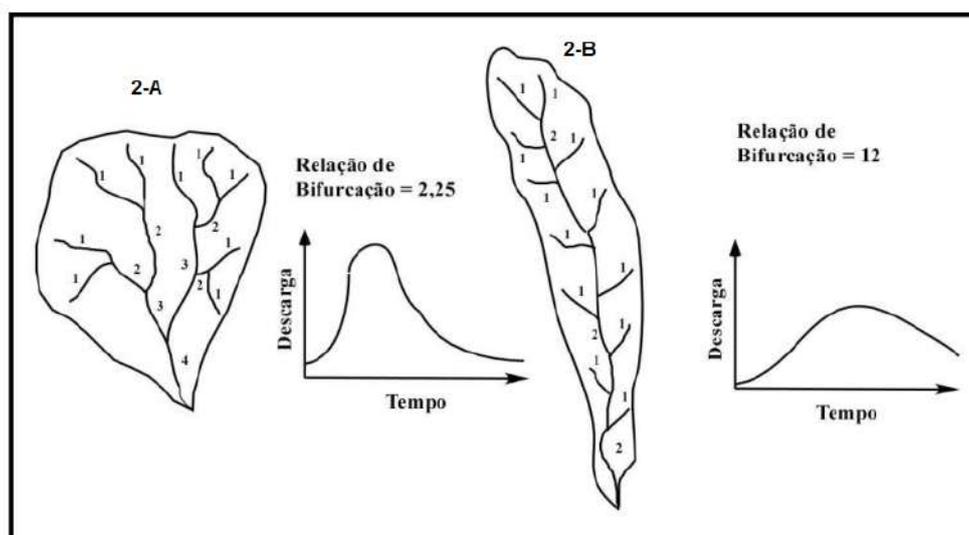


Figura 2- Exemplificação do cálculo da relação de bifurcação (Rb). Fonte: Summerfield (1991).

A densidade de drenagem tem relação direta com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópico. Em outras palavras, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas, imprimindo a capacidade de infiltração e de formação de canais superficiais. Assim, nas rochas mais impermeáveis, as condições para o escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. Estudos realizados por Vilela e Matos (1975), demonstram que este índice pode variar de 0.5 km/km^2 , para bacias com drenagem pobre, a 3.5 km/km^2 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas. Quanto maior for este índice, maior capacidade tem a bacia de escoar suas enchentes.

Na equação $D=C/A$, C é o comprimento total dos canais e A é a área total da bacia. Desse modo, exemplificando, uma bacia que apresente um comprimento total de canais de aproxima-

damente 233,7km e uma área de 128,08km², terá como densidade de drenagem um valor de 1,82 km/km², que de acordo com a classificação de Vilela e Matos (1975) pode ser classificada como uma bacia com baixa densidade de drenagem. Em contrapartida, uma bacia cujo comprimento total dos canais é 233,7km e a área de 64,2 km², obtêm-se uma densidade de drenagem de aproximadamente 3,64km/km², considerada, portanto elevada.

A extensão do percurso superficial (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente (HORTON, 1945). O resultado

obtido também serve para caracterizar a textura topográfica, sendo calculada através da equação $Eps = 1 / 2 \times Dd$, onde Eps é a extensão do percurso superficial e Dd é a densidade de drenagem.

O coeficiente de manutenção fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (SCHUMM, 1956). Este índice é um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, limitando a área mínima necessária para o desenvolvimento de um canal (LANA et al., 2001) Na equação $Cm = 1 / Dd \times 1000$, Dd é a densidade de drenagem.

A forma da bacia influencia diretamente o tempo de concentração, isto é o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação (ROMANOVSKI, 2001). Assim, a interpretação visual da geometria de bacias hidrográficas é muito subjetiva. Nesse sentido, foram elaborados uma série de parâmetros morfométricos com propostas de processos diferentes para a caracterização da forma de uma bacia hidrográfica, por meios quantitativos, dentre eles: o fator de forma (Ff), o índice de circularidade (Ic), e o coeficiente de compacidade (Kc). Na figura 3, têm-se as principais formas geométricas que as bacias hidrográficas podem assumir.

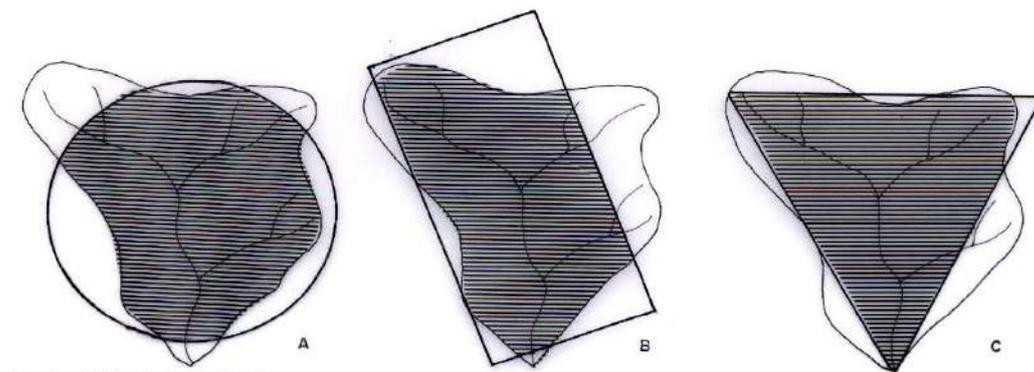


Figura 3 -Geometria de bacias hidrográficas- A mensuração da forma de bacias hidrográficas conforme o procedimento estabelecido por D.R. Lee e T. Salle. No exemplo acima, o valor do índice para o círculo (A) é de 0,313; de 0,367 para o retângulo(B) e de 0,22 para o triângulo (C). Fonte: Christofletti, 1980.

O índice de circularidade representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia, que, na expansão areal, melhor se relaciona com o escoamento fluvial (MILLER, 1953; CHRISTOFOLETTI, 1980). Na equação $Ic = 12,57 \cdot A / P^2$, A é a área total da bacia e P é a área do círculo de perímetro igual ao da área total da bacia.

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, de modo que, o menor valor possível de ser encontrado é 1,000, o que corresponderia a uma bacia circular (GANDOLFI, 1971). Conforme Silva e Mello (2008), pode-se classificar as bacias hidrográficas em função do valor de Kc da seguinte forma: $1,00 \leq Kc < 1,25$ - bacia com alta propensão a grandes enchentes; $1,25 \leq Kc < 1,50$ - bacia com tendência mediana a grandes enchentes; $Kc \geq 1,50$ - bacia não sujeita a grandes enchentes. Na equação $Kc = P / \sqrt{A} \times 0,28$, Kc é o coeficiente de compacidade,

P é o perímetro (m) e A refere-se área de drenagem (m²).

O índice de sinuosidade associa o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal. Na equação $I_s = L / dv$, L é o comprimento do canal principal e dv é a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal.

Para determinar todos os parâmetros morfométricos foi utilizada a base cartográfica da bacia hidrográfica do rio Pacoti, adaptada da SEMACE, referente ao ano de 2009; bem como as ferramentas do software ArcGIS 10.1.

3. Resultados e discussões

A bacia, no trecho de estudo, apresenta uma área em torno de 247,6 km², e um perímetro de 84,13 km. O comprimento verdadeiro (projeção ortogonal) do rio principal é da ordem de 38,21 km, e a distância vetorial que representa o comprimento em linha reta entre os dois pontos extremos do canal é da ordem de 25,55 km. Foram contabilizados um total de 54 canais com um comprimento total de 140 km de extensão. Desses 54 canais, 42 segmentos são de primeira ordem, 9 de segunda, 2 de terceira e 1 de quarta ordem. Esses valores indicam um elevado controle estrutural nas nascentes do rio, comandando a formação de cursos fluviais

Os segmentos de primeira ordem possuem um comprimento total de 81,7 km, os de segunda 26,5 km, os de terceira 19,5 km, e o de quarta ordem 12,3 km. Obteve-se que os canais de primeira ordem têm comprimento médio em torno de 1,94 km, os de segunda ordem 2,94 km, os de terceira 9,75 km e o de quarta ordem 12,3 km. No que se refere aos índices de bifurcação foram encontrados os seguintes valores: 4,66 para os canais de segunda ordem, 4,50 para os canais de terceira ordem e 2,0 para os canais de quarta ordem. Esses valores de bifurcação indicam que nas áreas de nascentes o relevo é bastante dissecado.

Em seguida, foi calculado o Coeficiente de Manutenção, que indica a área mínima necessária para existir um metro de canal de escoamento, ou seja, indica a capacidade de manter cursos perenes. Para a área o valor do coeficiente de manutenção encontrado é de 1.785 m²/m. Cabe ressaltar que este valor é elevado indicando que a bacia, no trecho, não é rica em cursos d'água. O coeficiente de manutenção encontrado predomina nas áreas onde o relevo é mais plano, diminuindo gradativamente na medida em que o relevo se torna mais ondulado. Este comportamento pode ser explicado quando da ocorrência de chuvas de grandes intensidades nas áreas planas, quando o escoamento superficial tende a se concentrar, formando fluxos preferenciais e gerando, desta forma, os canais que compõem a rede de drenagem. No relevo mais acidentado o escoamento superficial tende a seguir a declividade natural do terreno escavando o solo nos pontos de menor resistência ao cisalhamento, proporcionando uma concentração maior de canais naturais e, por sua vez, a maior densidade de drenagem.

Um terceiro índice analisado refere-se à Extensão do Percurso Superficial, (Eps) que para a área é de 892,8 indicando o comprimento do caminho percorrido pelas águas pluviais antes de se estabilizarem ao longo de um canal. Para Rocha (1997), em termos ambientais, a determinação deste parâmetro é de fundamental importância, podendo ser relacionado ao indicativo de erosão. O valor encontrado é elevado para a área em estudo é elevado, indicando uma predisposição à erosão (QUEIROZ, 2010).

A partir dos valores do coeficiente de manutenção e extensão do percurso superficial, é possível enfatizar que a vegetação formada por matas úmidas e matas secas ajuda a proteger as vertentes contra os processos erosivos. Entretanto a remoção desta cobertura vegetal sem técnicas adequadas expõe os solos e os materiais inconsolidados, naturalmente susceptíveis a erosão, diretamente à ação das chuvas. Tal efeito provoca um aumento no escoamento superficial e sub-

-superficial favorecendo uma dinâmica intensa nas vertentes, principalmente em áreas de alta declividade, que pode conduzir a processos de erosão laminar e concentrada.

Outro aspecto avaliado diz respeito à densidade de drenagem, que na área é de 0,56 km/km², considerado regular dentro da classificação de Villela e Mattos (1975). No entanto, deve-se considerar como uma baixa drenagem se comparados a outras áreas. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis, o que não justifica, portanto, o valor encontrado para a área ($Dd = 0,56 \text{ km/km}^2$), tendo em vista a geologia local está representado por rochas do complexo cristalino, altamente impermeáveis. Na área em estudo essa baixa densidade de drenagem está associada, sobretudo, aos depósitos de sedimentos colúvio-eluviais de idade quaternária, com granulometria variada, originados pela alteração do material das partes altas e transportados predominantemente pela gravidade, ou originados pelas alterações da rocha "in situ".

Ainda foi analisada a densidade de rios (Dr) que, assim como a densidade de drenagem tende a refletir os processos de controle no desenvolvimento da rede hidrográfica, sejam eles naturais ou artificiais. A relação entre o número total de rios e a área de uma bacia hidrográfica revela densidade de rios que expressa, em seu resultado a frequência (ou quantidade) com que os cursos d'água aparecem em uma área padrão.

Para a área foi constatado uma baixa densidade hidrográfica em torno de 0,21 rios/km², indicando uma baixa tendência à formação de canais. Quando o valor de (Dd) é superior ao (Dr), reflete um acentuado controle estrutural, o que reflete num menor número de canais, no entanto, com comprimentos mais elevados.

Foram avaliados ainda, o Índice de Circularidade (Ic) e o Coeficiente de Compacidade (Kc) da área de estudo. De acordo com os resultados obtidos $Kc = 1,50$ e $Ic = 0,43$, pode-se afirmar que esse trecho da bacia hidrográfica do rio Pacoti mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação (ou seja, excluindo-

se eventos de intensidades anormais) pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor acima da unidade e o índice de circularidade ser menor que 0,51. Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência de forma alongada.

Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. Já um índice de circularidade igual a 0,51 representa um nível moderado de escoamento; maior que 0,51 indica que essa bacia tende a circular; menor que 0,51 a bacia tende a ser mais alongada, o que favorece um maior escoamento.

Por fim, o índice de sinuosidade encontrado para a área foi de 1,18 (adimensional). Este valor informa que o canal principal da bacia tende a ser transicional, ora sinuoso, ora retilíneo. De acordo com Schumm (1963), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já valores superiores a 2,0, indicam que o canal tende a ser tortuoso e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares em alguns trechos e irregulares em outros. Para Guerra e Cunha (1996), as diferentes sinuosidades dos canais são determinadas muito mais pelo tipo de carga detrítica do que pela descarga fluvial. A tabela 1 sintetiza os resultados dos parâmetros morfométricos aplicados neste setor da bacia:

Tabela 1- Síntese dos parâmetros morfométricos aplicados na área de estudo

Parâmetros morfométricos		Valores obtidos			Interpretação
Área		247,6km ²			representa a área delimitada neste setor do médio curso da bacia.
Comprimento Verdadeiro		38,21km			projeção ortogonal do canal
Distância Vetorial		25,55 km			distância em linha reta do canal
Hierarquização Fluvial	Ordem dos Canais	Total	Comp. Total (Km)	Comp. Médio (Km)	esses valores indicam um elevado controle estrutural nas nascentes do rio, comandando a formação de cursos fluviais.
	1ª ordem	42	81,7	1,94	
	2ª ordem	9	26,5	2,94	
	3ª ordem	2	19,5	9,75	
	4ª ordem	1	12,3	12,3	
Índice de Bifurcação	Ordem dos canais	Rb			esses valores de bifurcação indicam que nas áreas de nascentes o relevo é bastante dissecado.
	2ª ordem	4,66			
	3ª ordem	4,50			
4ª ordem		2,00			
Coeficiente de Manutenção		1785m ² /m			o valor é elevado indicando que a bacia, no trecho, não é rica em cursos d'água
Extensão do Percorso Superficial		892,8m			o valor encontrado é elevado e indica uma predisposição à erosão.
Densidade de Drenagem		0,56km/km ²			baixa densidade de drenagem
Densidade Hidrográfica		0,21 nos/km ²			baixa densidade hidrográfica, indicando uma baixa tendência à formação de canais.
Índice de Circularidade		0,43			o trecho da bacia hidrográfica do rio Pacoti mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação
Coeficiente de Compacidade		1,50			
Índice de Sinuosidade		1,18			o canal principal da bacia tende a ser transicional, ora sinuoso, ora retilíneo

Fonte: Queiroz, 2010

4. Considerações Finais

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é de fundamental importância nos estudos ambientais, pois descreve as características sobre o sistema fluvial e a modelagem do relevo identificando as possíveis alterações antrópicas provocadas dentro desse sistema, bem como na tentativa de compreensão da dinâmica fluvial.

A aplicação de parâmetros morfométricos em um trecho do médio Pacoti, resultou em um conjunto de dados consistentes que permitiram avaliar o comportamento hidrogeomorfológico da bacia neste setor, e que podem ser utilizados na tomadas de decisões no que concernem as políticas públicas voltadas ao planejamento ambiental da área, pois permitiu estabelecer correlações dos dados obtidos com os diferentes elementos da paisagem, dentre eles a pedologia, o

relevo, a rede hidrográfica e os processos ambientais de modo geral.

A bacia no setor apresenta uma baixa densidade de drenagem ($0,56\text{km}/\text{km}^2$) e baixa densidade hidrográfica ($0,21\text{rios}/\text{km}^2$), elevado coeficiente de manutenção ($1785\text{m}^2/\text{m}$) e elevada extensão do percurso superficial ($892,8\text{m}$), o que evidencia a necessidade de um manejo adequado da área em termos de cobertura vegetal e relevo para não comprometer as nascentes dos cursos fluviais. O índice de circularidade ($0,43$) e o coeficiente de compacidade ($1,50$) indicam que em condições normais de precipitação esse setor da bacia não é propício a enchentes.

Referencias

CHEREM, L.F.S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas**: comparação de metodologias e dados. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CHORLEY, R. J., HAGGET, P. **Modelos Integrados em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1974, 222 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das Bacias Hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v.9, n18, p. 35-64, 1969.

_____ **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1980. 150p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Base de Dados. Disponível em: acesso em: 18 nov. 2009.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Base de dados pluviométricos. Fortaleza: FUNCEME. Disponível em <www.funceme.br>. Acesso em 15 de outubro de 2008.

GANDOLFI, P. A. **Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Moji Guaçu, do Ribeira e do Peixe**. 1971. 150p. Tese (Geologia e Mecânica dos Solos) – Universidade de São Paulo SP, São Carlos, SP. 1971.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. America Bulletin**. [s.l.: s.n.], 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P.T.A. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Tanque, MG-BRASIL**. REM. Ouro Preto – MG, 2001.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MILLER, V.C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area. **Technical Report**. [s.l.: s.n.], 1953.

QUEIROZ, P.H.B. **Planejamento Ambiental aplicado em um setor do médio curso do rio Pacoti – Ceará**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2010. (Dissertação de Mestrado).

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria:Imprensa Universitária,1997.423p.

ROMANOVSKI, Z. **Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo**. 2001. 99f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. Bulletin of Geological Society of America, n.67,1956.

_____. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Bulletin of Geological Society of America**. v. 74 , n. 9, 1963.

SILVA, A.M.; MELLO,C.R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras, 2008.

STRAHLER, A.N. **Physical Geogafhy**. New York, Wiley, 1952.

SUMMERFIELD, M.A. **Global Geomorphology: An introduction to the study of landforms**. New York, Longman Scientific & Technical, 537p., 1991.

SEMACE, Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Base Cartográfica. Acesso em 20 ago. 2008.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, ed. Mcgraw- Hill do Brasil,1975

WISLER, C. O. BRATER, E. F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro, 1964

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO UNA, IBIÚNA, SP

ELFANY REIS DO NASCIMENTO LOPES
JOSÉ CARLOS DE SOUZA
JOCY ANA PAIXÃO DE SOUSA
JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO
ROBERTO WAGNER LOURENÇO

Resumo

O estudo objetivou realizar uma análise morfométrica utilizando técnicas de geoprocessamento em SIG, visando subsidiar o planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo. A avaliação dos parâmetros morfométricos foi determinada a partir de rotinas de geoprocessamento por meio dos módulos Hidrology e Integrated Water Management, nos softwares Arcgis 10.3 e Idrisi Selva, respectivamente, tomando-se como base de dados o limite da Bacia Hidrográfica, as curvas de nível e os pontos cotados, derivados da carta topográfica do município de Ibiúna em escala de 1:10.000. Posteriormente, a base de dados foi utilizada para elaboração do modelo digital do terreno através do TIN e da sua conversão para o formato matricial. Neste estudo, evidenciou-se que a Bacia do rio Una se estende por 96km² com forma irregular e alongada, não sujeita a ocorrência de enchentes, sendo permitida a utilização de seu território para uma grande diversidade de atividades, desde que o planejamento do uso e da conservação dos recursos naturais seja realizado eficientemente. A rede de drenagem apresentou cinco ordens, com boa ramificação e capacidade de escoamento superficial, mas baixa capacidade de densidade de drenagem, reforçando medidas de conservação e monitoramento do uso dos cursos d'água. A avaliação morfométrica da Bacia do rio Una apresenta destaque para subsidiar o planejamento ambiental e territorial no âmbito do planejamento da área, sendo o geoprocessamento e o SIG são ferramentas úteis para a análise da rede de drenagem.

Palavras-Chaves: Drenagem; Geoprocessamento; SIG; Recursos Hídricos.

Abstract

The study aimed to perform a morphometric analysis using geoprocessing techniques in GIS, in order to support the environmental planning of the Hydrographic Basin of the river Una, Ibiúna, São Paulo. The evaluation of the morphometric parameters were determined from geoprocessing routines in the Hydrology and Integrated Water Management modules in Arcgis software 10.3 and Idrisi Selva, respectively, using as database the Basin limit, the contour lines and quoted points, derived from topographic map of Ibiúna municipality in scale of 1: 10,000. Subsequently, the database was used for the preparation of digital terrain model by TIN and its conversion to raster format. In this study, it was shown that the River Basin Una stretches 96km² with irregular and elongated shape, not subjected to the occurrence of flooding, which allow the use of its territory to a wide range of activities, since planning of the use and conservation of natural resources is carried out efficiently. The drainage network had five orders, with good branching and ability to runoff, but low drainage density capacity, strengthening conservation measures and a control the use of water. The morphometric analysis of the river basin Una presented featured to support the environmental and territorial planning and the geoprocessing and GIS are useful tools for the analysis of the drainage network.

Keywords: Drainage; Geoprocessing; SIG; Water resources.

1. Introdução

As Bacias Hidrográficas constituem áreas fisiográficas drenadas por um curso d'água ou por um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, para um leito ou espelho d'água. São recortes espaciais ideais para estudos ambientais, pois além de apresentarem características sistêmicas que integram os fatores ecológicos, socioeconômicos e culturais, são consideradas como unidades de planejamento e gestão

territorial (RANDHIR e SHRIVER, 2009; BOTELHO, 2010; BOTELHO e SILVA, 2010; MALIK e BHAT, 2014).

No Brasil, as Bacias Hidrográficas como unidades de gerenciamento só foram definidas com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), em 1997, que buscou estabelecer parâmetros para a gestão eficiente das águas no país, considerando seus usos múltiplos, domínio público e o caráter limitado (BRASIL, 1997).

Os caminhos que orientaram as Bacias como unidade básica de planejamento tiveram grande influência do exemplo francês, além da implementação do Código das Águas (Decreto 24.643 de 11 de julho de 1934), da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e de uma série de estudos sobre estas áreas, que induziram o reconhecimento da sua importância na conservação de áreas de relevância hídrica (BRASIL, 1934; 1981; 1997).

Atualmente, as Bacias Hidrográficas são estudadas levando em consideração a sua drenagem, que, por conseguinte, são influenciados por parâmetros geológicos, geomorfológicos, pedológicos, químicos, vegetal e antrópicos da qual ela flui, conferindo a importância de investigar a sua estrutura e suas interações (MAGESH et al., 2013). Estas influências têm consagrado a Bacia Hidrográfica como unidade mais adequada para planejar o uso e a exploração dos recursos naturais, partindo da concepção que seus limites são estáveis, facilitando o acompanhamento das alterações no padrão do uso e da ocupação e que sua dinâmica reflete a relação entre o homem e a água.

Nesta perspectiva, a gestão e o planejamento de recursos hídricos compreendem uma etapa importante para promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das Bacias Hidrográficas e constitui um conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. O planejamento ambiental de Bacias Hidrográficas envolve dois aspectos fundamentais que norteiam a avaliação destas áreas, sendo eles: o tamanho da Bacia e o limite territorial.

O tamanho da Bacia Hidrográfica apresenta um destaque no momento do planejamento e nos resultados de parâmetros analisados, sendo as menores Bacias Hidrográficas, as áreas com maior facilidade para o gerenciamento técnico e estratégico, especialmente pela possibilidade de garantir a participação popular e individualizar os problemas principais, que se tornam mais centralizados ou limitados. Para Porto e Porto (2008) o tamanho ideal é aquele que incorpora toda a problemática de interesse, podendo ser a totalidade da Bacia ou suas Sub-Bacias, dependendo do problema a ser abordado.

Já o limite territorial se dá na razão da macrodivisão territorial do Brasil por meio da Resolução 32 de 15 de outubro de 2003, em doze regiões hidrográficas, caracterizadas por áreas compreendidas por uma Bacia, grupo de Bacias ou Sub-Bacias Hidrográficas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL, 2003). Assim, uma vez delimitada a Bacia, as características topográficas da sua drenagem devem ser avaliadas, a fim de contribuir com o conhecimento do comportamento do território na tomada de decisão local.

Como suporte para a análise ambiental de bacias hidrográficas, o geoprocessamento e o ambiente SIG se configuram como os principais caminhos para a análise de diversos dados temáticos,

justamente pela capacidade em reportar resultados confiáveis durante a avaliação territorial. Em se tratando de análise ambiental territorial, a análise morfométrica apresenta-se como destaque, por ser um estudo básico e necessário para descrever detalhadamente o sistema de drenagem e a sua influência no relevo (STRAHLER, 1964; MAGESH et al., 2013).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica foi iniciada por Horton (1945) através da definição de leis principais da composição da drenagem e se coloca como um dos primeiros procedimentos de análise ambiental, objetivando compreender a organização e estrutura dos sistemas de drenagem (HORTON, 1945; TEODORO et al., 2007). Assim, o tamanho, forma, altitude da área, densidade de drenagem, tamanho e comprimento dos tributários, podem ser correlacionados com os fenômenos hidrológicos que ocorrem nesses sistemas ambientais (MAGESH et al., 2012).

Nesse sentido, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica esta relacionado às suas características geomorfológicas, apresentando importante papel no ciclo hidrológico, na infiltração e quantidade de água produzida, na evapotranspiração, nos escoamentos superficial e subsuperficial, interferindo diretamente nas atividades que

ocorrem sobre a superfície terrestre (LIMA, 1976; TEODORO et al., 2007; TONELLO et al., 2006). Além disso, as características do sistema de drenagem são importantes informações para a execução de medidas de conservação da terra e água, permitindo orientar a adoção eficiente sobre o planejamento e desenvolvimento dos múltiplos usos da água e do solo em bacias hidrográficas (AHER et al., 2014).

Frente a estas questões, o presente estudo objetivou realizar uma avaliação do sistema morfométrico utilizando técnicas de geoprocessamento em SIG, visando subsidiar o planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Una encontra-se localizada no município de Ibiúna, a 63 km da capital do estado de São Paulo e compõe a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Sorocaba e Médio Tietê (UGHRI 10) (Figura 1).

A bacia possui uma extensão de 96,4 km², correspondente a 9% de todo o território de Ibiúna e abriga uma considerável área urbana da cidade com aproximadamente 9.000 domicílios e 30.000 residentes em seu interior (IBGE; 2010; 2016).

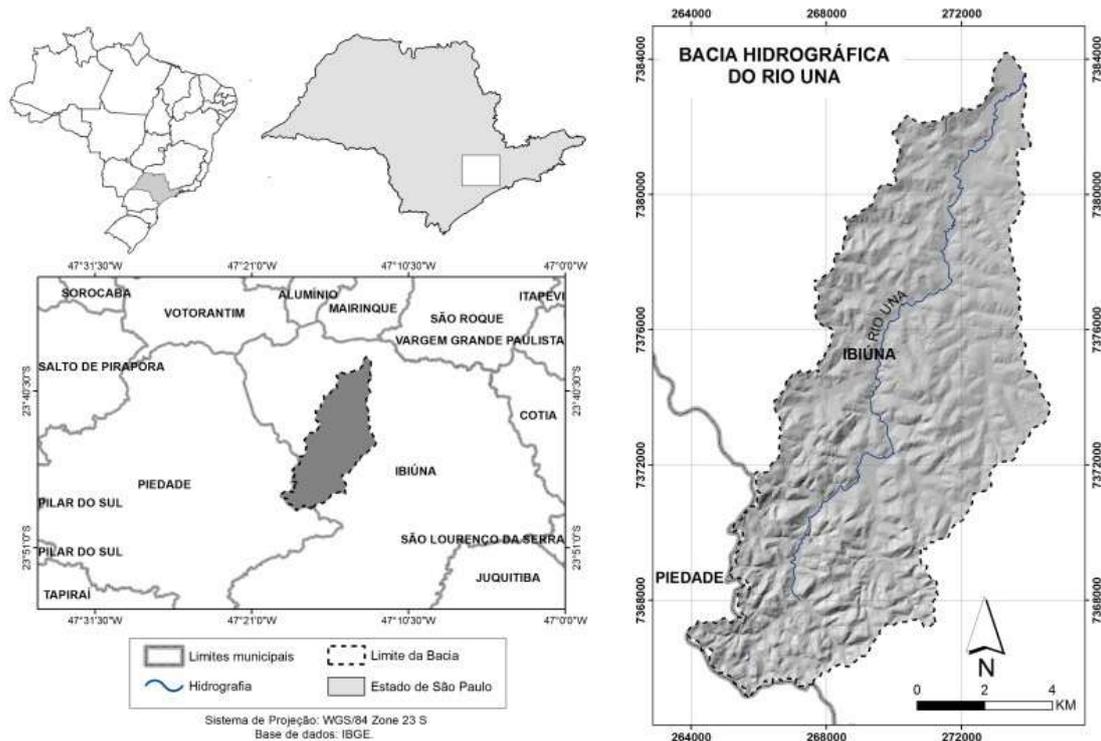


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo.

Inserida na região administrativa de Sorocaba, microrregião de Piedade e mesorregião Macro Metropolitana Paulista, a bacia encontra-se sobre um território de alto desenvolvimento econômico, com forte expressão da produção agrícola. Além disso, apresenta uma realidade de alta ocupação e fragmentação, com usos distintos e diferentes níveis de perturbação sobre os aspectos físicos, hídricos e bióticos. Soma-se a estas atividades a utilização da drenagem para a geração de energia elétrica, abastecimento público, irrigação, lazer e atividades industriais (ROSA et al., 2014).

A bacia é também, uma importante unidade territorial situada no bioma Mata Atlântica, área de relevante conservação nacional e apresenta em sua cabeceira a APA da Serra do Mar, APA de Corumbataí, Botucatu e Tejuapá, além de contribuir consideravelmente para o Reservatório de Ituparanga (SÃO PAULO, 2008).

2.2. Materiais

Para a realização dos procedimentos morfométricos utilizou-se os softwares de geoprocessamento e processamento de imagens ArcGis10.3 (ESRI, 2014) e o software Selva (EASTMAN, 2012). Foram utilizadas como base de dados, as curvas de nível e pontos cotados da área de estudo, com equidistância de 10 metros, extraídos e vetorizados a partir das Cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala de 1:10.000 do município de Ibiúna, São Paulo (IGC, 1979);

2.3 Caracterização morfométrica da bacia

Para a caracterização morfométrica da bacia do Una, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT), construído utilizando a base de dados de curva de nível e pontos cotados da área de estudo. Para obtenção do DEM procedeu-se a execução do método TIN (Triangular Irregular Ne-

networks), compreendido como uma estrutura vetorial com topologia do tipo nó-arco que representa a morfologia da superfície através das características do relevo e da drenagem por meio de um conjunto de faces triangulares interligadas, contendo coordenadas de localização (x, y) e um atributo z, correspondente ao valor de elevação (CÂMARA et al., 1999; AGGIDIS e BENZON, 2013; ESRI, 2014).

O procedimento de geração do TIN levou em consideração a interpolação entre as distâncias existentes nos pontos cotados e curvas de nível, através de rotinas de geoprocessamento no software ArcGis 10.3. Posteriormente, procedeu-se a conversão do TIN para o formato matricial e para corrigir possíveis erros originados durante a interpolação, realizou-se o preenchimento das depressões por meio de valores baseados em células de vizinhança utilizando o processamento Fill (ESRI, 2014).

De posse do MDT e do limite da bacia hidrográfica do rio Una, ambos em formato matricial, foi realizada a análise morfométrica inserindo-os nos módulos Hydrology no software ArcGis 10.3 e do Integrated Water Management no Idrisi Selva (CLARK LABS, 2012; ESRI, 2014). Ressalta-se que as vantagens da utilização destes módulos consistem

na inserção da base de dados, em que a resposta retornada consiste no resultado com os parâmetros morfométricos devidamente calculados, evitando a necessidade de procedimentos e rotinas complexas.

Os parâmetros morfométricos avaliados encontram-se descritos na Tabela 1, com suas respectivas definições e equações. No módulo Hydrology foi calculada a ordem dos rios, sendo utilizando os procedimentos de Flowdirection (direção do fluxo), Flowaccumulation (Acumulação do fluxo), StreamtoFeature (Drenagem para Shapefile – após

uma álgebra de mapas para extração da drenagem pelo rastercalculator) e StreamOrder (Ordem da drenagem pelo método de Strahler). O uso do módulo Integrated Water Management se deu no cálculo dos demais parâmetros geométricos e de relevo.

A figura 2 apresenta um esquema do procedimento metodológico adotado para a avaliação morfométrica da Bacia.

Tabela 1 - Características morfométricas analisadas na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo	
Área total da bacia (A)	Área delimitada pelo divisor de águas, a partir da somatória das áreas do limite da bacia.
Perímetro total da bacia (P)	Comprimento médio ao longo do divisor de águas, estimado a partir do limite da bacia, segundo a somatória de todas as diagonais.
Comprimento da bacia (L)	Comprimento da foz até o exutório da bacia.
Largura da bacia	Largura entre os lados da bacia, considerando a orientação Oeste – Leste.
Declividade média	Inclinação média que atinge o terreno da bacia.
Altitude média da bacia	Representa a variação da elevação média do terreno da bacia com referência ao nível médio do mar.
Altitude inicial do curso principal	Representa a elevação inicial que o curso d'água apresenta na bacia com referência ao nível médio do mar.
Altitude final do curso principal	Representa a elevação final que o curso d'água apresenta na bacia com referência ao nível médio do mar.
Tempo de concentração (Tc)	Calcula o tempo do escoamento em todos os cursos d'água na bacia (KIRPICH, 1940).
Ordem dos cursos	Classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia (STRAHLER, 1957).

Comprimento total dos cursos d'água	Medida em planta da nascente até a seção de referência de cada tributário e curso principal, através da reclassificação da hidrografia em ordens específicas segundo a somatória das diagonais de suas células.
Comprimento do curso d'água principal	Comprimento do curso d'água principal medido em planta, desde a nascente até a seção exutória da bacia.
Comprimento direto do curso principal	Comprimento direto do curso d'água principal medido em planta, desde a nascente até a seção exutória da bacia desconsiderando as sinuosidades.
Densidade e padrão de drenagem	Indica o grau de desenvolvimento e eficiência do sistema de drenagem, definida pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área da bacia. Varia de 0,5 km.km ² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km.km ² ou mais em bacias bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975). $Dd = L / A$ Onde: Dd= Densidade de drenagem; L = Comprimento total dos rios ou canais A = Área de drenagem
Coefficiente de compacidade (KC)	Relaciona a forma da bacia com um círculo, definido como a relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Sendo: $Kc = 1 =$ circular (VILLELA; MATTOS 1975).] $KC = 0,28 \times P /$ Onde: KC = Coeficiente de compacidade P = Perímetro A = Área de drenagem
Índice de circularidade (LC)	Relaciona a forma da bacia com a forma circular. Sendo: $IC = 1 =$ circular (TONELLO, 2006). $IC = 12,57 \times A / P^2$ Onde: IC = Índice de circularidade A = Área de drenagem P = Perímetro
Fator de forma (KF)	Relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo. É determinado pela relação entre a largura média e o comprimento do curso d'água principal. Sendo: $Kf = 1 =$ retangular (VILLELA; MATTOS 1975). $KF = A / L^2$ Onde: KF= Fator de forma; A = Área de drenagem L = comprimento do eixo da bacia

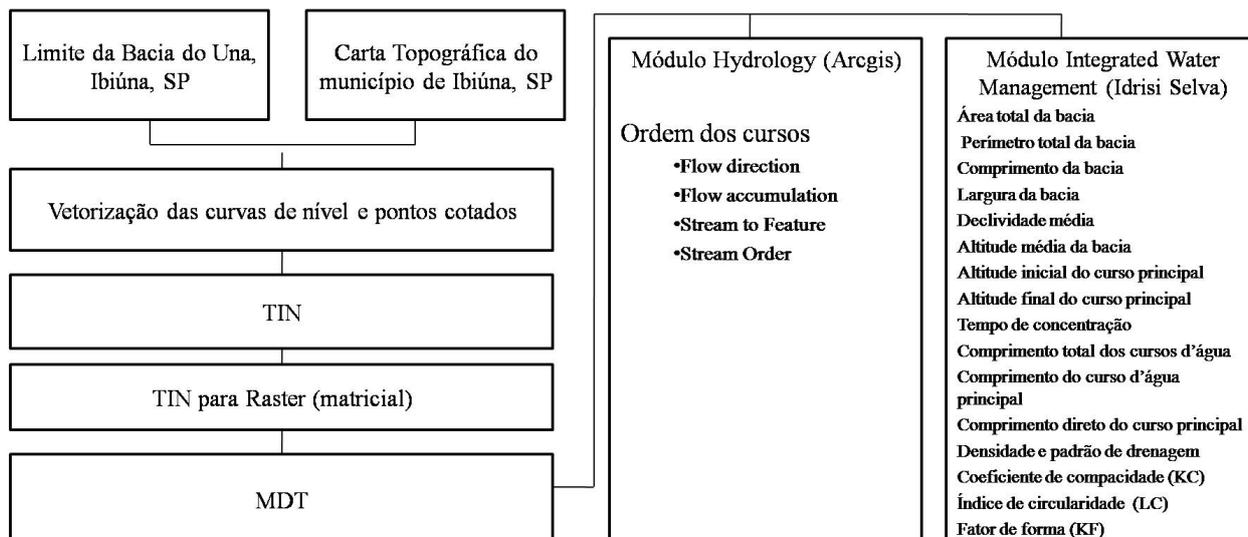


Figura 2 – Procedimento metodológico executado para a avaliação morfológica da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, SP.

3. Resultados e Discussão

A Bacia hidrográfica do rio Una apresenta uma área de 96 km², comprimento da equivalente a 19,74 km, largura de 4,88 km e perímetro de 75 km. Apresenta forma irregular e alongada, confirmada pelo coeficiente de compacidade alto, pelos baixos valores do fator de forma e do índice de circularidade.

Estes parâmetros revelam que o território da bacia apresenta um baixo potencial para ocorrência de enchentes e o seu alongamento é uma característica que garante um maior tempo de percurso da água e conseqüentemente boa chance para recarga de águas subterrâneas, o que não ocorre em bacias curtas (BAJABAA et al., 2013).

É possível identificar que em nível de planejamento ambiental, bacias mais alongadas são mais indicadas ao desenvolvimento imobiliário, devido à baixa condição de ocorrência de drenagem, no entanto, é preciso conferir a devida importância aos aspectos pedológicos e geomorfológicos para validar estas ações de ocupação urbana, além de avaliar a sobrecarga dos recursos naturais nestas áreas, assim como observado no estudo de Santos e Sobreira (2008).

A densidade de drenagem na área de estudo corresponde a 2,14 km/km², considerada regular, já que drenagens ruins alcançam 0,5 km/km² e as bem drenadas correspondem a 3,5 km.km² (VILLELA e MATTOS, 1975). Já para Christofolletti (1969) a Bacia do Una pode ser classificada com baixa densidade de drenagem, já que, segundo o autor, densidades de drenagens menores que 7,5 km/km² são consideradas de densidade

baixa; entre 7,5 e 10,0 km/km² densidade média e acima de 10,0 km/km² apresentam alta densidade.

Na bacia hidrográfica do córrego Marivan, no Centro Oeste Paulista e na Bacia do Córrego Carioca, em Minas Gerais, as densidades de drenagem também apresentaram valores baixos assim como a Bacia do Una (TEODORO et al., 2007; SANTOS e SOBREIRA, 2008). Sendo assim, as densidades de ambas as bacias apresentam um indicativo para o baixo grau de eficiência do sistema de drenagem, devendo-se avaliar o impacto de atividades sobre a rede hidrográfica, bem como regular o uso e a outorga de água no território (ANTONELI e THOMAZ, 2007).

O tempo de concentração da água até o exutório da bacia foi considerado médio, equivalente a 5,44h. Segundo Ferrari et al. (2013), quanto maior o tempo de concentração menor a vazão

máxima de enchente se forem mantidas constantes outras características como: solo, vegetação, geologia e hidrologia. Dessa forma, como o tempo de concentração é considerado satisfatório para reduzir a possibilidade de enchentes na bacia, é preciso avançar na concepção da conservação dos recursos naturais, garantindo a redução da fragmentação da vegetação natural edos processos de erosão e lixiviação do solo.

A drenagem principal da bacia se posicionou em uma 5ª ordem, com amplitude altimétrica que varia entre 850m e 1025m. O rio Una possui extensão de 25,50km e a drenagem total dos cursos d'água equivale a 207,04km, com ramificação do tipo dendrítica e característica sinuosa (Figura 2). Com bases nestes aspectos, pode-se afirmar que o sistema de drenagem, apesar da baixa densidadeé considerado regular, devido a sua alta ramificação e escamento hídrico satisfatório (STRAHLER, 1957; MORISAWA, 1975; BAJABAA et al., 2013).

A tabela 2 apresenta os resultados das características morfométricas para a área de estudo. A figura 2 apresenta as cinco ordens do curso d'água da bacia (classificação de Strahler) e possuem direção do fluxo do sul para o norte. Essa informação pode subsidiar caminhos para o planejamento da capacidade de água na bacia, ordenamento territorial para uso e ocupação do solo, bem como ser utilizada em processos de tomada de decisão para monitoramento e avaliação da qualidade da água no território.

Parâmetros	Valores	
Área da bacia (A)	96.42	km ²
Perímetro da bacia (P)	75.56	Km
Comprimento da bacia (L)	19.74	Km
Largura da bacia	4.88	Km
Altitude média da bacia	937	m.s.n.m
Declividade média	10.61	Graus
Coefficiente de compacidade (KC)	2.17	
Índice de circularidade (LC)	0.21	
Fator de forma (KF)	0.24	
Altitude inicial do curso principal	1025	m.s.n.m
Altitude final do curso principal	850	m.s.n.m
Densidade da drenagem	2.14	Km/km ²
Tempo de concentração	5.44	H
Ordem dos cursos	5	Ordens
Comprimento total do curso	207.04	Km
Comprimento do curso principal	25.5	Km
Comprimento direto do curso principal	19.74	Km
Padrão de drenagem	Dendrítico	

Tabela 2 – Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, SP

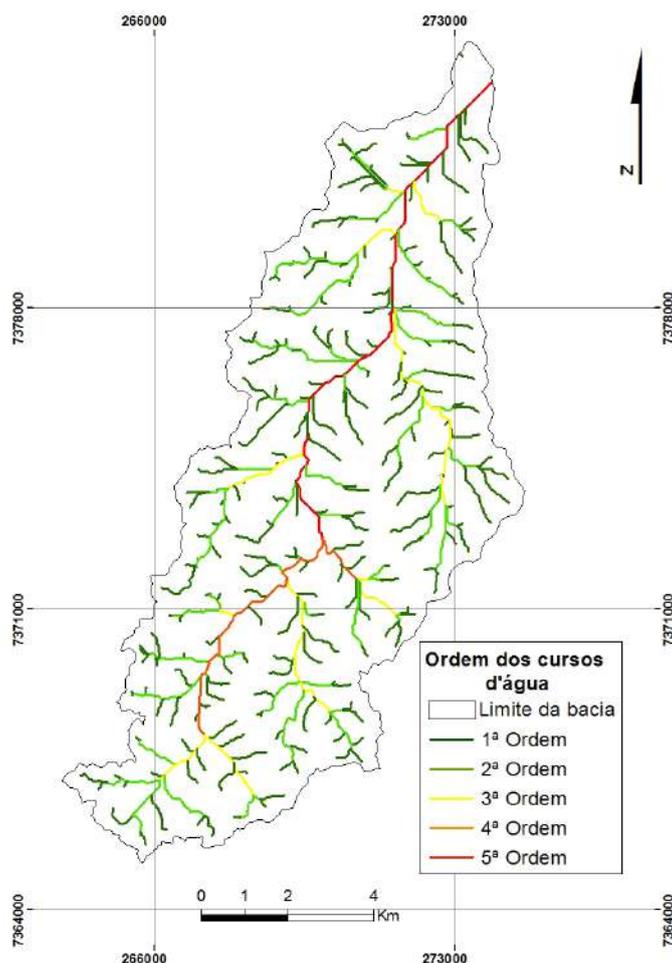


Figura 3 – Ordem dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, SP.

A Tabela 3 apresenta as características de comprimento total e percentual das ordens dos cursos d'água. Em uma análise realizada comparativamente com o MDT da área, identificou-se que os rios de 1ª ordem encontram-se associados aos locais de maiores altitudes, o que para Magesh et al. (2013), pode revelar a complexidade do terreno, e reafirma a necessidade de planejar e orientar as atividades que ocorrem sobre as áreas mais altas e declivosas, a fim de garantir a conservação dos recursos hídricos e a qualidade da água presente na bacia hidrográfica.

Ordem	Comprimento
1ª	109.9 km
2ª	56.30 km
3ª	19.88 km
4ª	7.95 km
5ª	13.03 km

Tabela 3 – Comprimento dos cursos d'água por ordem da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo.

Em consonância com o Código Florestal Brasileiro, as áreas de drenagem em maiores níveis de altitude e maiores declividades reforçam também a investigação da real situação de áreas de preservação permanente na Bacia e do enquadramento dos corpos hídricos nestas APPs, a fim de

conservar os canais de drenagem que contribuem para o curso principal (BRASIL, 2012).

4. Conclusão

A análise morfométrica realizada para a Bacia do rio Una, reportou resultados de alta significância para o planejamento ambiental da área de estudo. Com base na forma irregular e alongada identificada, que resulta na baixa possibilidade de enchentes, foi possível inferir que a Bacia possui uma boa capacidade para instalação de diversas atividades sobre o território, mas revela a importância da tomada de decisão de gestores a fim de garantir a conservação dos atributos ambientais da Bacia.

Embora o rio Una seja considerado extenso e com bom escoamento, chama-se atenção para a baixa capacidade de drenagem da Bacia, sendo essencial avaliar com segurança o sistema de utilização dos recursos hídricos, especialmente das atividades ocorrentes em seu entorno, a fim de também garantir a conservação dos recursos naturais e evitar a degradação hídrica.

A realização da análise morfométrica contribui taxativamente para o planejamento da Bacia estudada, devendo os resultados deste estudo, ser associado aos aspectos pedológicos, morfológicos e ecológicos, a fim de correlacioná-los com outras variáveis de igual importância para o gerenciamento hídrico.

Sendo a análise morfométrica uma análise preliminar para ações futuras no território de Bacias Hidrográficas, este estudo colaborou para o conhecimento sobre as características da drenagem, e unem-se a uma série de estudos morfométricos que auxiliarão o planejamento ambiental em áreas hídricas, orientando gestores ambientais e sociedade civil, especialmente no estado de São Paulo, que apresenta um sistema de gestão hídrica muito bem fundamentado e organizado através de seus comitês e sistemas de gerenciamento.

Por fim, afirma-se que os resultados obtidos atingiram os objetivos propostos e deve ser usado por entidades públicas e demais interessados para tornar o planejamento da Bacia uma ação efetiva, juntamente com o uso de geoprocessamento e do SIG, que neste estudo contribuiu de forma ágil e eficaz para compreensão de características da drenagem da Bacia estudada, podendo ser utilizado em estudos referentes à gestão e planejamento territorial de outras Bacias Hidrográficas.

Referências

AGGIDIS, G. A.; BENZON, D. S. Operational optimisation of a tidal barrage across the Mersey estuary using 0-D modelling. **Ocean Engineering**, v. 66, 69–81, 2013.

AHER, P.D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S.D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 850–860, 2014.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.

BAJABAA, S.; MASOUD, M.; AL-AMRI, N. Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). **Arab J Geosci**, v. 7, p. 2469–2481, 2014.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos temas e aplicações**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRASIL. **Decreto 24.643 de 11 de julho de 1934**. Institui o Código das Águas. Diário Oficial da União, Brasília, 1934.

BRASIL. **Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

BRASIL. **Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**. Dispões sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

BRASIL. **Resolução 32 de 15 de outubro de 2003**. Define os limites hidrográficos brasileiros. Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

CÂMARA, G. et al. Conceitos básicos em geoprocessamento. In: Câmara, G.; Barbosa, C. C. F.; Davis C.; Fonseca F. **FUNDAMENTOS DE GEOPROCESSAMENTO**. 1999.

CRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CLARK LABS. **Idrisi Selva**. Worcester: Clark Labs, Clark University. 2012.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva**: guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University. 2012. 324p.

ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS 10.3**. 2014.

FERRARI, J.L.; DA SILVA, S.F.; SANTOS, A.R.; GARCIA, R.F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 14 abr. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Ibiúna**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=351970>>. Acesso em 14 abr. 2016.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DE SÃO PAULO (IGC). **Carta Topográfica do município de Ibiúna, São Paulo**. 1979.

KIRPICH, Z.P. Time of concentration of small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

MAGESH, N.S; CHANDRASEKAR, N.; KALIRAJ, S. A GIS based automated extraction tool for the analysis of basin morphometry. **BonfringInt J Indus Eng ManagSci**, v. 2, n.1, p. 32–35, 2012.

MAGESH, N.S.; JITHESHLAL, K.V.; CHANDRASEKAR, N.; JINI, K.V. Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. **Appl Water Sci**, v. 3, p. 467–477, 2013.

MALIK, M. I.; BHAT, M. S. Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas. **Environmental Management**, v. 54, p. 1267–1287, 2014.

MORISAWA, M. Tectonics and geomorphic models. In: MELHORN, W.N.; FLEMAL, R. C.(edits.). **Theories of landform development**. London: G. Allen & Unwin, 1975. p.199- 216

RANDHIR, T. O.; TSVETKOVA, O. Spatiotemporal dynamics of landscape pattern and hydrologic process in watershed systems. **Journal of Hydrology**, v. 404 , p. 1–12, 2011.

ROSA, F. S.; TONELLO, K.C.T; VALENTE, R. O. A.; LOURENÇO, R. W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Ambiente&Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 9 n. 3, p. 526-539, 2014.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Baçã e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. *Revista Escola de Minas*, v. 61, n. 1, p. 77-85, 2008.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Guia do sistema paulista de recursos hídricos: comitê de bacias**. São Paulo: SMA, 2008. 49p.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p.913–920, 1957.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology**. New York: Mc-Graw Hill, 1964.

TEODORO, V. E. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a

importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p. 137-157, 2007.

TONELLO, K.C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBERIO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DAS ANTAS – MS: SUBSÍDIOS AO ESTUDO DO COMPORTAMENTO E CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS DOS LEITOS FLUVIAIS

**JOSIMARY LESCANO MALDONADO
VALTER GUIMARÃES**

Resumo

A inserção do estudo sobre assoreamento no córrego local, tem se apresentado como importante recurso para melhor entendimento das causas desse problema, contribuindo para o processo de pesquisa. Embora seja conhecida a importância, de atividades para a preservação de rios e córregos ainda não são aplicadas significativamente em muitas áreas. O fenômeno de assoreamento ocorrente na bacia hidrográfica do Córrego das Antas apresenta-se como assunto principal no fechamento deste trabalho que, aponta como causador dessa problemática os materiais trazidos pelas águas fluviais e constituindo temporariamente o leito móvel. Foram realizadas coletas de sedimentos, produzidas as respectivas análises granulométrica e seus resultados em gramas foram inseridos em tabelas, procedendo-se à a devida análise. Dos resultados obtidos e demonstrado nas tabelas, é possível tirar algumas conclusões. Primeiramente não houve muitas variações de uma amostra para outra em relação à malha que obteve menor concentração de carga de fundo e a que obteve maior, pois algumas classes de malhas se repetem nessa ação representativa. Na tabela 2 referente à maior quantidade de carga de fundo de cada amostra observa-se que a classe de malha 0,250mm aparece três vezes como a que obteve mais peso de carga de fundo; a de 0,35mm repete duas vezes e somente a de 1,00mm aparece uma única vez. Num segundo momento, que representa menos peso de carga de fundo podemos observar que a classe de malha 0,062mm repete três vezes e a de 2,83mm duas vezes. Somente a de 0,125mm aparece uma única vez. Mesmo estando em fase de conclusão final, aparentemente a granulometria dos materiais encontrados como carga de fundo parecem destacar maior concentração na malha 0,250mm.

Palavras-Chaves: Assoreamento, Sedimentos, Granulometria.

Resumen

La inserción del estudio sobre la sedimentación en el arroyo local, há sido presentado como un recurso importante para una mejor comprensión de las causas de este problema, lo que contribuye al proceso de investigación. Aunque se conoce la importancia de las actividades para la conservación de ríos y arroyos aún no se aplican de manera significativa en muchas áreas. La sedimentación se producen fenómeno en el flujo de las cuencas hidrográficas de Antas se presenta como el tema principal en el cierre de este trabajo que tiene como objetivo hacer que este problema los materiales traídos por el agua del río y que constituye temporalmente el lecho móvil. Se recogieron muestras de sedimentos, producido su análisis del tamaño de grano y los resultados en gramos fueron insertados en tablas, de continuar con el análisis adecuado. Los resultados obtenidos y presentados en las tablas, es posible extraer algunas conclusiones. Primero fueron muchas variaciones a partir de una muestra a otra en relación a la malha que tenía concentraciones más bajas de carga inferior y una mayor que la obtenida ya que algunas clases de mallas se repiten en esta acción representativa. Tabla 2 se refiere a la carga incrementada cantidad de fondo de cada muestra se observó que la clase 0,250mm de malla aparece tres veces más que el peso de carga más profunda obtenida; a 0,35 mm repitió dos veces y sólo el 1,00 mm aparece sólo una vez. En segundo lugar, es menos peso de la carga de fondo se puede observar que la clase 0,062mm malla repitió tres veces y el 2,83mm dos veces. Sólo el 0,125mm aparece una vez. Incluso en la fase de terminación final, aparentemente el tamaño de grano de los materiales encontrados como carga de fondo parece para resaltar una mayor concentración en el tejido 0,250mm.

Palabras- Llave: sedimentación, sedimentos, tamaño de partícula.

1. Introdução

Esse projeto de pesquisa procura contribuir na análise do fenômeno assoreamento ocorrente em canais fluviais, buscando entender possíveis causas e consequências desse acontecimento. A ação de desenvolver a pesquisa na área e em seguida relatar a experiência dessa atividade conforme Coelho Netto (1994), tem o propósito de incentivar as pessoas a “pensar por conta própria”, isto é, a população depara com uma situação problema que o leva a pensar novas ações. Assim vão surgindo ou progredindo novas possibilidades e até mesmo novas maneiras de ver o problema em si, e dando mais importância para o mesmo.

Para fazer um estudo sobre problemas em relação a recursos hídricos, mesmo que de um rio, é importante levar em conta todos os fatores que estão presentes na bacia hidrográfica, a qual esse rio faz parte. Isso porque a tendência é que a água que escoar em uma bacia tende a seguir para um único ponto mais baixo. Então qualquer problema que houver em um canal dessa bacia, afeta tanto na vida desses seres vivos como principalmente sua foz. É o caso do assoreamento dos canais como um dos principais deles, sendo esse um fenômeno que acontece em razão da carga do leito fluvial, detritos de um modo geral (SOUZA CRUZ, 1998).

Água e matas são indissociáveis. A vegetação, por ser diretamente relacionada à permeabilidade dos solos, é determinante para a regularidade da vazão dos rios (Cad. Mata Ciliar, São Paulo, nº 1, 2009, p. 3).

O problema de assoreamento é um fato que está presente em nosso dia-a-dia, é preciso aproveitar esta oportunidade para realmente conhecer mais do assunto. Dessa forma, este trabalho está dividido em partes que vão desde a reflexão do assunto abordado até o resultado final dos dados coletados.

A bacia hidrográfica do córrego das Antas está localizada em terrenos sedimentares da Formação Aquidauana, ocupando a maior parte dessa bacia, áreas do Planalto de Maracaju-Campo Grande e Piraputanga, distrito do município de Aquidauana, no Estado de Mato Grosso do Sul, figura 1, abrangendo uma área de 4.783,4981 hectares. Em reconhecimentos preliminares nesta região foi possível constatar os efeitos deposicionais nas proximidades das confluências de tributários com o canal principal, típicos do fenômeno de assoreamento. Tal fato chamou a atenção incentivando estudos relacionados com esse processo geomorfológico.

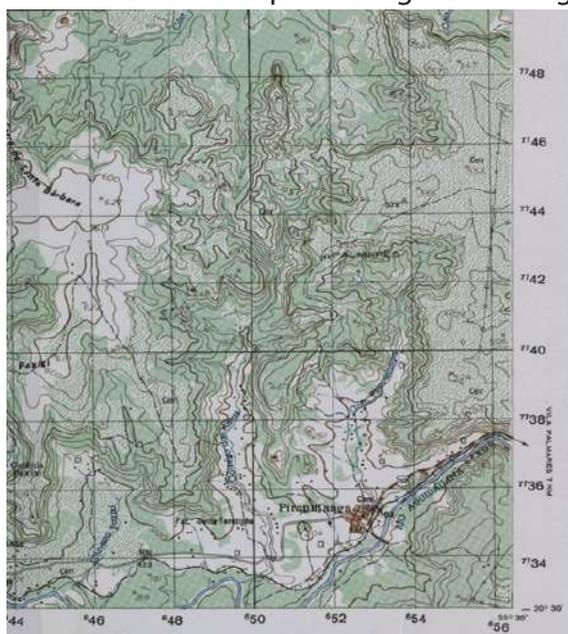


Figura-1 Região da Bacia hidrográfica do córrego das Antas/MS. Fonte:Carta Planialtimétrica, folha Aquidauana,

2. Referencial Teórico

O assoreamento, assim como outros problemas que acontecem em canais fluviais possui um conjunto amplo de causas. As causas naturais principalmente com as ações do homem vêm fazendo com que esse problema se agrave cada vez mais. Conforme sugerido no caderno Mata Ciliar, São Paulo, nº 1, 2009. p.14, toda a área de bacia merece atenção quanto à preservação do solo, e todas as técnicas de conservação, objetivando tanto o combate à erosão como a melhoria das características físicas do solo.

2.1. Geomorfologia Fluvial

Conforme aponta Christofolletti (1980), a geomorfologia fluvial interessa-se pelo estudo dos processos e das formas relacionadas com o escoamento das águas fluviais.

Com o passar dos anos as formas do relevo vão sofrendo transformações devido às condições climáticas, essas mudanças influenciam no escoamento podendo às vezes até mudar o seu percurso. Ainda este mesmo autor, todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para melhor compreender a chegada dos sedimentos nos canais fluviais, é preciso conhecer todos os materiais que deram origem à aqueles sedimentos, desde a vegetação até as rochas e solos. Os mesmos possuem tamanhos e formas diferentes. E, para que essas partículas sejam transportadas é necessário que tenha a força de cisalhamento atuando sobre elas, além disso, há uma velocidade de atuação dessas forças sobre as partículas, a chamada velocidade de erosão, e dependendo do tamanho da partícula é a quantidade de força necessária atuando sobre ela para que seja possível fazer sua movimentação (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Com relação aos sedimentos devemos levar em consideração o seu diâmetro, pois quanto maior mais deve ser a energia atuante sobre ele para que assim seja transportado. Ainda segundo Christofolletti (1980), a sedimentação fluvial inclui os processos de remoção, transporte e deposição das partículas do regolito, envolvendo toda a dinâmica da bacia de drenagem. A água corrente possui a capacidade de manter em suspensão partículas sólidas graças à sua velocidade e, sobretudo, ao seu grau de turbulência. Quanto maior for a velocidade de um rio, maior será a sua capacidade de manter e transportar partículas em suspensão.

A bacia de drenagem é segundo Coelho Netto (1994) uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de águas. Uma determinada paisagem pode conter certo número de bacias drenando para um reservatório terminal comum, como os oceanos ou mesmo um lago.

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (Sousa, E. R. *et al*, sd, p.3 *apud* Silva, 1995). A bacia hidrográfica é composta por alguns componentes, entre eles podemos encontrar os fundos de vale que é o ponto mais baixo de um relevo, nesse ponto acontece o escoamento das águas. Segundo Cardoso, (2009 *apud* Moretti, 2000, p.66) existem dois tipos principais de fundo de vale, o encaixado e o de várzea. O primeiro, com declividades mais acentuadas possuem terrenos secos e poucos sujeitos às enchentes que ocorrem por processos naturais. Possui vale em forma de V com cachoeiras e corredeiras.

Já o segundo tipo possui relevo mais plano, com o rio em estágio de maturidade, cujas margens se encontram o nível d'água aflorante e com processos naturais de cheias.

Entende-se por nascente o afloramento do lençol freático que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios) (Cad. Mata Ciliar, São Paulo, no 1, 2009). Pode-se dizer que nascente é uma área onde acontece a liberação de água armazenada no subsolo, sendo assim possibilita a formação de um rio, porém não pode dizer que qualquer acúmulo de água é a nascente de um rio.

3. Metodologia

Objetivando delimitar o espaço de trabalho, inicialmente consultou-se a folha topográfica de Aquidauana, editada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército em 1973. O programa utilizado para fazer o traçado da área e a delimitação da bacia foi o Spring 5.2.7, com auxílio metodológico junto ao laboratório de cartografia da UFMS. Tal procedimento teve como objetivo fazer a comparação da densidade da rede de drenagem nas encostas da margem esquerda com a da margem direita. Em seguida foram realizadas as medidas dos canais fluviais em metros utilizando o programa AutoCad 2007, contando com o mesmo tipo de auxílio para uso dessa ferramenta.

Durante a ida no campo foi realizada a coleta no 1º Ponto à margem direita. Localização S 20° 26.325', W 055° 33.946", elevação 165 metros, neste ponto foi possível observar características referente ao uso e ocupação do solo, tanto ao longo do canal principal como do afluente um, o mapeamento da folha Aquidauana DSG indicam área de cobertura de Cerradão. Na confluência do ponto de primeira coleta com o canal principal, o mapeamento indica área de pouca vegetação e concentração de material arenoso. O uso da terra visto localmente indica o domínio da pecuária com marcas visíveis de trilha de gado criando sulco bem próximo ao canal principal. Do ponto de vista topográfico este canal está mais ou menos a 60 metros no ponto de confluência com o afluente um (primeira coleta). Por sua vez esse afluente tem nascentes a mais ou menos 440 metros e parece ser bem alimentado por tributários conforme indicam as crenulações das curvas de nível, tudo em área bem preservada.

O local de coleta do canal principal, segunda amostra, aconteceu no talvegue enquanto que no afluente o leito escolhido para coleta mostrava sinais evidentes de marcas de onda e sedimentos mais grosseiros quando comparado ao do canal principal. Essa coleta aconteceu à aproximadamente 50 metros com a confluência no canal principal. Como questões de sustentabilidade a mistura entre rochas do leito e da base das encostas mostram dinâmica de fluxo bem representativa aparentemente necessitando de menos movimentação em termos de uso da terra, uma vez que entre a margem esquerda do afluente um e a margem direita do canal principal a vegetação é mais rala e parece sustentada em terrenos organizado conhecido por terraço ou antigos depósitos de transbordamento de sedimentos.

A terceira coleta foi realizada a 200 metros a jusante da ponte identificada pelas coordenadas: S 20°27'337", W 55°33'691", altitude 200 metros. Observando a carta de referência, nela não consta a linha de drenagem desse córrego, identificado próximo a chácara São Francisco. Este tributário faz confluência com a margem esquerda do canal do córrego das Antas.

A quarta coleta foi realizada a 20 metros a montante da ponte identificada pelas coordenadas: S 20°27'972", W 55°33'547", altitude de 202 metros. A exemplo da segunda amostra, também não há linha de drenagem no mapa.

A quinta coleta foi realizada em área conhecida como pousada do Jamil identificada pelas coordenadas: S 20°27'323", W 55°34'135", com elevação de 188 metros. O local coincide com a confluência do córrego Jamil, margem direita do córrego das Antas.

A sexta coleta foi realizada próximo às residências da furna dos baianos identificada pelas

coordenadas: S 20°28'052", W 55° 34. 167', com elevação de 182 metros, em canal de tributário da margem esquerda do canal do córrego das Antas.

Nas coletas posteriores às duas primeiras não houve mudança em relação ao uso da terra, porém a vegetação guardou vestígios de alterações porém pouco significativo. A proteção marginal é evidente, com a vegetação instalada sobre solos oriundos do intemperismo em rochas da formação Aquidauana.



Figura 2. Amostragem de carga de fundo coletada no primeiro tributário da margem direita do canal do córrego das Antas.



Figura 3. Canal do córrego das Antas, local da segunda coleta em linha de margem.

Figura 4. Canal do córrego das Antas destacando a largura e características da cobertura vegetal da mata ciliar.



Figura 5. Bacia do córrego das Antas. Mostra de ocupação com pastagens, tendo ao fundo mata ciliar do canal principal, margeado pelas encostas em arenito Aquidauana, ao fundo.

Figura 6. Canal do Córrego das Antas na pousada do Anil. Podem ser identificadas as marcas de ondas da carga de fundo.

O método de separação granulométrica apoiou-se tão somente na retenção final de sedimentos da carga do leito nas peneiras e obedeceu a uma sequência de lavagem do material depositando-se desde a peneira de malha maior (4,00mm) até a peneira de malha menor (0,062 mm); após a colocação da amostra utilizou-se de água corrente tratada em fluxo contínuo com auxílio de mangueira sanfonada. As peneiras foram lavadas uma a uma na ordem decrescente. O procedimento seguinte e também contínuo foi o da lavagem diretamente sobre cada peneira. Para isso as peneiras já lavadas foram retiradas sequencialmente do conjunto e deixadas na mesma ordem para descanso finalizando essa fase os materiais que permaneceram depositados em cada peneira foram transferidos para embalagem de papel devidamente identificada, para posterior pesagem. É importante ressaltar que para facilitar as análises dos resultados optou-se por construir outras duas tabelas congregando dados para maiores concentrações de pesos e menores concentrações.

4. Resultados

Classes de Malhas	Amostra 1 Antas Montante (Peso) g	Amostra 2 margem direita (Peso) g	Amostra 3 mar- gem direita con- fluência Córrego Jamil(Peso) g	Amostra 4 Afluen- te margem direita (Peso)g	Amostra 5 Afluen- te 1 margem esquerda (Peso)g	Amostra 6 Afluen- te 2 margem esquerda (Peso)g
4,00 - 2,83	7.060	5.022	6.121	14.943	21.865	1.484
2,83 - 2,00	5.072	3.676	1.216	4.533	8.108	1.360
2,00 - 1,41	7.124	7.219	1.466	7.591	11.786	2.255
1,41 - 1,00	7.807	7.729	1.413	4.823	7.460	2.212
1,00 - 0,71	14.634	368.940	1.903	6.723	12.096	3.394
0,71 - 0,50	65.054	13.399	8.472	18.080	25.664	10.241
0,50 - 0,35	160.660	76.743	28.860	42.812	55.808	31.079
0,35 - 0,250	279.794	132.476	305.072	62.400	151.741	79.726
0,250 - 0,177	117.292	153.762	327.834	199.762	70.78	257.384
0,177 - 0,125	15.609	45.364	2.612	30.105	90.486	63.831
0,125 - 0,088	7.626	24.335	6.499	25.090	2.170	25.300
0,088 - 0,062	3.386	3.654	5.533	12.806	32.546	9.836
0,062	0	0	1.689	4.179	6.924	3.328

Tabela 1. Distribuição granulométrica de carga do leito na Bacia do Córrego das Antas

Após o término dos trabalhos de laboratório, para obter informações dos dados do processo de separação granulométrica e pesagem dos sedimentos arenosos, os resultados foram organizados na tabela 1, de forma que as classes de malhas estão apresentadas de maneira decrescente desde o maior valor 4,00mm até o menor 0,062mm, sendo que na primeira coluna da tabela identifica-se as classes de malhas e nas demais colunas foram plotados os valores do peso em gramas da carga de fundo de cada amostra. Observando a tabela 2 é possível considerar que:

- A malha mais representativa, ou seja, de retenção da maior quantidade de material analisado foi a de 0,250mm;
- A malha 0,35mm está definida no conjunto de duas amostras como sendo a mais representativa em pesos;
- Por fim, não por último, a malha de 1mm aparece em uma única amostra mas concentrou-se nela o maior valor em gramas.

Local das coletas das amostras	Malhas (mm)	Malha com maior peso (g)
Antas Montante	0,35	279.794
Afluente 1 margem direita	1,00	368.940
Amostra 2 margem direita confluência Córrego Jamil	0,250	327.834
Amostra 3 Afluente margem direita	0,250	199.762
Afluente 1 margem esquerda	0,35	151.741
Afluente 2 margem esquerda	0,250	257.384

Tabela 2. Granulometria das frações arenosas mais representativas como carga de fundo em canais fluviais da bacia do Córrego das Antas.

Verificando a tabela 3 que mostra os pesos menos representativos das amostras analisadas foram possíveis constatar que:

- Das malhas trabalhadas a de tamanho 2,83mm é a que mais se destacou do total das seis amostras analisadas, aparecendo em dois momentos;
- A malha 0,062mm mostra um resultado interessante ao acumular peso superior a 4g em apenas uma das amostras, mas considerando o predomínio de menor peso ela foi a mais representativa em duas amostras analisadas;
- Ainda a que se destacar que a malha 0,125mm está contemplada como a de menor peso em uma das amostras trabalhadas.

Local das coletas das amostras	Classes de malhas	Malha com menor peso (g)
Antas Montante	0,062	0
Afluente 1 margem direita	0,062	0
Amostra 2 margem direita confluência Córrego Jamil	2,83	1.216
Amostra 3 Afluente margem direita	0,062	4.179
Afluente 1 margem esquerda	0,125	2.170
Afluente 2 margem esquerda	2,83	1.484

Tabela 3. Granulometria das frações arenosas menos representativas como carga de fundo em canais fluviais da bacia do Córrego das Antas

Já foram obtidos os resultados quantitativos do comprimento dos canais fluviais ao longo das encostas do canal do córrego das Antas, bem como os valores relativos ao comprimento total de cada um desses canais. Estes resultados serão trabalhados futuramente com o objetivo de contribuir no entendimento das contribuições e ou origem dos sedimentos transportados pela rede até o canal principal, quando forem obtidos os resultados da última coleta de sedimentos na barra do canal do córrego das Antas, após a volta ao normal da altura das águas naquele trecho final do baixo curso.

5. Conclusões

Dos resultados obtidos e demonstrado nas tabelas, é possível tirar algumas conclusões. Primeiramente não houve muitas variações de uma amostra para outra em relação à malha que obteve menor concentração de carga do leito e a que obteve maior concentração, pois algumas classes de malhas se repetem nessa ação representativa. Na tabela 2 referente à maior quantidade de carga de fundo de cada amostra observa-se que a classe de malha 0,250mm aparece três vezes como a que obteve mais peso de carga de fundo; a de 0,35mm repete duas vezes e somente a de 1,00mm aparece uma única vez. Num segundo momento, que representa menos peso de carga de fundo podemos observar que a classe de malha 0,062mm aparece em três resultados e a de 2,83mm em dois. Somente a de 0,125mm aparece uma única vez. Mesmo estando em fase de conclusão final, aparentemente a granulometria dos materiais encontrados como carga de fundo parecem destacar maior concentração na malha 0,250mm, o que sugere que a capacidade e a competência no transporte de sedimentos pelos fluxos de corrente abandonam predominantemente sedimentos dessa malha granulométrica.

Referências

ARAÚJO, G. M. **A degradação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do igarapé mata fome, Belém-PA: uma consequência do processo de urbanização.** 2007.

ASSINE, M. L. **Pantanal Mato-Grossense: Uma paisagem de exceção.**

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria-geral. **PROJETO RADAMBRASIL.** Folha SF.21 Campo Grande; geologia geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

CARDOSO, F. J. **Análise, concepção e intervenções nos fundos de vale da cidade de Alfenas [MG], 2009.** Disponível em: http://conpadre.org/L&E/L&E_v3_n1_2009/01_p1-20.pdf. Acessado em 15 de abril de 2016.

CARVALHO, D. F e SILVA, L. D. B. **BACIA HIDROGRÁFICA.** 2006. Disponível em: <http://ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acessado em: 15 de dezembro de 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia/São Paulo: Edgard Blucher, 1980.**

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial/São Paulo: Edgard Blucher, 1981.**

DILL, P.R.J. **Assoreamento do reservatório do vacaçaí-mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica contribuinte.** Santa Maria, RS, 2002. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/enquadra/Trabalhos/DissAnteriores/Dill.pdf>. Acessado dia 14 de outubro de 2015

FACINCANI, E. *et al* **Geomorfologia fluvial do leque do rio Aquidauana, borda sudeste do Pantanal, MS – sd.**

FACINCANI, E. M *et al* **Terremoto no Pantanal. sd.**

FLUMIANSOUBHIA, P.; E. BIANCHINI, U. **Escola Política da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária PHD2537 Sd.**

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da.(org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 347 p.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1994.

LÉLLIS, F. S. VITÓRIA. **Análise ambiental de uma bacia hidrográfica como subsídio ao planejamento costeiro: bacia da lagoa jacuném, Serra (ES).** 2006.

LOURENÇO, R. W. e COLLINS, D. **Bacias Hidrográficas, Sorocaba.** Unesco Sorocaba, 2012.

Meio Ambiente Técnico, 2012. Disponível em: <http://meioambientetecnico.blogspot.com.br/2012/03/fundo-de-vale.html>. Acessado em 07 de abril de 2016.

NETO, F. G. e SERRA, J. **Cadernos da Mata Ciliar No 1 2009 GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO.** Secretaria do meio ambiente. 2004. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/files/2013/05/Cadernos-de-Mata-Ciliar-1_Preserva%C3%A7%C3%A3o-e-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-nascentes_2004.pdf. Acessado em 21 de fevereiro de 2016.

Revista terr@ pluvial.1.Gestão do território-periódicos I. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Ponta Grossa, Ed.UEPG, v.1,n.1,(jan.,2007-) v.3,n.2,jul/dez.,2009.Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Gestão do Território.

SANTIAGO, E. **Assoreamento**, 2011. Disponível em: <http://www.infoescola.com/geologia/assoreamento/>. Acessado em 12 de Dezembro de 2015.

SOUZA C. **Plano diretor de solos**. 3ª edição, 1998.

SOUZA, E. R.; e FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais**.

BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: APONTAMENTOS TEÓRICOS PARA FOMENTAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

*JULIANA FELIPE FARIAS
EDSON VICENTE DA SILVA*

Resumo

As bacias hidrográficas são consideradas como recortes geográficos que viabilizam a elaboração e aplicação de propostas de planejamento e gestão ambiental, com o objetivo de subsidiar a preservação dos recursos naturais. No entanto, esses recursos em regiões semiáridas além de fomentar as ações de planejamento, se caracterizam como ferramentas para mitigar os efeitos da seca, sendo necessário pensar estrategicamente os usos prioritários da água. Com base nessa assertiva, o presente artigo traz uma reflexão teórica sobre a importância do ordenamento ambiental em bacias hidrográficas situadas em regiões semiáridas, com o intuito de fornecer suporte para a elaboração de propostas de planejamento e gestão ambiental. Para atingir esse objetivo, são abordados aspectos relativos às bacias hidrográficas como recorte para o planejamento e a gestão ambiental; seguida de uma discussão sobre os recursos hídricos e a degradação ambiental, enfocando as relações estabelecidas entre sociedade e natureza. Por fim, são tecidas algumas sugestões/ações mitigadoras de convivência com a seca, seguidas de considerações sobre a reflexão teórica apresentada.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas, Planejamento ambiental, Semiárido.

Abstract

Watersheds are considered geographic cutouts that enable the development and implementation of environmental planning and management proposals, in order to support the conservation of natural resources. However, these resources in semi-arid regions in addition to promoting the actions of planning are characterized as tools to mitigate the effects of drought, it is necessary to think strategically priority uses of water. Based on this assertion, this article presents a theoretical reflection on the importance of environmental planning in watersheds located in semi-arid regions, in order to provide support for the development of environmental planning and management proposals. To achieve this goal, are addressed topics on for the river basins as clippings for planning and environmental management, later related to a characterization and subdivision hydrographic of the State of Ceará; a discussion on water resources and environmental degradation, subsequently are emphasized the institutional aspects of water resources management at the state level. Finally, are woven some suggestions/actions mitigating of dealing with drought, followed by some thoughts on the theoretical reflection presented.

Keywords: Watersheds, Environmental Planning, Semiarid.

1. Introdução

As bacias hidrográficas destacam-se como unidades físico-territoriais que viabilizam as ações de planejamento e gestão ambiental em determinados espaços, priorizando o estabelecimento de propostas voltadas para a preservação dos recursos naturais, a satisfação das necessidades humanas e o desenvolvimento econômico embasados nos princípios da sustentabilidade. Nas regiões semiáridas as bacias hidrográficas se destacam como ferramentas que viabilizam a implementação de ações mitigadoras de convivência com a seca.

O semiárido abrange uma área de 969.589,4 km², segundo os dados do Ministério da Integração nacional, estando inserido nessa área cerca de 1.133 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Existem três núcleos de regiões semiáridas na América do Sul: a Diagonal Arréica Seca do Cone Sul (Argentina, Chile e Equador), a Região Guajira (Venezuela e Colômbia) e o Nordeste Seco do Brasil.

As características físico-ambientais da região semiárida nordestina condicionam as potencialidades e limitações da área. As médias pluviométricas anuais são inferiores a 800 mm, caracterizando-se como uma pluviosidade baixa e com uma irregularidade espacial e temporal, concentrada em um curto período do ano, o que se reflete diretamente nas características edafoclimáticas da região, com solos em sua maioria arenosos, salinos e pobres em elementos minerais e matéria orgânica, além de pouco permeáveis e sujeitos a erosão. A vegetação predominante é do tipo caatinga, sendo verificadas outras espécies nas áreas com ocorrência de embasamento do tipo sedimentar e nos enclaves úmidos.

As bacias hidrográficas que compõem o semiárido nordestino apresentam rios intermitentes com drenagem do tipo exorréica, onde na divisão hidrográfica do Brasil estão inseridas na Bacia do Atlântico Nordeste. A referida bacia apresenta uma área de 953 mil km², com rios intermitentes sazonais que vertem para o Oceano Atlântico, drenando por completo as áreas dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, e parcialmente, o Amapá, Pará, Pernambuco e Alagoas. Destacam-se como drenagens principais os rios Pindaré, Grajaú Mearim e Itapecuru.

Com exceção desses rios que são perenes, pode-se afirmar que os demais drenam setores concentrados e difusos do semiárido nordestino, marcando entre os interflúvios sertanejos paisagens que sofrem com as variações climáticas e com a vulnerabilidade das secas, intensificando a instabilidade do meio físico e a distribuição no tempo e no espaço das chuvas e das águas superficiais (NASCIMENTO, 2012).

Somadas as características físico-ambientais inerentes a essas regiões tem-se um quadro socioeconômico com desenvolvimento pífio, que não se adaptou as condições ambientais locais, e que por vezes explora mais as limitações do que as potencialidades, criando uma série de desequilíbrios e danos à dinâmica dos sistemas ambientais.

Esse descompasso é gerado por dois grandes fatores, grosso modo: 1. ineficiência das políticas públicas de desenvolvimento humano elaboradas para esses locais, as quais não consideram a capacidade de suporte dos recursos naturais; e 2. falta de planejamento de ações para um gerenciamento pautado nas condições físico-ambientais locais. Tomando como base essas questões e compreendendo a importância vital do recurso água para essa região, o artigo traz uma reflexão que agrega conceitos e temas relevantes que colaboram com o planejamento e a gestão ambiental dos setores semiáridos.

Assim, o objetivo principal da discussão aqui realizada, é fomentar a elaboração de propostas e ações de combate e convivência com a seca, além de promover uma melhoria na qualidade de vida da população nos períodos de estiagem e colaborar com a preservação dos recursos naturais embasados nos princípios da sustentabilidade.

2. Bacia hidrográfica como recorte físico-territorial de planejamento e gestão ambiental

A intensificação do uso e apropriação dos recursos naturais veio acompanhada da necessidade de se pensar em ações para conservar, preservar e garantir o seu aproveitamento para as gerações futuras. Inúmeras são as estratégias para se atingir esse objetivo, se destacando a adoção da bacia hidrográfica como categoria de análise que viabiliza o desenvolvimento de ações voltadas para o uso consciente da água.

A partir dos anos de 1960, a bacia hidrográfica passa a ser reconhecida como unidade espacial na Geografia Física, quando em 1969 Chorley escreveu seu célebre artigo sobre a bacia como unidade geomórfica fundamental. Assim, a bacia hidrográfica passou a ser concebida como célula básica de análise ambiental que permite avaliar e conhecer os diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem tendo como base uma visão sistêmica e integrada do território (BOTELHO; SILVA, 2011).

Os primeiros trabalhos realizados tendo como unidade de estudo as bacias hidrográficas foram desenvolvidos com base em um enfoque de manejo das águas. Com o passar do tempo, o conhecimento dos aspectos que compõem as bacias e a maneira como eles se relacionam foi intensificado, passando a ser considerada como uma união de fatores ambientais e não apenas relacionada com o uso e aproveitamento racional da água, o que viabilizou e fortaleceu nos últimos anos a ideia do planejamento e manejo ambiental integrado (RODRIGUEZ et al., 2011).

Moragas (2005) define a bacia hidrográfica como uma área drenada por uma rede de canais influenciada por várias características tectônicas, topográficas, litológicas, vegetacionais e de uso e ocupação, representando assim um sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas. Nascimento e Carvalho (2003), afirmam que estudar os recursos hídricos como fator básico de melhoria da qualidade ambiental, é conceber as bacias hidrográficas como unidades de manejo geoambiental para fins de gestão e conservação, pois uma “bacia hidrográfica deve ser estudada não só do ponto de vista de sua rede de drenagem, mas sim de forma mais holística conforme sua complexidade fisiográfica, socioeconômica e cultural” (NASCIMENTO, 2006, p.12).

No estado do Ceará, Tucci (2003) enfatiza a crescente evolução em termos quantitativos e qualitativos dos trabalhos científicos elaborados a partir da bacia hidrográfica, destacando que os mesmos apresentam soluções criativas para os conflitos de uso nas áreas de baixa disponibilidade sazonal.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise para estudos de planejamento, justifica-se não só pela importância dos recursos hídricos, mas também pela riqueza de variáveis que a mesma agrega e que devem ser consideradas na pesquisa. A abordagem das bacias como recortes de planejamento e gestão, surgiu como uma forma holística e abrangente de realizar trabalhos, viabilizando a tomada de decisões (VOINOV; COSTANZA, 1999).

As bacias hidrográficas podem ser caracterizadas como unidades territoriais quando configuram uma apropriação de partes do espaço para um determinado fim, seja voltado para a gestão territorial ou ambiental (LAMONICA, 2004), tendo como objetivo principal a utilização desse recorte para fins de planejamento do uso dos recursos naturais.

Na perspectiva de Tucci (1997), a bacia hidrográfica é caracterizada como uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, apresentando um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Priego e Cotler (2006) destacam que as bacias hidrográficas proporcionam um enquadramento adequado para a análise dos processos ambientais e requerem uma investigação detalhada considerando aspectos como solo, água e vegetação, os quais devem ser abordados por meio

de ferramentas e conceitos integrativos.

As bacias hidrográficas podem ser definidas como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando rios e riachos, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático (BARELLA, 2001).

Villela e Matos (1975) enfatizam que a formação de uma bacia hidrográfica ocorre através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos d'água sempre das áreas mais altas para as mais baixas, determinados por dois tipos de divisores de água, o topográfico ou superficial – condicionado pela topografia local - e o freático ou subterrâneo – determinado pela estrutura geológica dos terrenos.

Outra função exercida por esses divisores é o estabelecimento dos limites dos reservatórios de água subterrânea, de onde é derivado o deflúvio básico da bacia, seguindo as flutuações do lençol. A figura 01 traz a representação de uma bacia hidrográfica, a qual destaca os aspectos citados.

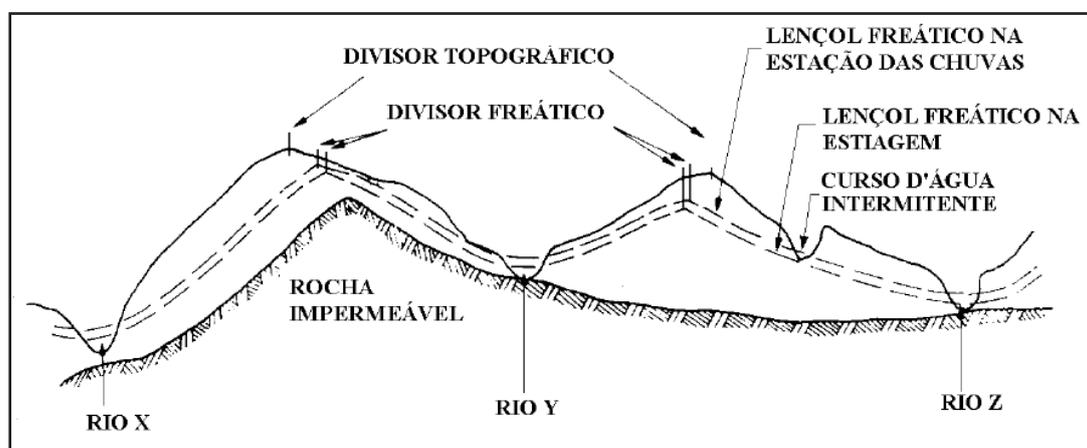


Figura 01- Corte transversal de uma bacia hidrográfica

Fonte: Villela e Matos (1975).

Nas bacias hidrográficas estão agregados uma série de aspectos como unidades e características ambientais, atributos naturais e socioeconômicos, os quais, de certo modo, são de fácil caracterização e delimitação. Porém, uma bacia comporta também unidades político-administrativas que não coincidem com a delimitação da mesma, que são os municípios, distritos e localidades.

Por esse fato, uma mesma bacia pode drenar limites territoriais diferenciados que não se alinham com a trajetória dos cursos d'água. Esse é um dos pontos que dificulta a gestão dos recursos hídricos no âmbito das bacias, pois por compartilhar unidades administrativas diferenciadas criam-se também complicadores para a gestão ambiental (CUNHA; COELHO, 2003).

O descompasso entre as hierarquias administrativas existentes e os limites e agrupamentos físicos e sociais que representam a dinâmica de bacias hidrográficas, ocasionam problemas no processo de gestão. Nesse contexto, é necessário considerar que a bacia é um sistema complexo que por vezes não respeitam os limites dos divisores de água (VOINOV; COSTANZA, 1999; NASCIMENTO, 2003, 2013).

Diante desse impasse, as propostas de planejamento ambiental elaboradas para a bacia devem levar em consideração esses aspectos conflitantes, podendo contar com o auxílio dos Comitês de Bacias Hidrográficas- CBH (ANA, 2011). Definidos na Lei nº 9.433/97 como fundamentais para a gestão das bacias, eles tem como objetivo integrar institucionalmente os diversos interesses e viabilizar a condução de acordos que explorem os recursos naturais de maneira sustentável

(CUNHA, 2001).

No âmbito das bacias hidrográficas, o planejamento ambiental destaca-se como uma importante ferramenta que viabiliza a elaboração de propostas com objetivo de preservar e conservar os recursos naturais disponíveis na bacia. Para Tundisi (2003) a bacia hidrográfica é uma importante unidade de planejamento, além de destacar-se como um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento teve início nos Estados Unidos, com a criação da Tennessee Valley Authority (TVA), em 1933, e a partir de então, juntamente com a criação dos Comitês de Bacias (embasados na ideia da bacia como unidade de planejamento) foram disseminadas e adotadas no restante do mundo.

O planejamento ambiental elaborado a partir da escala de análise da bacia hidrográfica deve, além de classificar as unidades espaciais que compõem a bacia, verificar os principais usos e ocupação nos diferentes espaços e identificar os problemas e estado ambiental da bacia, e, a partir daí, elaborar propostas de uso e ocupação compatíveis com as potencialidades e limitações da área. Assim, Nascimento (2013) destaca que a delimitação de bacias como unidades de análise para os estudos de planejamento, justifica-se pelo reconhecimento a importância dos recursos hídricos e pela riqueza de variáveis a serem destacadas – relevo, solo, vegetação, interferência humana, dentre outras.

De acordo com Santos (2004) o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente, possuindo o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, contemplando as necessidades sócio-culturais e atividades de interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes. Planejar significa evoluir e preparar a sociedade para as mudanças globais e locais (CARTER; WHITE, 2012).

Nascimento (2011) destaca que as bacias hidrográficas como unidades funcionais de planejamento resguardam paisagens onde ocorrem interações ambientais, colaborando para que sejam eleitas unidades de planejamento que facilitam o ordenamento territorial/ambiental e contribuem para um melhor aproveitamento da capacidade de suporte dos recursos naturais, colocando os recursos hídricos como elemento indispensável à vida e como insumo as atividades produtivas.

Assim, “a concepção de planejamento ambiental requer uma visão holística, sistêmica e dialética das relações natureza e sociedade, com base na ideia de que os sistemas ambientais estão inter-relacionados, formando uma totalidade” (RODRIGUEZ; SILVA, 2013, p. 287), apoiado em ações e alternativas eficazes que viabilizem o desenvolvimento pautado na sustentabilidade (ELLIS et al., 2010).

Santos (2004) destaca que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, comumente usada porque se constitui um sistema natural bem delimitado no espaço onde as interações físicas são facilmente interpretadas, sendo considerada territorialmente como uma caixa preta onde os fenômenos e interações podem ser interpretados pelo input e output. Assim, pode-se caracterizar a bacia hidrográfica como a unidade ambiental mais adequada para desenvolver ações voltadas para a preservação dos recursos hídricos, uma vez que viabiliza a inter-relação das diferentes esferas que compõem o planejamento, seja no âmbito federal, estadual ou municipal.

O planejamento ambiental é um instrumento que subsidia a gestão e o ordenamento ambiental no âmbito das bacias hidrográficas, viabilizando a adoção de estratégias que convergem para um aproveitamento sustentável dos recursos naturais de maneira compatível com a sua capacidade de suporte.

Nos anos de 1990, a partir do estabelecimento dos Princípios de Dublin na reunião pre-

paratória à Rio-92, a gestão dos hídricos com base no recorte espacial das bacias hidrográficas ganhou destaque no cenário mundial, onde segundo Porto e Porto (2008) a gestão dos recursos hídricos passou a ser pensada de maneira efetiva e integrada, considerando os aspectos físicos, sociais e econômicos em suas ações, tendo como questão central a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental.

As ações voltadas para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos por meio de um gerenciamento intensificaram-se, organizando-se com a criação da Lei nº. 9.433/1997 que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, concretizando a gestão dos recursos hídricos através das bacias hidrográficas inicialmente no âmbito federal, e posteriormente, com a criação de outros instrumentos nas esferas estadual e municipal.

Dessa maneira, a gestão dos recursos hídricos deve priorizar a aplicação de ações elaboradas nas fases de planejamento ambiental das bacias, que compatibilizem o uso com as potencialidades de cada recurso. Para Rodriguez e Silva (2013), no planejamento e na gestão ambiental os níveis de análise devem ser considerados de acordo com a ideia de que a natureza e a sociedade são dois sistemas que interagem em um complexo dialético, com uma vasta teia de interligações.

3. Os recursos hídricos e a degradação ambiental: apontamentos sobre a relação sociedade e natureza

Os recursos naturais, em específico a água, sempre foram determinantes para a existência humana, na instalação ou migração das populações, bem como no surgimento e desaparecimento das mesmas (RODRIGUES; MALAFAIA, 2009). Os primeiros núcleos urbanos, de maneira geral, desenvolveram-se ao longo dos cursos d'água, pois facilitava o acesso ao recurso para o desenvolvimento das atividades humanas e dessedentação dos animais.

Porém, esses núcleos cresceram e se tornaram cidades cada vez maiores e com um elevado contingente populacional, e esse crescimento não veio acompanhado de planejamentos adequados que preservassem a qualidade do ambiente. Nesse quadro, a relação sociedade e natureza foi se tornando cada vez mais conflituosa, causando a degradação ambiental dos recursos naturais.

Na segunda metade do século XX, o desenvolvimento urbano ocorreu em ritmo acelerado, desencadeando a perda da biodiversidade natural em função da elevada concentração populacional, o que acirrou também a competição pelos recursos naturais. Estima-se que 80% da população brasileira estão em áreas urbanas, e esses números chegam perto de 90% nos estados mais desenvolvidos, onde a problematização sobre a degradação dos recursos hídricos tem sido percebida mais intensamente (TUCCI et al., 2003; DIBIESO, 2012).

Tucci (2003) destaca alguns problemas relacionados com a infra-estrutura e a urbanização que afetam a qualidade do ambiente, como: a grande concentração populacional em áreas reduzidas, aumento da periferia nas cidades, urbanização espontânea, falta de tratamento de esgoto, ocupação dos leitos dos rios, impermeabilização, canalização e deterioração da qualidade da água.

É possível identificar, com base nas análises de Fritzen e Binda (2011), três estágios característicos da ocupação desordenada em bacias hidrográficas e alteração na hidrologia local:

- 1º: a bacia hidrográfica é ocupada de forma distribuída, e os pontos de inundação são decorrentes da morfologia natural do canal.
- 2º: ocorre expressivo aumento na intensidade da ocupação urbana e alterações no canal fluvial por obras de engenharia (canalização e retificação) condiciona a mudança para jusante dos pontos de inundação.
- 3º: a urbanização da bacia é quase total e o processo de alteração do canal é intensificado exigindo a necessidade de aprofundamento, já que obras de alargamento não são viáveis pela

ocupação marginal.

Esses estágios enfocam a realidade de uma série de cidades, as quais ignoram a importância do equilíbrio dos sistemas ambientais que compõem as bacias hidrográficas, gerando uma série de problemas estruturais no setor urbano.

O uso da água no Brasil é distribuído de forma variada em termos de atividades, estando os maiores índices concentrados no setor agrícola (70%), seguido do uso industrial (20%) e do abastecimento (10%) de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Segundo Tucci et al. (2001), os usos da água podem ser separados em duas categorias: usos consuntivos e não consuntivos. O primeiro se refere aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo sua disponibilidade, já o segundo são os usos que retornam a sua fonte inicial de abastecimento praticamente todo o montante retirado.

O quadro 01 traz uma relação dos principais usos consuntivos e não consuntivos destacados por Tucci et al. (2001), aliados com outras atividades inseridas nesses usos destacadas por Nascimento e Carvalho (2003).

Quadro 01- Usos consuntivos e não consuntivos da água

Usos consuntivos da água	Usos não consuntivos da água
Abastecimento humano	Hidrelétricas
Dessedentação	Navegação
Indústria	Recreação e lazer (exceto piscinas)
Irrigação	Preservação da fauna e da flora
Instalação de salinas	Diluição de dejetos

Fonte: Tucci et al., (2001); Nascimento e Carvalho, (2003).

Além da redução em termos quantitativos e qualitativos da água e do comprometimento para o desenvolvimento de inúmeras atividades econômicas, a relação conflituosa entre sociedade e natureza, desencadeia outra problemática relacionada à degradação dos recursos naturais, que é a veiculação de doenças.

Nessa perspectiva, a degradação ambiental na bacia hidrográfica em questão deve ser analisada de forma integrada e holística, considerando as ações causadoras da dilapidação dos recursos para a elaboração de propostas com o intuito de solucionar, recuperar e reconstituir as áreas degradadas.

Segundo Murray (2013), para garantir recursos naturais em quantidade e qualidade para atender as demandas básicas para a sobrevivência, é necessário monitorar o estado presente e projetar cenários futuros para o uso da água, acompanhando de perto as mudanças que possam interferir no ciclo da mesma.

4. Ações mitigadoras de combate e convivência com a seca com base no ordenamento ambiental em bacias hidrográficas

O ordenamento ambiental pode ser entendido como um nível de planejamento que objetiva organizar o uso das diversas partes de um determinado território, considerando as potencialidades e a capacidade inerentes aos sistemas ambientais, buscando garantir a integridade ambiental e a manutenção dos serviços ambientais, seria a busca da sustentabilidade na utilização do espaço (VICENS, 2012).

Na atualidade, as intervenções realizadas nas bacias hidrográficas vêm aumentando significativamente, pois ações como barramentos de cursos d'água, projetos de irrigação, captação de água subterrânea, dentre outras, são efetivadas sem levar em consideração a dinâmica dos siste-

mas ambientais que compõem essas bacias, desencadeando impactos ambientais de diferentes magnitudes.

Nesse contexto, está cada vez mais recorrente que as ações de planejamento de gestão ambiental subsidiam um uso racional dos recursos naturais através de um ordenamento do espaço. Para Rodriguez e Silva (2013) ordenar um território ambientalmente significa dispor do uso dos seus diversos elementos e espaços de acordo com as potencialidades e possibilidades oferecidas pelos seus sistemas ambientais, objetivando alcançar uma melhor distribuição espacial dos seres humanos e suas atividades.

Assim, grosso modo, o ordenamento ambiental visa compatibilizar os objetivos econômicos e sociais com as estruturas ambientais naturais, com o objetivo de garantir a durabilidade e a renovação dos recursos naturais. No âmbito das bacias hidrográficas, as ações de ordenamento ambiental, vinculadas com propostas de planejamento e gestão ambiental, traduzem-se em alternativas de um uso racional dos recursos naturais, em especial a água, fornecendo ações mitigadoras de combate e convivência com a seca.

É possível destacar uma série de ações que objetivam estabelecer bases para um sistema de convivência com o semiárido nordestino, tanto relacionadas com os aspectos legais e institucionais dos recursos hídricos, como com a implantação de atividades que estimulem a permanência da população nos locais submetidos à semiaridez.

As condições de semiaridez não são passageiras, são características inerentes ao ambiente, resultantes de um conjunto de fatores físicos e ambientais, porém algumas ações intensificam essas condições e dificultam ainda mais a convivência da população com esse ambiente.

Mesmo com as adversidades climáticas que tornam o convívio na região mais difícil, é preciso manter a população nos seus locais de origem, mas é necessário também oferecer condições dignas de sobrevivência e alternativas que minimizem os efeitos das secas prolongadas. É nesse contexto que surgem uma série de projetos e programas com esse objetivo.

Como principais ações que podem ser desenvolvidas no semiárido relacionadas com os recursos hídricos, destaca-se como principal a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, a qual viabiliza a preservação dos recursos naturais e compatibiliza o crescimento econômico com a preservação do meio ambiente, através da implantação de um ordenamento ambiental. Assim, tomando como base as bacias hidrográficas, serão listadas a seguir algumas ações que podem ser efetivadas no semiárido como formas alternativas de convivência com a seca.

6.1 Perfuração de poços profundos

A perfuração de poços surge como uma alternativa para minimizar os efeitos da seca, mesmo diante de algumas adversidades como o predomínio do embasamento cristalino, as baixas vazões e os elevados teores de sais, essa ação ainda é responsável pelo armazenamento de uma grande quantidade de água no semiárido.

Assim, sugere-se a realização de um levantamento dos pontos com maior necessidade de abastecimento de água para suprir as demandas humanas e a dessedentação dos animais. Nesse levantamento devem ser considerados os aspectos físico-ambientais da região e a utilização de dessalinizadores para a melhoria da potabilidade da água pelo processo de osmose reversa.

Porém, destaca-se que a utilização dos dessalinizadores ao passo que resolve o problema da potabilidade da água, acarreta alguns problemas como a necessidade de uma deposição adequada dos rejeitos provenientes da dessalinização, alto custo de manutenção e uma logística operacional um pouco complexa.

O problema dos rejeitos oriundos da dessalinização é possível de ser solucionados utilizando-se as seguintes alternativas: uso de tanques com lâminas d'água delgada para incremento da velocidade de evaporação e a conseqüente deposição de sais, criação de peixes em tanques e cultivos de plantas com elevada capacidade de absorção de sais. Já os entraves relacionados a custos e aperfeiçoamento de pessoal, esses devem ser estudadas estratégias de investimentos a nível das esferas federal e estadual em áreas que necessitam da perfuração desses poços.

6.2 Construção de cisternas rurais

A construção de cisternas rurais surge como outra alternativa para armazenar água para ser utilizada nos períodos de seca e atender as necessidades mais urgentes da população, sendo necessário apenas alguns cuidados básicos para manter a qualidade da água como a limpeza do telhado, da cisterna, da calha e da tubulação. Possuem uma capacidade de acumulação entre 7 e 15m³, ofertando cerca de 50 litros de água por dia, para serem utilizadas em um período de 140 a 300 dias.

Mesmo caracterizando-se como uma solução fundamental e viável para atender as necessidades básicas da população, somente as cisternas sem a utilização de outras fontes de abastecimento não conseguem atender a demanda da população, uma vez que o acúmulo de água está condicionado aos índices de precipitação. Mesmo assim, a construção de cisternas enquadra-se como uma boa alternativa para minimizar os impactos das secas e viabilizar a convivência com o semiárido.

6.3 Construção de barragens subterrâneas

A construção de barragens subterrâneas são obras com tecnologia antiga e simples, as quais promovem a infiltração e o armazenamento das precipitações no depósito aluvial, protegendo a água da evaporação e salinização, processos esses recorrentes em outras barragens como açudes e barreiros, que apresentam uma perda significativa do volume de água antes mesmo de sua utilização.

A execução de ações desse porte, que apresentam baixo custo de construção e manutenção, justifica-se pela necessidade de complementar a acumulação das águas nos aquíferos aluviais nas bacias de rios intermitentes, permitindo que se formem reservatórios de água subterrânea com qualidade para atender a demanda da população.

6.4 Tratamento e reaproveitamento de águas servidas

A deposição de efluentes domésticos e industriais, infelizmente, em algumas cidades ainda continua sendo nos corpos d'água, o que compromete a qualidade da água, aumenta o número de doenças de veiculação hídrica e a destruição da biodiversidade, ocasionando também a eutrofização de rios e reservatórios.

Os rios e os pequenos reservatórios são os mais vulneráveis a essa ação, e em especial os rios do semiárido nordestino, que devido ao seu caráter intermitente limita o seu poder de autodepuração. Os efluentes domésticos são lançados diretamente nos cursos d'água sem tratamento, principalmente em áreas que apresentam uma ocupação desordenada, possuindo construções irregulares em partes importantes que compõem o leito do rio, como mostra a figura 02.

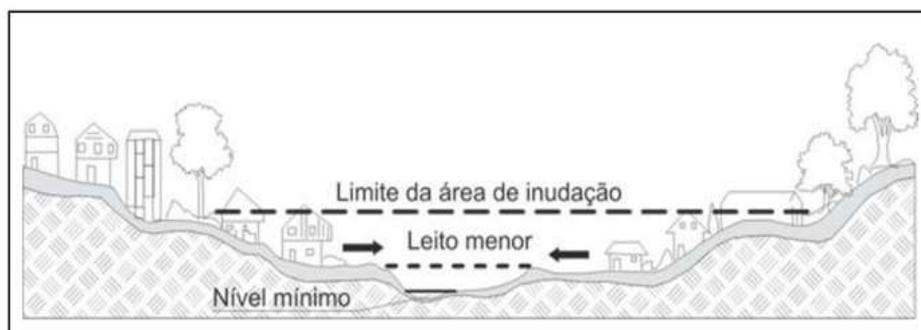


Figura 02- Esquema de ocupação desordenada no leito do rio.
Fonte: Tucci, 2008.

Esse quadro é resultante da ausência de um ordenamento ambiental em determinados espaços, somado com a falta de propostas e ações de planejamento e gestão ambiental que orientem o crescimento/desenvolvimento dos centros urbanos não deve ocorrer em detrimento dos recursos naturais.

Porém como esse é o quadro vigente em inúmeras cidades situadas na zona urbana de regiões semiáridas, é urgente a implantação de estações de tratamentos para as águas servidas, pois o despejo das mesmas in natura ocasiona danos graves à dinâmica dos sistemas ambientais e afeta a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos. Como a água, não só no semiárido, mas no mundo como um todo, é um bem valioso, as ações destinadas a reutilização desse recurso devem ser prioritárias, independente de custos, as quais devem ser aliadas com a conscientização da população sobre o uso e conservação.

As águas reutilizadas, em alguns casos, não são utilizadas para fins que dependam de água potável, porém são úteis para uma série de outras atividades que usam água potável, podendo ser economizado e direcionado o uso da água potável para suprir as demandas de consumo da população. O reuso e a conservação da água foram destacados por Hespanhol (2003) como ações primordiais no Nordeste semiárido.

5. Considerações finais

A investigação direcionada ao planejamento do uso e manejo dos recursos naturais, tendo como objeto de análise a bacia hidrográfica, reforçou a necessidade de se pensar estrategicamente em ações que conduzam a uma postura quanto ao uso, aproveitamento e reaproveitamento da água, priorizando um consumo consciente voltado para a proteção do recurso.

As discussões atuais sobre racionamento e estratégias de gerenciamento, ganharam maior notoriedade em função da escassez que afeta outras regiões do país, e não apenas o Nordeste, considerando que o mesmo já passava por sucessivos anos de seca. A situação atual de diminuição nos reservatórios é oriunda de uma conjunção de fatores e não apenas dos baixos índices pluviométricos.

A escassez de água com qualidade para o consumo humano é decorrente da falta de planejamento mais amplo e da ausência de estratégias que priorizem a qualidade, ordenando não apenas o uso, mas também o processo de degradação crescente que vem afetando a disponibilidade da água quali e quantitativamente.

O combate ao problema da escassez da água no semiárido deve ser efetivado através de formas variadas e ações conjuntas, as quais podem de certo modo suprir a demanda da população por água de qualidade nos períodos de estiagem prolongada. Buscar conviver com as adversida-

des impostas pelo ambiente, através de alternativas que minimizem os impactos da seca é oferecer qualidade de vida para milhares de pessoas que vivem no semiárido nordestino.

Assim, as ações destinadas a essa região são basicamente elaboradas tendo como foco de intervenção a água, não desconsiderando outras demandas da região, mas enfocando o recurso primordial que fornece uma melhor qualidade de vida para todos os seres humanos. As dificuldades de abastecimento no semiárido são mais evidentes na zona rural, ditando uma rotina severa a essa população nos longos períodos de estiagem.

Para se enfrentar essas dificuldades é necessário desenvolver um conjunto de ações voltadas para as demandas da população, e a bacia hidrográfica como base para o planejamento e a gestão ambiental propicia uma melhoria na qualidade de vida, pois otimiza o uso da água. As propostas apresentadas só podem ser efetivadas a partir um planejamento do uso dos recursos hídricos, agregando também as peculiaridades ambientais e econômicas da região.

A reflexão teórica apresentada se caracteriza como uma importante contribuição no âmbito dos estudos integrados, que tem como recorte de análise e planejamento a bacia hidrográfica. Espera-se que a mesma possa contribuir com futuras produções, que reforcem a insustentabilidade do desenvolvimento em detrimento da qualidade dos recursos naturais, e a necessidade urgente de uma reformulação da relação sociedade e natureza que se estabelece de maneira predatória.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. **O comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília: SAG, 2011.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CARTER, J. G.; WHITE, I. Environmental planning and management in an age of uncertainty: The case of the Water Framework Directive. **Journal of Environmental Management** 113, 228-236, 2012.

CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio-São Paulo/Brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

ELLIS, M.; et al. A methodology for evaluating environmental planning systems: A case study of Canada. **Journal of Environmental Management** 91, 1268–1277, 2010.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 3, 2011.

LAMONICA, M. N. A Bacia Hidrográfica – De unidade ambiental a territorial. In: 6º **Congresso Brasileiro de Geógrafos**. Goiânia: AGB, 2004.

MORAGAS, W.M. **Análise dos sistemas ambientais do alto rio Claro - SW/GO**: subsídio ao planejamento e gestão. Dissertação - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, 2005.

MURRAY, S. J. Present and future water resources in India: Insights from satellite remote sensing and a dynamic global vegetation model. **J. Earth Syst. Sci.** 122, No. 1, p. 1–13, 2013.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Ocupação, Uso da Terra e Economia Sustentável na Bacia Metropolitana do Pacoti – Nordeste do Brasil – Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 4, p. 101-113, 2003.

NASCIMENTO, F. R. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais: cenários e desafios. In: MEDEIROS, C. N. et al. (orgs.). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011.

NASCIMENTO, F. R. Os recursos hídricos e o trópico semiárido no Brasil. **GEOgraphia**, vol. 15, n. 29, p. 63-81, 2012.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Editora UFG, 2013.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, 22 (63), 2008.

PRIEGO, A.; COTLER, H. **El análisis Del paisaje como base para El manejo integrado de cuencas**: El caso de La cuenca Lerma-CH. Consultado em: <http://www.agua.org.mx>, 2006.

RODRIGUEZ, J. M. M. et al. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens**. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (org.). Diálogos em geografia física. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental**: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUES, A. S. de L.; MALAFAIA, G. Degradação dos recursos hídricos e saúde humana: uma atualização. **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 10, n. 1, 2009.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

TUCCI, C. E. M. et al. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNUNESCO, 2001.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, 2003.

VAINOV, A.; CONSTANZA, R. Watershed management and the Web. *Journal of Environmental Management*, 56, 231–245, 1999.

VICENS, R. S. Geografia da Paisagem e ordenamento ambiental. In: BARBOSA, J. L.; LIMONAD, E. **Ordenamento territorial e ambiental**. Niterói: Editora da UFF, 2012.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAW Hill do Brasil, 1975.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CURU, CEARÁ, BRASIL

A. G. R. DA SILVA
M. G. T. SENA
E. R. LEDO
F. B. LOPES
E. M. DE ANDRADE

Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar as características morfológicas da bacia hidrográfica do Rio Curu-CE e dos seus principais reservatórios, os açudes General Sampaio (322.200.000 m³), Pereira de Miranda (395.638.000 m³) e Caxitoré (202.000.000 m³), no intuito de conhecer os riscos de enchentes e o potencial de escoamento na bacia. A bacia fica localizada na porção noroeste do Estado do Ceará. Parâmetros morfométricos da bacia foram obtidos pelo MDE (Modelo Digital de Elevação) com dados SRTM, por meio das cartas SA-24-Y-D, SA-24-Z-C, SA-24-V-B e SA-24-X-A conseguidas no site da EMBRAPA, através de técnicas de geoprocessamento utilizando o software ARCGIS 9.3. Os resultados demonstraram que a bacia do Rio Curu possui uma área total de 8.550,34 km² e perímetro de 800,58 km, a rede de drenagem é de 7ª ordem sendo bastante ramificada apresentando um comprimento total de 3.405,72 km, e o comprimento do rio principal de 228,96 km. As três sub-bacias apresentam baixo risco à enchentes em condições normais de chuva, pois os coeficientes de compactidade foram valores relativamente maiores que 1 ($K_c > 1$), o fator de forma apresenta valores muito baixos e o índice de circularidade foi menor que 0,51 para todas as sub-bacias e também para a Bacia do Curu, o que sugere que a bacia apresenta formato mais alongado e menos circular. As três sub-bacias apresentaram densidade de drenagem regular, no entanto na análise da Bacia Hidrográfica como um todo, a densidade de drenagem foi classificada como drenagem muito boa ($2,5 \leq D_d < 3,5$ km/km²).

Palavras-chaves: Semiárido; SIG; Morfometria; Sub-bacias.

Abstract

This study aimed to analyze the morphometric characteristics of the river basin of the River Curu-CE and its main tanks, reservoirs General Sampaio (322,200,000 m³), Pereira de Miranda (395,638,000 m³) and Caxitoré (202 million m³) in order to know the risks of flooding and the potential flow in the basin. The basin is located in the northwestern portion of the State of Ceará. Morphometric parameters of the basin were obtained by DEM (Digital Elevation Model) with SRTM data, through the SA-24-YD letters, SA-24-ZC, SA-24-VB and SA-24-XA achieved in the EMBRAPA site through geoprocessing using ArcGIS 9.3 software. The results showed that the basin of the Rio Curu has a total area of 8550.34 km² and a perimeter of 800.58 km, the drainage network is 7th order being highly branched having a total length of 3405.72 km, and the length the main river of 228.96 km. The three sub-basins have a low risk of flooding in normal rain, because the compactness coefficients were fairly values greater than 1 ($K_c > 1$), the form factor very low values and the circularity index is less than 0.51 for all sub-basins and also to the basin Curu, suggesting that the basin has more elongated and less circular. The three sub-basins have regular drainage density, however the analysis of the river basin as a whole, the drainage density was classified as very good drainage ($2.5 \leq D_d < 3.5$ km / km²).

Key words: Semiarid; GIS; Morphometry; Sub-basins.

1. Introdução

A água é um dos recursos naturais de maior importância, sendo imprescindível para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico e social da população. No entanto, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem (MORAES; JORDÃO, 2002). Sendo de fundamental importância pensar-se estrategicamente a respeito desta riqueza, em como gerenciá-la e estabelecer políticas de conservação do recurso (ANDRADE et al., 2008).

No que diz respeito ao estudo da dinâmica hídrica, a bacia hidrográfica, segundo Tonello (2005), é considerada atualmente, a mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis, dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área.

As características físicas e bióticas de uma bacia exercem importante papel nos processos do ciclo hidrológico. E o conhecimento de tais componentes tem grande aplicação para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes, inundações e erosividade, dentre outros (VILLELA; MATTOS, 1975). Quando aliadas a informações de componentes da dinâmica de funcionamento do ciclo hidrológico, permite avaliar o potencial hídrico de uma região, tornando-se, portanto, um potente instrumento para o manejo de bacias hidrográficas (TONELLO, 2005).

Em análises hidrológicas e ambientais a delimitação de uma bacia é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados. E para isso tem sido comum a utilização de informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devidos à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais (CARDOSO et al., 2006). Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs), métodos automáticos para delimitação de bacias têm sido desenvolvidos desde então (GARBRECHT e MARTZ, 1999).

Dentre as técnicas utilizadas para a determinação e estudo de características morfométricas de uma bacia, destaca-se a utilização de dados de satélite em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIGs). Alves Sobrinho et al. (2010) comparando a delimitação de bacias utilizando cartas topográficas à delimitação automática da rede de drenagem obtida a partir dos dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), concluiu que ambas apresentam precisão compatível. Contudo, devido à gratuidade, a precisão e acurácia dos dados SRTM, estes proporcionam economia de tempo e de recursos, sendo assim uma técnica mais vantajosa com relação ao custo benefício e padronização do traçados.

Diante do exposto, objetivou-se determinar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Curu e das sub-bacias dos reservatórios Caxitoré, General Sampaio e Pereira de Miranda, no intuito de conhecer os riscos de enchentes e o potencial de escoamento na bacia.

2. Material e Métodos

O trabalho proposto tem como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Curu, na porção noroeste do Estado do Ceará (Figura 1). Dentre as bacias do estado do Ceará, a Bacia do rio Curu, com capacidade de acumulação de águas superficiais de 1.068.355.000 m³, drena 15 municípios (CBH, Curu), e possui grande importância socioeconômica para o estado devido a sua localização, próxima à região metropolitana e ao grande número de perímetros irrigados na região dependentes da bacia. O rio Curu nasce na serra do Machado e deságua no litoral oeste do Ceará, com uma extensão de 195 km, possui alguns trechos perenizado pelos açudes General Sampaio (322.200.000

m³), Pereira de Miranda (395.638.000 m³) e Caxitoré (202.000.000 m³). Nessa área, encontram-se localizados os perímetros irrigados Curu-Recuperação e Curu Paraipaba (PALÁCIO et al., 2009).

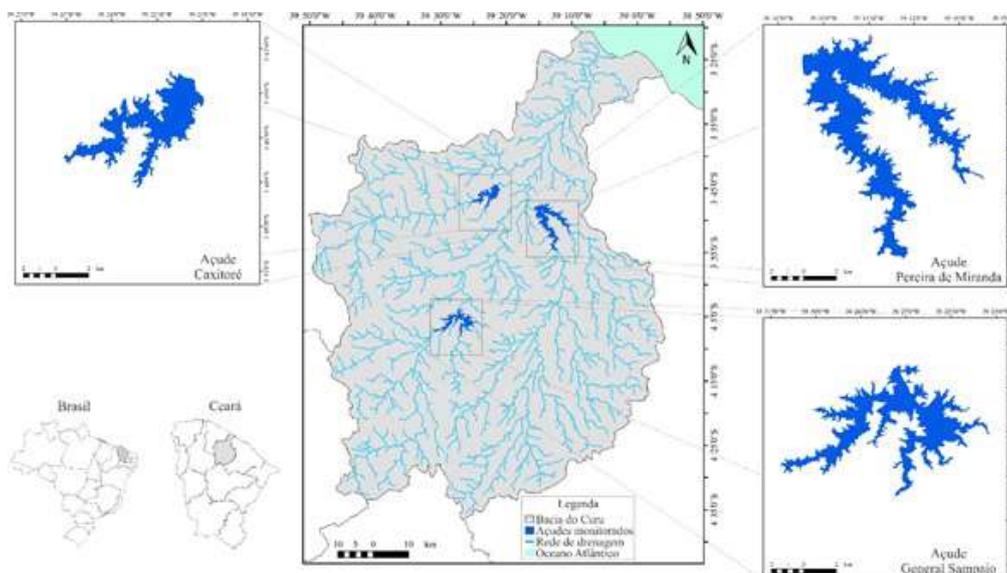


Figura 1 - Localização dos reservatórios Caxitoré, Pereira de Miranda e General Sampaio na bacia do Curu.

Quadro 1 - Atributos dos reservatórios da bacia do Curu

Açude	Capacidade	Conclusão	Bacia hidrográfica	Bacia hidráulica	Precipitação média anual	Tipo de barragem
Caxitoré	202.000.000 m ³	1962	1.430 km ²	4.547 ha	670 mm	Terra homogênea
General Sampaio	322.200.000 m ³	1935	1.720 km ²	3.300 ha	900 mm	Terra zoneada
Pereira de Miranda	395.638.000 m ³	1957	2.840 km ²	5.700 ha	682 mm	Terra homogênea

Fonte: DNOCS (2016)

Para realização desse estudo, utilizaram-se dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) Shuttle Radar Topography Mission da Agência Americana de Administração do Espaço e Aeronáutica (SRTM/NASA), com resolução espacial de 92 x 92 metros (tamanho do pixel).

Utilizou-se quatro cartas: SA-24-Y-D, SA-24-Z-C, SA-24-V-B e SA-24-X-A, adquiridos gratuitamente, em formato geotiff com unidade de altitude em metros, em Sistema de Coordenadas Geográficas e articulação à escala 1:250.000, Datum Horizontal WGS-84 (World Geodetic System 1984) e Datum Vertical EGM96 (Earth Gravitational Model 1996), junto ao Centro Nacional de Pesquisa e Monitoramento por Satélite da EMBRAPA (empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no âmbito da Coleção “Brasil em Relevo” (www.relevobr.cnpm.embrapa.br).

Se fez uso do conjunto de ferramentas ArcHydro dentro do ambiente de trabalho do software ArcMap para a delimitação da bacia do rio Curu, das sub-bacias dos três reservatórios acima citados, como também a extração de dados para a caracterização morfométrica da bacia. Na Figura 2 se expõe um fluxograma resumindo os passos utilizados dentro do ArcHydro para a delimitação de uma bacia hidrográfica, no passo Stream Definition, onde se realiza a definição da rede de drenagem, definiu-se o valor do limite de área acumulada a partir do qual inicia a rede de drenagem de 150 células.

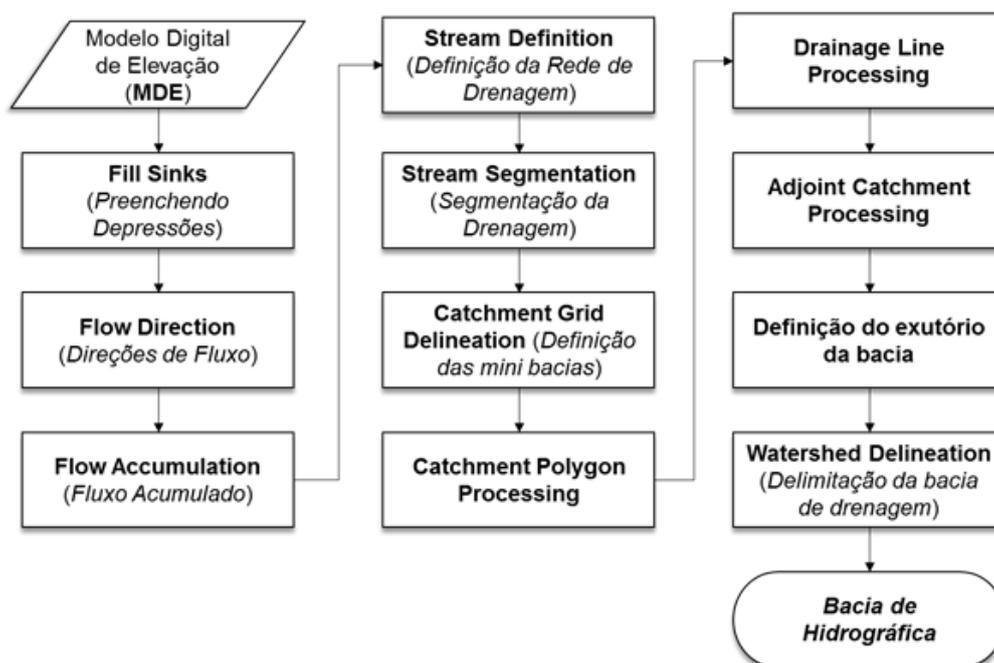


Figura 2 – Fluxograma com as etapas efetuadas no ArcHydro para a delimitação de bacias hidrográficas.

De posse da delimitação da área da bacia, obtiveram-se diferentes características físicas, como: área da bacia (A), perímetro da bacia (P), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), declividade média do canal principal (dm), declividade baseada nos extremos (S1), declividade 15-85 (S2), altitude, densidade de drenagem (Dd), Sinuosidade do curso de água (Sin) e ordem dos cursos d'água.

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com a de um círculo, foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,8 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

em que: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A área de drenagem (m²).

Fator de forma (Kf) é a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial da bacia:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

em que: Kf é o fator de forma e L o comprimento do eixo da bacia (m).

O índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada:

$$I_c = 2,5 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

em que: IC é o índice de circularidade e P o perímetro (m).

Neste estudo foi tomado como base de classificação para o índice de circularidade o propos-

to por Schumm (1956) (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação do Índice de circularidade proposta por Schumm (1956)

$I_c = 0,51$	escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas
$I_c > 0,51$	bacia circular favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas)
$I_c < 0,51$	bacia mais alongada favorecendo o escoamento

Fonte adaptada: Gomes, 2011.

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLLETTI, 1980):

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A} \quad (4)$$

em que: D_d é a densidade de drenagem (km km^{-2}); L_i comprimento total de todos os canais (km) e n é o número de cursos d'água na bacia.

Extensão Média de Escoamento Superficial: Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente:

$$I = \frac{A}{4L} \quad (5)$$

Em que: I Extensão Média de Escoamento Superficial e L o comprimento do rio principal (km).

A sinuosidade dos canais (S_{in}) é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (HORTON, 1945)

$$S_{in} = \frac{L}{\bar{L}} \quad (6)$$

em que: L é o comprimento do rio principal e \bar{L} é o comprimento de um talvegue.

A declividade entre extremos (S_1) é obtida dividindo-se diferença entre as cotas máxima (cabeceira) e mínima (foz) do perfil pelo comprimento do rio:

$$S_1 = \frac{Z_{cabeceira} - Z_{foz}}{L} \quad (7)$$

em que: S_1 é a declividade média dos canais, m/m ; $Z_{cabeceira}$ é a altitude na cabeceira, m ; Z_{foz} é a altitude na foz, m , e L é a distância horizontal entre esses dois pontos, m .

A declividade 15 – 85 (S_2) é obtida de acordo com o método da declividade baseada nos extremos, porém descartando-se 15% dos trechos inicial e final do curso d'água.

$$S_2 = \frac{Z_{85\%} - Z_{15\%}}{L_{85-15\%}} \quad (8)$$

Em que: S2 é a declividade média dos canais, m/m; Z85% é a altitude a 15% de distância da nascente, m; Z15% é a altitude a 85% de distância da nascente (15% da foz), m, e L85%-15% é a distância horizontal entre esses dois pontos, m.

Para confecção da curva de distribuição das declividades (Figura 3), o mapa de classes de altitudes, foi transformado em um mapa de declividade em m/m. Posteriormente foram quantificadas, formando uma base descritiva das declividades da Bacia em seguimentos de área. As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em seis intervalos distintos sugeridos pela Embrapa (1979).

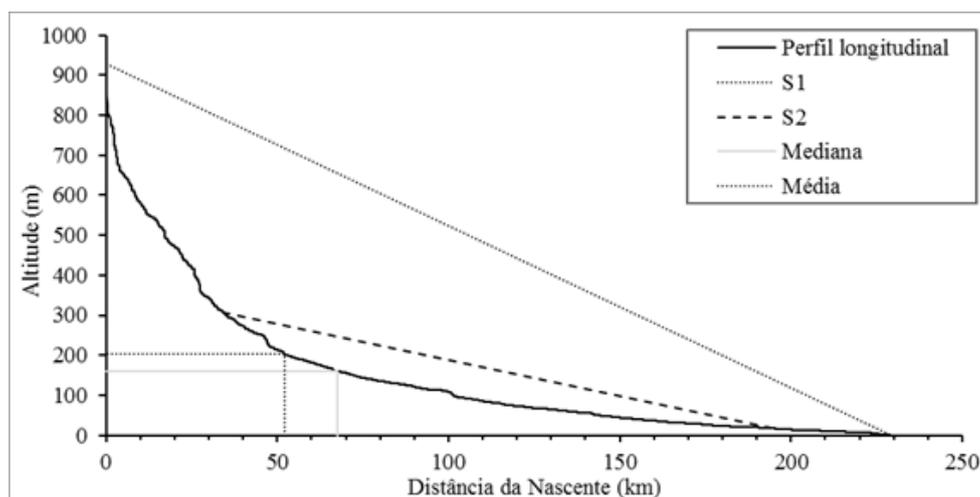


Figura 3 – Perfil longitudinal do rio Curu com as linhas de declividade do álveo.

A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). Utilizou-se neste trabalho a classificação apresentada por Strahler.

3. Resultados e Discussão

A Figura 4 ilustra a distribuição de altitudes na bacia do rio Curu, constatando uma altitude média de 202,5 metros. A maior parte da bacia, cerca de 41,44%, entra em altitudes que variam de 100 a 200 metros (Tabela 1). As menores altitudes localizam-se próximo ao seu exutório no litoral, e as maiores altitudes nos divisores topográficos, alcançando as máximas nos divisores localizados ao sudeste, sudoeste e noroeste, chegando a altitude máxima de 1088,22 metros (Figura 4).

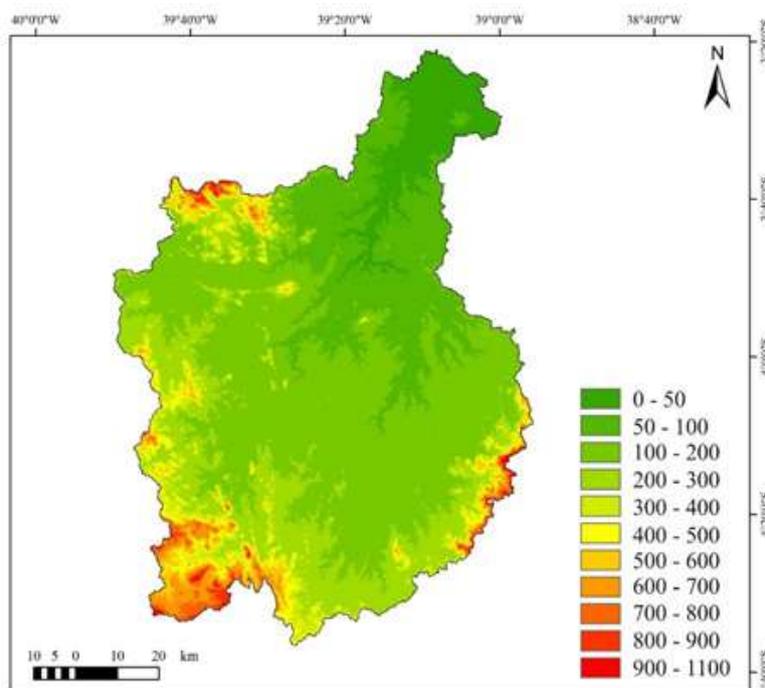


Figura 4 – Mapa com a distribuição da Altitude dentro da bacia do rio Curu.

Altitude (m)		Área (km ²)	%
0	- 50	580.35	6.79%
50	- 100	1470.89	17.20%
100	- 200	3543.24	41.44%
200	- 300	1515.02	17.72%
300	- 400	496.22	5.80%
400	- 500	315.82	3.69%
500	- 600	236.93	2.77%
600	- 700	203.25	2.38%
700	- 800	119.11	1.39%
800	- 900	53.06	0.62%
900	- 1100	16.45	0.19%

Tabela 1 – Distribuição da Altitude dentro da bacia do rio Curu.

Na Tabela 2 e na Figura 5, apresentam-se as informações quantitativas associadas à declividade do terreno da bacia. Observa-se, que a maior parte do relevo é classificado, segundo as classes sugeridas pela EMBRAPA (1979), como plano, com 40,70%, e ainda, 34,57% da bacia possui relevo considerado suave ondulado. 76,27% da bacia do rio Curu possui declividade abaixo de 8%. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo.

Declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	%
0 - 3	Plano	3480.41	40.70%
3 - 8	Suave Ondulado	2955.89	34.57%
8 - 20	Ondulado	996.43	11.65%
20 - 45	Forte Ondulado	967.31	11.31%
45-75	Montanhoso	143.52	1.68%
> 75	Forte Montanhoso	6.78	0.08%

Tabela 2 – Distribuição da declividade dentro da bacia do rio Curu, separadas em classes como sugerido pela Embrapa (1979).

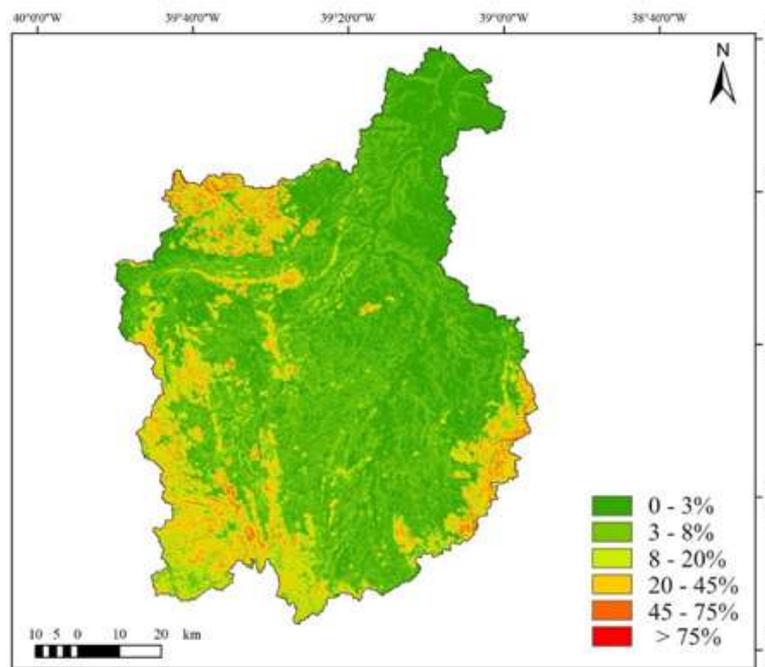


Figura 5 - Mapa com a distribuição da declividade dentro da bacia do rio Curu, separadas em classes como sugerido pela Embrapa (1979).

A Figura 6 mostra a delimitação das sub-bacias dos três reservatórios abordados, Caxitoré, General Sampaio e Pereira de Miranda, dentro dos limites da bacia do Curu.

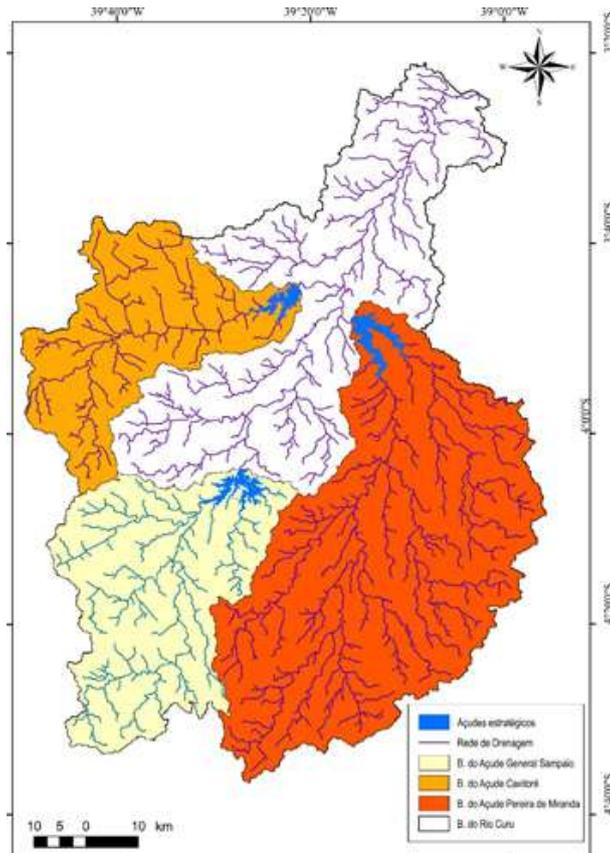


Figura 6 - Delimitação das sub-bacias dos reservatórios, Caxitoré, General Sampaio e Pereira de Miranda, dentro da bacia do Curu.

Na Tabela 3, pode-se observar os parâmetros morfométricos obtidos para as três sub-bacias em estudo e a bacia do rio Curu.

Parâmetros/Bacia	Caxitoré	General Sampaio	Pereira de Miranda	Curu
Área (km ²)	1.262,83	1.592,88	3.242,36	8.550,34
Perímetro (km)	302,31	312,06	439,94	800,58
Altitude Mínima (m)	42,55	94,22	36,57	1,45
Altitude Máxima	1.059,00	1.078,59	1.088,22	1.088,22
Amplitude Altimétrica	1.016,45	984,37	1.051,65	1.086,77
Altitude Média	248,05	344,19	137,70	202,50
Altitude Mediana	149,33	248,97	119,73	160,11
Declividade Mínima (%)	0,00	0,02	0,00	0,00
Declividade Máxima	135,94	145,88	187,22	187,22
Declividade Média	12,08	13,44	4,80	7,87
Declividade Mediana	14,44	7,94	2,84	11,12
Comprimento dos rios (km)	983,73	1.276,23	2.633,99	3.405,72
Comprimento do rio principal	93,05	102,10	137,04	228,96
Comprimento axial da bacia	53,55	53,34	79,69	114,25
Ordem	5 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,38	2,19	2,16	2,42
Fator de forma (Kf)	0,01	0,02	0,02	0,01
Índice de circularidade (Ic)	0,17	0,21	0,21	0,17
Densidade de drenagem (Dd) (km/km ²)	1,28	1,25	1,23	2,51
Extensão média de escoamento (l)	3.392,75	3.900,34	5.915,18	9.335,93
Sinuosidade (Sin)	1,74	1,91	1,72	2,00
Declividade baseada nos extremos (S1) (m/m)	0,0053	0,0081	0,0049	0,0039
Declividade 15 – 85 (S2)	0,0024	0,0056	0,0016	0,0018

Tabela 3 - Parâmetros morfométricos da bacia do rio Curu e das sub-bacias dos reservatórios Caxitoré, General Sampaio e Pereira de Miranda.

De acordo com o resultados obtidos, a bacia do rio Curu apresenta uma área total de 8.550,34 km², dado este bem próximo ao fornecido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu (8.534 km²). O perímetro foi de 800,58 km, comprimento do rio principal de 228,96 km e possui uma rede de drenagem total de 3.405,72 km. A densidade de drenagem é classificada como muito boa, de acordo com Villela e Matos (1975) (Quadro 3). O coeficiente de compacidade para a bacia apresenta valor distante de 1 (2,42), o fator de forma baixo (0,01) e o índice de circularidade (0,17) menor que 0,51, o que sugere que a bacia apresenta formato mais alongado e menos circular (SCHUMM, 1956), indicando que há menor susceptibilidade à enchentes, já que a ocorrência de chuvas intensas simultaneamente sobre toda a área é menos provável.

A sub-bacia do rio Caxitoré apresenta a menor área, com 1.262,83 km² e perímetro de 302,31 km. O comprimento do rio principal é de 93,05 km com uma rede de drenagem total de 983,73 km. A densidade de drenagem é de 1,28 km/km², e segunda a classificação descrita por Villela e Mattos (1975) (Quadro 3), esse valor indica que a sub-bacia possui uma capacidade de drenagem regular. A sub-bacia é de 5^a ordem, indicando ser bem ramificada. Um coeficiente de compacidade significativamente distante de 1 (2,38), o fator de forma muito pequeno (0,01) e o índice de circularidade (0,17) sendo menor que 0,51 segundo a classificação proposta por Schumm (1956) indicam que a sub-bacia é mais comprida não apresentando forma próxima a de um círculo e dessa forma está menos sujeita a processos de inundações, pois há menores chances de chuvas intensas ocorrerem

simultaneamente sobre toda a área, concentrando grande quantidade de água no curso principal, e sendo o deflúvio em um só ponto (VILLELA; MATTOS, 1975). Segundo Teodoro et al. (2007) o índice de sinuosidade próximo a 1 indicam que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares, dessa forma o valor de 1,74 condiz com um canal irregular. Segundo Antoneli e Thomaz (2007) os canais do tipo retilíneos favorecem o transporte de sedimentos.

Quadro 3 – Classes de densidade de drenagem segundo Villela e Mattos (1975)

Bacias com drenagem pobre	$Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem regular	$0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem boa	$1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem muito boa	$2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
Bacias excepcionalmente bem drenadas	$Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

Quanto a sub-bacia do reservatório General Sampaio, que tem área de 1.592,88 km², e perímetro de 312,06 km, sua ordem foi enquadrada como 6ª o que indica ser ainda mais ramificada que a do Caxitoré. A sub-bacia de General Sampaio e do Caxitoré apresentaram as maiores declividades médias, associadas as menores amplitudes altimétricas, com relação a sub-bacia do Pereira de Miranda e a bacia do Curu, o que é justificado pelos menores comprimentos dos seus rios principais, tendo uma resposta mais rápida de uma cheia em seus exutórios. Resposta semelhante foi encontrada por Calil et al. (2012) quando estudando atributos morfométricos da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, procurando associá-los com as classes de solos predominantes na área da bacia. Assim como a sub-bacia anteriormente descrita a do General Sampaio apresenta drenagem regular, e por apresentar valores do índice de circularidade, fator de forma e coeficiente de compacidade próximos aos do Caxitoré, é dita que está pouco sujeita a eventos de inundações. Outro ponto interessante é quanto a sinuosidade, que sendo a maior dentre as sub-bacias nos diz que apresenta o canal menos sujeito ao carreamento de sedimentos, como base na ideia de Antoneli e Thomaz (2007).

No estudo da sub-bacia do reservatório Pereira de Miranda, verifica-se que apresenta maior área de captação e maior amplitude altimétrica dentre as três estudadas o que proporciona uma rede de drenagem de comprimento total maior (2.633,99 km) e mais ramificada (6ª ordem). Relação semelhante foi encontrada por Calil et al. (2012). Essa sub-bacia apresentou a menor, embora não pior, densidade de drenagem, o que pode ser explicado pelo raciocínio de Feitosa et al. (2011) que ao estudar a caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do Rio Pajeú, PE, diz que um sistema de drenagem pouco desenvolvido pode estar relacionado às características naturais do clima na região do semiárido, com baixos índices de pluviosidade ao longo do ano e chuvas concentradas num curto período, bem como, a sua situação geomorfológica dominada por áreas de altitudes modestas e pouco acidentadas, que é o caso da sub-bacia em questão que apresenta a maioria da sua área sob relevo plano a suave ondulado, e ao pequeno comprimento da maioria dos canais. Segundo Antoneli e Thomaz (2007), a densidade de drenagem fornece uma boa indicação da eficiência da drenagem de uma bacia, independente dos canais serem perenes, intermitentes ou temporários. Apesar de ter a maior amplitude altimétrica a declividade média foi a menor (4,8%) registrada, o que segundo Feitosa et al. (2011) esse resultado corrobora com a maior extensão média de escoamento observada (5.915,18 km). Esse resultado pode estar relacionando também com os maiores comprimentos, do rio principal e axial da sub-bacia.

4. Conclusão

Constata-se que as três sub-bacias apresentam baixo risco à enchentes em condições normais de chuva, já que os dados de coeficiente de compacidade foram valores relativamente maiores que 1 ($K_c > 1$), o fator de forma apresenta valores muito baixos e o índice de circularidade foi menor que 0,51 para todas as sub-bacias e também para a Bacia do Curu, o que sugere que a bacia apresenta formato mais alongado e menos circular, dessa forma está menos sujeita a processos de inundações, pois há menores chances de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente sobre toda a área, concentrando grande quantidade de água no curso principal, e sendo o deflúvio em um só ponto.

As três sub-bacias apresentaram densidade de drenagem regular, no entanto na análise da Bacia Hidrográfica como um todo, a densidade de drenagem foi classificada como drenagem muito boa ($2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$).

Referências

- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, n. 1, p.46-57, 2010.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso - MT. **Geociências (São Paulo)**, São Paulo, v. 27, n. 2, 2008. Disponível em <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822008000200007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em Mar. 2016.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.
- BAENA, L.; GN et al. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraíba do Sul. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 612-624, 2004.
- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.433-442. 2012. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400014>
- CARDOSO, C.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **REVISTA ÁRVORE**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETT, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1980. 150p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro:1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).
- FEITOSA, A.; SANTOS, B. O.; ARÁUJO, M. S. B. Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do Rio Pajeú, PE: o estudo de caso da Bacia do Rio Pajeú, PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, n.4, p.820-836, 2011.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. Digital elevation model issues in water resource modeling Proceedings of the 19th ESRI International User Conference Presentation, San Diego, CA, 1999.

HORTON R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56(3). p.275-370. 1945.

MORAES, D. S. L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102002000300018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

OLIVEIRA, P. T. S. D.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p. 819-825, 2010.

PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALEXANDRE, D. M. B.; ARRAES, F. D. D. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2494-2500, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000900017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000900017>.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646. 1956.

STRAHLER A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v. 20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

FUNÇÃO SOCIAL DAS INFRAESTRUTURAS HÍDRICAS NO ESTADO DO CEARÁ

A. L. SABOIA
J. L. F. SAMPAIO

Resumo

Desde o final da década de 1980, com as modificações na condução da gestão pública no Ceará, um novo modelo de gestão hídrica foi estruturado, cuja realização de obras hidráulicas de grande envergadura tem modificado o território e a distribuição dos recursos hídricos. Nesse sentido, o presente artigo objetiva analisar a função social das infraestruturas hídricas do Ceará. A metodologia foi pautada na pesquisa bibliográfica, na pesquisa documental e na realização de trabalhos de campo. A realização de grandes obras tem atendido historicamente a oferta hídrica para as maiores aglomerações populacionais e novos setores produtivos demandantes, não garantindo efetivamente o acesso à água para as comunidades rurais e populações de pequenos e médios municípios.

Palavras-chave: gestão hídrica; seca; acesso à água.

Abstract

Since the late 1980s, with the changes in the conduct of public management in Ceará, a new water management model is structured, the realization of hydraulic major works have modified the territory and the distribution of water resources. In this sense, this article aims to analyze the social function of water infrastructure of Ceará. The methodology was based on bibliographic research, desk research and conducting fieldwork. The realization of large works has historically served the water supply for larger agglomerations and new applicants productive sectors not effectively ensuring access to water for rural communities and populations of small and medium-sized municipalities.

Keywords: water management; drought; water access.

1. Introdução

No final da década de 1980 ocorreu uma transição política no Ceará em que os novos representantes oriundos de grupos empresariais do setor industrial adentraram a política com a perspectiva econômica modernizante, modificando a gestão pública, inclusive, na esfera dos recursos hídricos.

O atual modelo de gestão hídrica do Ceará tem priorizado grandes obras de engenharia hidráulica com foco na edificação de açudes e eixos de transferência e integração. Os reservatórios são oriundos de uma política mais antiga, enquanto estes últimos tiveram ênfase na transição do século XX para o XXI.

Nesse contexto, o objetivo geral do artigo consiste em analisar a função social das infraestruturas hídricas do estado do Ceará, região do Nordeste do Brasil.

2. Metodologia

A metodologia foi baseada na pesquisa bibliográfica, na pesquisa documental e na realização de trabalhos de campo (MARCONI; LAKATOS, 2010). A primeira contribuiu para a revisão da literatura quanto ao histórico de construção das principais infraestruturas hídricas no Ceará. A segunda foi pautada na obtenção de documentos oficiais da Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) e da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), no acesso aos sítios eletrônicos “Portal hidrológico do Ceará” e “Atlas eletrônico dos recursos hídricos do Ceará” e na seleção de notícias de jornais de grande circulação. Nos dias 05 e 06 de março do ano de 2016 foram efetuados trabalhos de campo para conhecimento in loco e registro fotográfico das maiores infraestruturas hídricas do estado.

3. Resultados e Discussões

A capacidade total de acumulação hídrica nos 153 açudes públicos monitorados pela COGERH e DNOCS é de 18.721.000.000 m³. No dia 30 de março de 2016, o volume deste conjunto de reservatórios foi de 2.367.000.000 m³, correspondendo a 12,6% da capacidade de estocagem. 126 açudes estavam com volumes inferiores a 30%. As exceções eram os reservatórios Caldeirões (município de Saboeiro) e Quandú (município de Itapipoca) que estavam sagrando e os açudes Gameleira (município de Itapipoca), Trici (município de Tauá), Maranguapinho (município de Maranguape) e Colina (município de Quiterionópolis) com volumes acima de 90% (FUNCEME; COGERH, 2016).

O percentual de armazenagem total está declinando consideravelmente nos últimos quatro anos. Conforme a matéria “Nível dos açudes é o mais baixo dos últimos dez anos” veiculada pelo jornal Diário do Nordeste, no dia 16 de abril de 2015, para o mesmo período do ano estas porcentagens no estado foram de 71,1% (2012), 48,6% (2013) e 32,5% (2014).

No que se refere aos percentuais de estoques hídricos por bacia hidrográfica em relação à capacidade total de cada uma, no dia 30 de março de 2016, a conjuntura era a seguinte: Litoral (40,11%), Alto Jaguaribe (30,29%), Coreaú (36,5%), Metropolitana (19,57%), Serra da Ibiapaba (16,82%), Salgado (15,11%), Acaraú (9,86%), Médio Jaguaribe (8,95%), Sertões de Crateús (4,38%), Banabuiú (2,96%), Curu (2,88%) e Baixo Jaguaribe (0,25%) (FUNCEME; COGERH, 2016).

Em novembro de 2014, dos 184 municípios cearenses, 176 estavam em situação de emergência em função da escassez hídrica e dos problemas socioeconômicos decorrentes. Até o dia 4 de maio de 2015, em meio à quadra chuvosa, 67 municípios estavam nesta situação. Como o segundo semestre do ano apresenta menores índices pluviométricos, houve uma expansão do número

de municípios em situação de emergência.

Os 15 maiores reservatórios têm capacidade total de armazenamento de 14.651.549.500 m³, o que representa em torno de 80% da possibilidade de acumulação no Ceará. Dentre estes, os açudes Araras, Orós, Banabuiú e Castanhão, que são de porte macro (superior a 750.000.000 m³), têm a capacidade de comportar aproximadamente 60% do total no estado. A maioria dessas infraestruturas apresenta volumes alarmantes, interferindo diretamente nas disponibilidades hídricas. A Tabela 1 retrata os 15 maiores açudes do estado, incluindo suas atuais realidades. Fica evidente a participação da política de açudagem do DNOCS, com exceção dos reservatórios Pacajus e Arneiroz II.

Este panorama explicita o período crítico que o estado do Ceará atravessa na esfera dos recursos hídricos. Populações rurais e urbanas, especialmente no domínio semiárido, continuam submetidas a condições limitadas de abastecimento de água, o que provoca alterações e impactos na dinâmica social e econômica.

Tabela 1 - Maiores açudes do Ceará

Açude	Capacidade (M ³)	Volume atual (%)	Bacia hidrográfica	Município	Orgão Executor	Término da obra
Padre Cícero (Castanhão)	6.700.000.000	9,55	Médio Jaguaribe	Alto Santo	SRH / DNOCS	2003
Juscelino Kubitschek de Oliveira (Orós)	1.940.000.000	34,55	Alto Jaguaribe	Orós	DNOCS	1961
Arrojado Lisboa (Banabuiú)	1.601.000.000	0,47	Banabuiú	Banabuiú	DNOCS	1966
Paulo Sarasate (Araras)	891.000.000	5,89	Acaraú	Varjota	DNOCS	1958
Figueiredo	519.600.000	1,89	Médio Jaguaribe	Iracema	DNOCS	2013
Pedras Brancas	434.051.500	12,16	Banabuiú	Quixadá	DNOCS	1978
Pereira de Miranda (Pentecoste)	395.638.000	1,24	Curu	Pentecoste	DNOCS	1957
Pacoti	380.000.000	28,87	Metropolitana	Horizonte	DNOCS	1981
General Sampaio	322.200.000	2,56	Curu	General Sampaio	DNOCS	1935
Roberto da Costa (Trussu)	301.000.000	21,93	Alto Jaguaribe	Iguatu	SRH / DNOCS	1996
Taquara	274.000.000	13,31	Acaraú	Cariré	DNOCS	2012
Edson Queiroz (Serrote)	254.000.000	14,50	Acaraú	Santa Quitéria	DNOCS	1987
Pacajus	240.000.000	15,21	Metropolitana	Pacajus	CAGECE	1993
Caxitoré	202.000.000	6,24	Curu	Umirim	DNOCS	1962
Arneiroz II	197.060.000	28,52	Alto Jaguaribe	Arneiroz	SRH / SOHIDRA	2005

Fonte: SRH, 2016; FUNCEME; COGERH, 2016. Acesso em: 30 março 2016.

Os estudos técnicos para a formulação do projeto do açude Paulo Sarasate (Araras) iniciaram-se em 1920 e foram concluídos em 1938, após sucessivas interrupções. Somente em 1951, como atividade emergencial de combate à seca, a barragem auxiliar foi empreendida. Em 1956, começou a instalação da barragem principal e no ano de 1958 se deu o término. Na concepção do projeto, este açude foi destinado à: perenização e controle de cheias do rio Acaraú; irrigação nas áreas de várzea; geração de energia hidroelétrica; piscicultura; e produção agrícola à montante (ARAÚJO, 1982).

O reservatório Araras é responsável pelo abastecimento humano dos municípios de Varjota, Ipu, Pires Ferreira, Reriutaba e Hidrolândia. Em virtude do baixo nível das suas águas, as comportas foram fechadas visando-se garantir o suprimento até o começo do ano de 2016. Por outro lado, os municípios à jusante foram impactados pela redução de oferta hídrica no rio Acaraú, sendo estes: Morrinhos, Santana do Acaraú, Forquilha, Groaíras, Cariré e Sobral. A pequena central hidrelétrica não é utilizada e a irrigação e a piscicultura tiveram forte declínio neste período de seca.

O debate acerca da necessidade da construção do açude Presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira (Orós) remonta ao final do século XIX, na fase imperial de gestão dos recursos hídricos. Dificuldades e discordâncias na elaboração do projeto técnico e a indisponibilidade financeira fizeram com que sua obra fosse iniciada de fato em 1958 e concluídas em 1961. Em sua proposta original, foram delineadas as seguintes finalidades: perenização do rio Jaguaribe; irrigação do Médio e Baixo Jaguaribe; piscicultura; culturas agrícolas nas áreas de montante; turismo; e aproveitamento hidroelétrico (ARAÚJO, 1982). As instalações para geração de energia nunca ocorreram.

Nos dias atuais, as sedes municipais de Orós, Quixelô e Jaguaribe são abastecidas pelas águas do Orós, sendo o rio Jaguaribe perenizado até a entrada do reservatório Castanhão. A piscicultura teve a produção diminuída pela redução do volume hídrico e a liberação de água para irrigação foi limitada em razão do agravamento da escassez.

O reservatório Arrojado Lisboa (Banabuiú) teve sua obra iniciada em 1952. A incidência de elevadas taxas de precipitações pluviométricas e o conseqüente aumento dos níveis de água na área da construção resultaram em uma série de paralisações e readaptações do projeto. Em 1963, as atividades foram retomadas em ritmo acelerado e concluídas em 1966. Este açude foi edificado com as funções de: irrigação do Baixo Jaguaribe; controle de cheias do rio Banabuiú; piscicultura; e aproveitamento das áreas de montante (ARAÚJO, 1982).

O açude Banabuiú apresenta nos dias correntes um dos quadros mais críticos, pois a barragem está quase totalmente seca. O fornecimento de água está ocorrendo exclusivamente para o abastecimento humano dos municípios de Banabuiú, Morada Nova e Ibicuitinga e suprimento para os carros-pipa. O perímetro irrigado Tabuleiro de Russas, cuja maior porção de recursos hídricos é oriunda deste reservatório, está com provimento limitado.

A perspectiva de se construir um açude estratégico no Ceará com possibilidade de receber as águas de uma futura transposição do rio São Francisco data do início do século XX. No entanto, apenas na década de 1980 ocorreram concretamente os estudos e procedimentos técnicos e burocráticos para a edificação do açude Padre Cícero (Castanhão), após a extinção do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) e incorporação das atribuições desta instituição, incluindo o projeto do Castanhão, pelo DNOCS.

A obra foi iniciada em 1995 e terminada no ano de 2003. O empreendimento do açude Castanhão foi permeado por intensos debates e processos políticos, haja vista os impactos causados por esta infraestrutura. A desterritorialização de comunidades rurais e a destruição da sede municipal de Jaguaribara com o planejamento e execução de uma nova cidade foram marcadas por discursos e posicionamentos divergentes.

O DNOCS e o governo estadual defenderam o projeto do Castanhão com a ideologia da oferta hídrica e do desenvolvimento econômico. De lado oposto, movimentos sociais, intelectuais, organizações ligadas à igreja e grupos de representantes das comunidades rurais e do município de Jaguaribara imprimiram resistências ao seu avanço. Foram compulsoriamente desterritorializadas 2.268 famílias de comunidades rurais, sendo reassentadas 1.515 cujas indenizações não permitiam se reestabelecerem dignamente (MONTE, 2005).

O município de Nova Jaguaribara foi planejado pelo governo do Estado, que procurou re-produzir infraestruturas, a exemplo da igreja matriz, semelhantes as da antiga cidade. No ano de 2000, começaram as transferências de moradores e em 2002, o novo município foi inaugurado.

O Castanhão é o maior açude do país destinado a múltiplos usos, com ênfase para: abastecimento humano; irrigação; piscicultura; uso industrial; reservatório pulmão; fornecimento de água para outras bacias hidrográficas; recebimento hídrico da transposição do rio São Francisco; entre outros. É atribuído ao açude grande relevância no atual modelo de gestão hídrica, pelo seu porte e finalidades socioeconômicas. O estado de alerta no açude, com volume abaixo de 10%, tem ensejado restrições de usos, especialmente para a irrigação. Com a futura chegada das águas da transposição do rio São Francisco (eixo norte) através de canais de derivação para a bacia do rio Salgado, o reservatório contará com incremento na oferta.

Analisando a construção do Castanhão, Monte (2005, p. 294-295) constatou que,

Se a modernização pode ser entendida como o desenvolvimento da racionalidade instrumental e representa o marco econômico e cultural de nossa época, sendo um critério necessário ao desenvolvimento econômico e estabelecendo o referencial obrigatório para qualquer política; o processo de uso e controle das águas no Ceará, tendo como base a Barragem do Castanhão, certamente tem contribuído para levar o Estado a se transformar num paradigma de modernização, pelo menos a “modernização hídrica”, citada como exemplo a ser seguido por outros estados do país. Entretanto, esta mesma modernização provoca a marginalização tanto de amplos setores da sociedade, como também de regiões inteiras e pode ser contraposta à modernidade enquanto racionalidade normativa, esta fundamentada na soberania popular e nos direitos humanos.

O acesso à água em comunidades rurais e sedes municipais adjacentes ao reservatório, como Jaguaribara e Jaguaratama, não foi alterado substancialmente por esta infraestrutura. Conforme a notícia “Moradores de Jaguaratama realizam protesto por adutora” veiculada pelo jornal Diário do Nordeste, no dia 31 de janeiro de 2015, os referidos municípios dependiam de carros-pipa para abastecimento, o que resultou em protesto pela população de Jaguaratama. Como resultado, em 23 de maio de 2015, uma adutora emergencial de montagem rápida de 16,6 km foi inaugurada pela SOHIDRA para o atendimento da população de Jaguaratama. A captação da adutora se dá no perímetro irrigado do Alagamar, cujas águas são advindas do açude Castanhão.

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) é abastecida pelos reservatórios Aracoiaba (município de Aracoiaba), Acarape do Meio (município de Redenção), Sítios Novos (município de Caucaia) e pelo sistema Pacajus-Pacoti-Riachão-Gavião, respectivamente, nos municípios de Pacajus, Horizonte, Itaitinga e Pacatuba. Este sistema é recarregado pelas precipitações pluviométricas e pelas águas do Castanhão por meio dos eixos de transferência do Canal do Trabalhador e do Eixão das Águas. No dia 30 de março de 2016, a situação dos açudes era: Aracoiaba (19,61%); Acarape do Meio (24,18%); Sítios Novos (0,71%); Pacajus (15,21%); Pacoti (28,87%); Riachão (32,37%); Gavião (83,14%) (FUNCEME; COGERH, 2016).

O estado do Ceará possui dois Centros de Controle Operacional (CECOP's) de recursos hídricos, destinados ao monitoramento, comando e modificação dos parâmetros operacionais mediante o recebimento dos dados e envio de sinais digitais para as Unidades Terminais Remotas (UTR's). O primeiro está localizado no município de Fortaleza, na sala de operações da COGERH, atuando nos sistema de abastecimento da RMF e no Eixão das Águas. O segundo está situado no município de Jaguaribara, interferindo no Eixão das Águas.

As UTR's foram instaladas nas infraestruturas hídricas com as funções de: controle; aquisição de dados; operações matemáticas; intertravamentos; e sequenciamentos. Cada UTR possui em sua estrutura um Controlador Lógico Programável (CLP) para executar as tarefas descritas. A comunicação entre os CECOPs e as UTRs ocorre por intermédio de tecnologias de transmissão de dados via rádio (rádio-modem e GPRS). A COGERH pretende integrar esse sistema ao Cinturão

Digital do Ceará.

O Ceará foi o primeiro estado da região Nordeste a implantar eixos de integração de recursos hídricos no âmbito de sub-bacias hidrográficas. No ano de 1981, o sistema Pacoti-Riachão, inserido na bacia do rio Pacoti, foi interligado ao açude Gavião, pertencente à bacia de drenagem do rio Cocó. Esta estratégia de gestão na bacia Metropolitana visou garantir o abastecimento da RMF.

Em meados da década de 1990, o sistema Pacoti-Riachão-Gavião apresentava sinais de exaustão por não atender satisfatoriamente as demandas hídricas da RMF, notadamente do município de Fortaleza. No ano de 1993, o governo estadual de Ciro Ferreira Gomes projetou um sistema de transferência da bacia do Baixo Jaguaribe para a bacia Metropolitana, denominado de Canal do Trabalhador, construído emergencialmente no período de três meses e com o custo total de R\$ 48 milhões. Para Gondim (2007), essa infraestrutura teve repercussões políticas exitosas para o governador, impulsionando sua projeção nacional. A rapidez, a magnitude, o caráter emergencial e a associação com a simbologia da seca foram componentes que contribuíram para este processo.

O Canal do Trabalhador consiste em uma estação elevatória e um canal de adução de 102,5 km, com capacidade de vazão de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Inicia no município de Itaiçaba através de uma derivação do rio Jaguaribe e termina no município de Pacajus, no açude de mesmo nome. Esta infraestrutura também é utilizada para: abastecimento humano dos municípios de Aracati, Fortim e Palhano; abastecimento humano de alguns distritos dos municípios de Beberibe e Cascavel; irrigação ao longo do canal; abastecimento de assentamentos rurais; captações por comunidades rurais difusas; fornecimento de água para carros-pipa; suprimento hídrico para lagoas nos períodos de estiagem (COGERH, 2009; DIÁRIO DO NORDESTE, 2014).

O Eixão das Águas consiste em um sistema adutor automatizado e monitorado partindo do açude Castanhão e terminando no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Engloba adutoras, estações elevatórias, reservatórios, aquedutos, túneis e canais, totalizando 256 km de extensão em cinco trechos. Representando uma das grandes obras de engenharia hidráulica do país, o seu custo total foi de R\$ 1,5 bilhão com recursos oriundos do PROGERIRH, do BNDES e do PAC 2.

Os trechos que compõem o Eixão das Águas foram delimitados da seguinte forma: Trecho I (se estende por 54,7 km, do reservatório Castanhão ao açude Curral Velho, no município de Morada Nova); Trecho II (compreende 45,9 km, do açude Curral Velho ao rio Pirangi, na Serra do Félix); Trecho III (com 66,3 km, parte da Serra do Félix ao açude Pacajus); Trecho IV (abrange 33,9 km, do reservatório Pacajus ao açude Gavião); Trecho V (contempla 55,1 km, do açude Gavião ao CIPP).

As bacias hidrográficas do Médio Jaguaribe, Banabuiú, Baixo Jaguaribe e Metropolitana são recortadas pelo Eixão das Águas. Sua capacidade de vazão é de $22 \text{ m}^3/\text{s}$, destinando-se prioritariamente ao abastecimento da RMF e do CIPP, que não estão enfrentando graves problemas de suprimento hídrico em decorrência da transferência das águas do Castanhão. Em segundo plano, atende parcela da demanda de irrigação ao longo do seu percurso.

A inauguração do Trecho V ocorreu em 19 de março de 2014, dia do padroeiro do Ceará (São José) com forte simbologia concernente à previsão de chuvas. Estiveram presentes autoridades políticas, dentre elas, a Presidente da República Dilma Vana Rousseff. Em seu discurso, o ex-governador Cid Ferreira Gomes afirmou que,

Essa obra é resultado de uma política hídrica que já beneficia 4 milhões de cearenses. O Eixão foi planejado há 16 anos, durante o Governo Tasso. De 2009 para cá, inauguramos quatro trechos. Desde maio do ano passado, Fortaleza é abastecida com a água do Castanhão, localizado há mais de 200 km e, agora os grandes empreendimentos do Pecém, como a Siderúrgica e a Termelétrica passam a ter essa garantia por mais 30 anos. São 4 milhões de pessoas beneficiadas (CEARÁ, 2014).

O discurso do ex-governador denota a finalidade central da obra, o abastecimento de Fortaleza e do CIPP, territórios de elevada demanda hídrica em razão da concentração populacional e de atividades produtivas. O beneficiamento generalizado da população é evocado como recurso ideológico de legitimação da infraestrutura. Por outro lado, contradições sobre a destinação dos recursos hídricos do Eixão das Águas são frequentemente denunciadas por organizações sociais.

O artigo “Tem água para ver, mas não para beber” publicado pelo portal da Revista Fórum, no dia 31 de julho de 2013, compara realidades sobre o acesso à água do Eixão. O assentamento rural Amazonas se localiza na fronteira dos municípios de Morada Nova e Russas. As 50 famílias sobrevivem de aposentadorias, bolsas governamentais e da pequena produção agropecuária. A referida infraestrutura hídrica recorta o assentamento, mas não foi implantada adutora, embora haja promessa da SRH. O consumo humano e a dessedentação animal se dão por meio de carros-pipa contratados, onde cada família desembolsa até R\$ 150 por semana.

A comunidade rural Piauí de Dentro, próxima do assentamento Amazonas, é formada por 60 famílias. Foram instaladas pela SRH uma adutora, uma caixa d'água e um chafariz para captação do Eixão das Águas, mas estes equipamentos não estão funcionando por insuficiência de energia elétrica. Parte das famílias retira água diretamente do Eixão após andarem 3 km.

Há poucos quilômetros do assentamento Amazonas e da comunidade Piauí de Dentro, a Fazenda Melancias, propriedade da empresa Agropecuária Esperança do Grupo Edson Queiroz, possui adutora instalada que retira recursos hídricos do Eixão das Águas para cultivo de pastagens destinadas à alimentação de rebanhos ovinos e caprinos. De acordo com o artigo, esta conjuntura é mais ampla do que somente os casos citados.

O projeto do Cinturão das Águas do Ceará (CAC) prevê a construção de 1.300 km de canais, túneis e sifões a partir da transposição das águas do rio São Francisco em seu eixo norte. A previsão do custo do projeto é de R\$ 9 bilhões, com conclusão estimada entre 10 e 15 anos. O objetivo geral do CAC é garantir oferta de água para as 12 bacias hidrográficas do estado. Conforme SRH (2010, p. 13), os objetivos específicos são,

1. Aproveitar de forma maximizada as águas transpostas do rio São Francisco para o Estado do Ceará, através da implantação de um sistema adutor que permita a sua adução integralmente gravitária para as regiões menos favorecidas do território estadual, garantindo seu suprimento hídrico a custos reduzidos;
2. Garantir o suprimento hídrico de uma parcela representativa das populações difusas do meio rural e dos pequenos aglomerados urbanos, que atualmente são abastecidos com carros-pipas ou fazem uso de fontes hídricas de qualidade duvidosa, através da implantação de adutoras gravitárias de baixíssimo custo, que poderão desaguar em cisternas posicionadas estrategicamente e/ou fazer uma distribuição em marcha;
3. Garantir o suprimento hídrico de parcela significativa das cidades interioranas de pequeno a médio porte e de algumas cidades grandes, que frequentemente enfrentam problemas de escassez acentuada de recursos hídricos devido à ausência de mananciais que garantam a oferta e possibilitem a viabilidade técnico-econômica de implantação de sistemas de adução;
4. Permitir, eventualmente, a liberação de vazões para trechos de cursos d'água que não contam com capacidade de regularização, devido à impossibilidade física de implantação de reservatórios de suficiente dimensão geométrica e potencial hídrico;
5. Contribuir para a melhor eficiência hídrica de grandes reservatórios de perenização, através da adoção de regras de operação que otimizem a sinergia hídrica;
6. Fornecer oferta hídrica para projetos de irrigação, em especial os com produção centrada no cultivo de frutíferas e outras culturas perenes, durante os períodos de estiagens

prolongadas;

7. Promover o desenvolvimento do turismo na região litorânea a oeste de Fortaleza através da garantia de suprimento hídrico decorrente da implantação de uma grande estrutura de adução praticamente paralela à linha da costa.

Um das principais características do CAC é que seu sistema adutor é preponderantemente gravitatório, com exceção do Ramal Litoral, o que implica em redução dos custos com bombeamento e energia elétrica.

O atendimento às populações de comunidades rurais difusas e de pequenas, médias e grandes cidades suscetíveis à escassez é preconizado pelo projeto. Além disso, é explícita sua relação com a oferta hídrica para projetos de irrigação e para o setor turístico. As projeções de demanda contidas no mesmo documento tornam mais claras as imbricações do CAC com o processo de reestruturação produtiva, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Consolidação das demandas hídricas da área de influência do CAC

Discriminação	Demandas hídricas (m ³ /s)		
	2010	2020	2040
Abastecimento humano	13,29	15,77	21,47
Dessedentação animal	1,54	1,83	2,58
Setor industrial	5,76	14,56	17,81
Setor de turismo	0,35	1,92	2,77
Setor de irrigação	30,74	41,85	53,51
Total	51,68	75,93	98,14

Fonte: SRH, 2010.

Ao passo que a oferta hídrica será ampliada, a demanda tenderá a aumentar, com ênfase para o abastecimento humano, consumo industrial e, sobretudo, irrigação. Desse modo, haverá elevação da arrecadação através da cobrança pelo uso de recursos hídricos por parte da COGERH.

O Trecho 1 (Jati - Cariús) possuirá 145,3 Km de extensão e vazão pré-estimada de 30 m³/s. A tomada d'água será iniciada na barragem Jati, de onde ocorrerá captação do eixo norte da transposição do rio São Francisco. Seu término será na travessia do rio Cariús. O custo do Trecho 1 será de R\$ 1,6 bilhão, dos quais o Governo do Estado responde por R\$ 400 milhões e a União pelo restante do valor via PAC 2.

O Trecho 1 se desenvolverá no sentido leste-oeste (margeando a Chapada do Araripe) e recortará as bacias hidrográficas do Salgado e Alto Jaguaribe. Sua edificação foi iniciada no final do ano de 2014 com perspectiva de término para meados de 2016, sendo dividida na licitação em cinco lotes. Atuam na construção seis empreiteiras, a saber: Lote 1 (PB Construções, Construtora Passarelli e Serveng Engenharia); Lote 2 (S.A. Paulista); Lote 3 (Marquise Engenharia); Lote 4 (PB Construções, Construtora Passarelli e Serveng Engenharia); Lote 5 (Toniolo, Busnello S.A.). Tais corporações fazem parte de grandes grupos empresariais nacionais que operam em diferentes segmentos na área de infraestrutura.

O planejamento é de que o Trecho 1 atenderá especialmente as demandas de abastecimento humano, dessedentação animal, uso industrial e irrigação de vários municípios através de adutoras, perenização de cursos fluviais e alguns reservatórios.

O Trecho 2 (Cariús - Jaguaribe/Poti) terá uma extensão de 380 km com vazão pré-estimada de 30 m³/s, recortando a bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe. Com sentido sul-norte, se iniciará no sifão Cariús e terminará no município de Tauá. Atenderá notadamente demandas de abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação. O Ramal 1 partirá do Trecho 2 mediante uma

derivação de 20 km, composta por canal e túnel. Com vazão pré-estimada de 5 m³/s, sua função será alimentar a bacia hidrográfica do Banabuiú.

O Trecho 3 (Jaguaribe - Poti/Acaraú) atravessará principalmente a bacia hidrográfica dos Serões de Crateús e uma pequena parte da bacia do Acaraú. Com vazão pré-estimada entre 20 e 25 m³/s, sua extensão será de 149,7 km e se estenderá do município de Independência ao município de Tamboril. Atenderá uma porção do estado caracterizada por grandes deficiências de atendimento da demanda hídrica, inclusive de usos prioritários. O Ramal 2 segue do Trecho 3 com vazão pré-estimada de 10 m³/s e 10 km de canal e túnel, também destinando-se ao incremento hídrico da bacia hidrográfica do Banabuiú.

O Ramal Leste terá início no final do Trecho 3, seguindo na direção leste, para as áreas de nascentes das bacias hidrográficas do Acaraú, do Curu, Metropolitana e do Banabuiú (a montante do açude Cedro). Sua extensão será de 260 km com vazão pré-estimada de 8 m³/s. Atenderá demandas de perímetros irrigados, do município de Sobral e parcelas da RMF e do CIPP.

O Ramal Oeste se iniciará no fim do Trecho 3, no sentido oeste, contornando outras porções de nascentes da bacia hidrográfica do Acaraú até adentrar a bacia hidrográfica do Coreaú. Sua extensão terá 155 km e vazão pré-estimada de até 15 m³/s. Este ramal poderá ser interligado futuramente à bacia hidrográfica do Parnaíba, no estado do Piauí. Atenderá em especial o consumo humano, dessedentação animal e irrigação.

O Ramal Litoral se desenvolverá no sentido oeste-leste, integrando os cursos inferiores dos rios Acaraú e Curu em um canal de 40 km com vazão pré-estimada de 6 m³/s. Necessitará de bombeamento em função das pequenas oscilações das cotas altimétricas. Será subdividido em duas etapas: a primeira partirá da barragem Santa Rosa no perímetro irrigado do Baixo Acaraú até o perímetro irrigado Curu-Paraipaba; a segunda iniciará no perímetro irrigado Curu-Paraipaba, terminando no canal Sítios Novos que se dirige ao CIPP. O Ramal Litoral forma um eixo perenizado paralelo à linha de costa, cuja finalidade será a oferta hídrica para empreendimentos turísticos do litoral oeste, alimentação de sistemas lacustres, suprimento para perímetros irrigados e uso industrial no CIPP.

A Alternativa Gravitária consiste em uma possível interligação do Ramal Oeste com o Ramal Litoral por meio de canal de adução completamente por gravidade com extensão de 140 km e vazão pré-estimada de 5 m³/s.

O projeto do CAC tem sido defendido pelo governo estadual por intermédio do discurso da segurança hídrica. Em visita às obras do Trecho 1, o atual governador Camilo Sobreira de Santana afirmou que,

A garantia da Transposição para o ano que vem, entrando no Ceará pelo Cinturão das Águas, representa a garantia de que 2/3 da população do Estado, nas regiões do Cariri, Jaguaribe, Fortaleza e Região Metropolitana, não tenham problema de abastecimento de água (SRH, 2015).

Muitas incertezas, no entanto, quanto ao tempo para a conclusão do CAC e aos impactos gerados ainda são presentes. Dentre estas, um dos aspectos que suscita questionamentos é a efetivação do real acesso à água pelas populações mais vulneráveis, a exemplo de comunidades rurais difusas e de municípios de menores concentrações populacionais e atividades produtivas. Experiências anteriores de grandes infraestruturas hídricas mostram que nem sempre os abastecimentos dos mais vulneráveis são substancialmente alterados.

O projeto de transposição das águas do rio São Francisco tem sido executado em dois eixos. O eixo norte perpassará o Nordeste Setentrional e o eixo leste prosseguirá para o Nordeste Oriental. No Ceará, este projeto fornecerá recursos hídricos para: o CAC a partir da Barragem Jati; o riacho

dos Porcos (afluente do rio Salgado), onde está prevista uma primeira e pequena derivação da ordem de 7 m³/s; para o rio Salgado por meio de uma segunda e maior derivação mediante uma bifurcação (Trecho 3), que desaguará nas proximidades do município de Lavras da Mangabeira perenizando o rio Jaguaribe.

No que se referem às ações de amenização dos efeitos da seca, os governantes estaduais em parceria com a União têm adotado as respectivas estratégias: entre 2007 e 2014 foram perfurados 2.353 poços profundos pela SRH; o programa estadual de adutoras de montagem rápida instalou até a sua terceira fase adutoras em 27 municípios; atendimento de elevado número de municípios por carros-pipa; implantação de cisternas pelos programas Brasil Sem Miséria, Água para Todos e Projeto São José. Até o dia 22 de março de 2015, há no estado 49 mil cisternas de placa, 36.638 cisternas de polietileno e 1.500 cisternas de enxurrada.

Contudo, as ações emergenciais empreendidas não têm atendido satisfatoriamente as populações vulneráveis à escassez de água, sobretudo, as populações rurais difusas e pequenas e médias sedes municipais. Diante desta conjuntura, o governador Camilo Sobreira de Santana apresentou o Plano Estadual de Convivência com a Seca, no dia 25 de fevereiro de 2015, na Assembleia Legislativa do Estado. O plano foi estruturado em um modelo de gestão institucional integrada, sendo estabelecidos cinco eixos: conhecimento e inovação; benefícios sociais; segurança alimentar; sustentabilidade econômica; segurança hídrica.

O eixo da segurança hídrica prevê ações emergenciais, estruturantes e complementares de oferta de água para múltiplos usos. As ações emergenciais foram orçadas em R\$ 385.985.544,94, dos quais o Governo do Estado responderá por R\$ 78.618.926,42 e a União por R\$ 307.366.618,52. Porém, R\$ 121.232.116,93 ainda não foram pactuados com o governo federal. Estão centradas no: fornecimento de água por carros-pipa; aquisição de estações de tratamento de água móveis; instalação de adutoras de montagem rápida; perfuração de poços profundos; implantação de dessalinizadores em poços; interligação dos poços profundos a chafarizes; aquisição de unidades de tratamento de água; ampliação da estação de bombeamento do Eixão das Águas; preparação para a estação de bombeamento do açude Pacoti em seca severa.

As ações estruturantes preveem investimentos de R\$ 5.035.721.936,66, distribuídos entre governo estadual (R\$ 792.413.959,15), governo federal (R\$ 3.530.482.977,51) e outros (R\$ 712.825.000). Ainda não foram pactuados com a União R\$ 1.315.647.692,41. As estratégias traçadas foram: conclusão do Trecho 1 do CAC; elaboração do projeto técnico do Trecho 2 do CAC; duplicação do Eixão Águas, incluindo derivações e integração com o açude Pacajus; produção de projeto técnico para os eixos de integração Quixeré e Jaguaribe/Icapuí; implantação de sistema de captação do rio Jaguaribe para o perímetro irrigado Tabuleiro de Russas; instalação de sistemas simplificados (zonas rurais) e convencionais (zonas urbanas) de abastecimento de água e esgotamento sanitário; construção de cisternas cilíndricas, de placa e de polietileno; colocação de distritos de medição e controle para redução de perdas físicas de água; edificação de 14 barragens; realização de estudos para outras 4 barragens; construção de barragens subterrâneas; estudo, projeto e implantação de reuso de esgoto nos distritos industriais de Maracanaú e Pacajus; efetivação de sistema de reuso na estação de pré-condicionamento de esgoto do CIPP; estudo, projeto e implantação de reuso agrícola em lagoas de estabilização; aquisição e montagem de macromedidores para grandes consumidores agrícolas; construção e recuperação de adutoras convencionais; implementação de práticas de manejo e conservação do solo e da água na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe; estudo para utilização de água dessalinizada em municípios litorâneos; confecção de planos municipais de saneamento básico.

As ações complementares são: conclusão do projeto de transposição das águas do rio São Francisco; edificação da barragem Fronteiras no município de Crateús; manutenção do fornecimento de água por carros-pipa pelo Exército; efetuação de campanhas educativas sobre o uso

responsável da água; redução em 20% do consumo de energia elétrica e água nas instituições do governo estadual.

O Plano Estadual de Convivência com a Seca perpetua a gestão da oferta como a vertente privilegiada. Todavia, acarreta inovações relevantes ao planejar mudanças nas esferas da gestão da demanda e da gestão da qualidade. O contingenciamento de gastos por parte da União e do Estado no atual cenário econômico do país coloca em cheque a concretização de todas as ações orquestradas no plano, tendo em vista as diversas ações não pactuadas.

4. Considerações Finais

A gestão da oferta tem sido a vertente privilegiada no tratamento governamental dos recursos hídricos. Por outro lado, a gestão da demanda e a gestão da qualidade são empreendidas de forma tímida e pouco abrangente pelas instituições do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (SIGERH).

Em meio ao ciclo de secas, um novo mapa das águas está sendo produzido no Ceará, cujas infraestruturas hídricas alteram o território e acentuam a transformação da primeira em segunda natureza. O desenvolvimento técnico-científico tem permitido o empreendimento de grandes projetos de engenharia hidráulica, redesenhando a hidrografia e os caminhos das águas.

O acesso à água pelas populações mais vulneráveis à escassez não é uma garantia com a efetuação das grandes infraestruturas, de modo que os movimentos e organizações sociais questionam a função social e os interesses político-econômicos vinculados a estas obras.

A compreensão dos grandes consumidores de recursos hídricos no estado torna-se fundamental, haja vista que a ampliação da oferta hídrica por intermédio de infraestruturas possui forte imbricação com as mudanças nos padrões e tipos de consumo e uso da água em meio ao processo de reestruturação produtiva.

Referências

ARAÚJO, J. A. de A. **Barragens no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: DNOCS, 1982.

CEARÁ. **Plano estadual de convivência com a seca**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2015.

_____. **Eixão das Águas: segurança hídrica para RMF e CIPP durante 30 anos**. Disponível em: <<http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/10326-eixao-das-aguas-seguranca-hidrica-para-rmf-e-cipp-durante-30-anos>> Acesso em: 19 março 2014.

COGERH autoriza usos alternativos da água do Canal do Trabalhador. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 19 fevereiro 2014. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/cogerh-autoriza-usos-alternativos-da-agua-do-canal-do-trabalhador-1.815693>> Acesso em: 21 fevereiro 2014.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Função social do Canal do Trabalhador**. Fortaleza: COGERH, 2009.

_____. **Conheça as 7 principais ações do governo para garantir a segurança hídrica**. Disponível em: <<http://portal.cogerh.com.br/noticias/2074semanadaaguaconhecaas7principaisacoesdogovernoparagarantirasegurancahidricanoceara?tmpl=component&print=1>> Acesso em: 8 maio 2015.

FUNCEME; COGERH. **Portal hidrológico do Ceará**. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>> Acesso em: 30 março 2016.

GONDIM, L. M. P. Os “governos das mudanças” (1987-1994). In: SOUSA, S. de (Org.) **Uma nova história do Ceará**. 4 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MONTE, F. S. de S. **O uso e controle das águas no processo de modernização do estado do Ceará: o caso da barragem do Castanhão**. 2005. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MORADORES de Jaguaretama realizam protesto por adutora. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 31 janeiro 2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/moradores-de-jaguaretama-realizam-protesto-por-adutora-1.1210001>> Acesso em: 13 fevereiro 2015.

NÍVEL dos açudes é o mais baixo dos últimos dez anos. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 16 abril 2015. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/nivel-dos-acudes-e-o-mais-baixo-dos-ultimos-dez-anos-1.1268983>> Acesso em: 18 abril 2015.

PORTAL FÓRUM. **Tem água para ver, mas não para beber**. Disponível em: <<http://www.revistaforum.com.br/blog/2013/07/tem-agua-para-ver-mas-nao-para-beber/13-apos-10-anos-eixao-das-aguas-causou-diversos-impactos-ao-longo-dos-255km-de-extensao-incluindo-alteracoes-visuais-na-paisagem-600x380/>> Acesso em: 13 novembro 2013.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Impacto Ambiental do projeto do Trecho 1 (Jati - Cariús) do Cinturão das Águas do Ceará**. Fortaleza: VBA Tecnologia e Engenharia S/A, 2010.

_____. **Atlas eletrônico dos recursos hídricos do Ceará**. Disponível em: <<http://atlas.srh.ce.gov.br/>> Acesso: 30 março 2016.

_____. **Camilo Santana: cinturão vai garantir segurança hídrica para o Ceará**. Disponível em: <<http://www.srh.ce.gov.br/noticias/governadorcamilosantanavisitaobrasdocinturao>> Acesso em: 23 maio 2015.

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO COREAÚ (CEARÁ – BRASIL)

**FRANCISCO RODRIGO CUNHA DE SOUSA
DAVIS PEREIRA DE PAULA**

Resumo

Este estudo busca analisar possibilidades técnicas e metodológicas do geoprocessamento enquanto importante ferramenta para pesquisas de aspectos físicos e ambientais em bacias hidrográficas, possibilitando a construção de um Sistema de Informação Geográfica da área de interesse a ser estudada. Para aplicação dos procedimentos, a bacia hidrográfica do rio Coreaú, com uma área de 10.635km² e localizada a oeste da capital do estado do Ceará/Brasil, foi definida como a área da pesquisa. A metodologia baseou-se no processamento de dados espaciais como imagens do sensor OLI (LANDSAT8) e bases cartográficas temáticas (IBGE), por meio de técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial, obtidos gratuitamente em fontes oficiais. Os resultados indicaram que apesar da existência de obstáculos como múltiplas bases cartográficas e escalas na produção dos dados temáticos originais, que exigem necessariamente a execução de procedimentos de edição vetorial para a sua efetiva integração, os produtos cartográficos possibilitaram importantes análises das características físicas da bacia hidrográfica enquanto sistema ambiental, enfatizando os recursos hídricos e o planejamento ambiental.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Sistema de Informação Geográfica; Análise ambiental; Bacia hidrográfica.

Abstract

This study sought to analyze technical and methodological possibilities of geoprocessing as an important tool to investigate the physical and environmental aspects in hydrographic basin, allowing the construction of a Geographic Information System in the area of interest in the study. For implement the procedures haven chosen the basin of the river Coreaú as the study area, with an area of 10.635km² and which is located in the west of the state capital of Ceará/Brazil. The methodology was based on the processing of spatial data as images of OLI sensor (LANDSAT8) and thematic cartographic databases (IBGE), through of techniques of remote sensing and spatial analysis, accessed free on official sources. The results show that although there are obstacles as multiple cartographic bases and scales in the production of the original thematic data, which will necessarily require performing vectors editing procedures for their effective integration, the cartographic products have enabled important analysis of the physical characteristics of the hydrographic basin as an environmental system, emphasizing hydric resources and environmental planning.

Keywords: remote sensing; Geographic Information System; environmental analysis; hydrographic basin.

1. Introdução

As bacias hidrográficas expressam a síntese e essência das relações geográficas, pois ao mesmo tempo que manifestam diversidades paisagísticas em seu interior, em ambientes muito distintos como nascentes e estuários, estão estruturadas em um sistema morfológico aberto e sujeito às condições e interferências de fatores regionais como o clima.

A bacia hidrográfica é uma unidade físico territorial substancial para o planejamento ambiental e gerência do território (GUERRA, 2012; NASCIMENTO, 2005), à medida que possibilita a análise integrada dos componentes da natureza comumente delineados pelos divisores de águas, que se movem e estabelecem laços históricos e culturais ao longo dos cursos d'água como as comunidades ribeirinhas, além do mais é apresentada como a unidade delimitadora fundamental "para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos" (Lei Federal 9.433/1997), fortalecendo e subsidiando a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Ministério do Meio Ambiente, 2011).

No contexto semiárido brasileiro, os estudos em bacias hidrográficas são mais relevantes ainda, sobretudo devido à escassez natural dos recursos hídricos que leva à necessidade de diversas práticas de convivência com esta realidade, seja por meio da construção de grandes obras como represas ou adutoras ou através de técnicas adequadas de cultivo para a agricultura, sendo importantes e diversificados os trabalhos que adotam os divisores de água semiáridos como delimitadores do seu objeto de estudos, enfatizando sobretudo o inventário e planejamento ambiental como Grangeiro (2004), Lima (2012) e Silva et al (2015).

Dada a importância da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de análise geográfica, planejamento e gestão, este estudo analisou de forma integrada as possibilidades técnicas do geoprocessamento aplicado à investigação científica da bacia hidrográfica do rio Coreaú, tendo por intuito principal, o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica que possibilite a construção de análises integradas de temas relevantes ao inventário dos recursos naturais e ao planejamento ambiental.

Vale destacar também que as técnicas de mapeamento vêm sendo amplamente utilizadas como importante recurso nos processos de planejamento ambiental, pois além de possibilitar a construção de valiosas análises espaciais, facilitam a obtenção de dados geográficos por meio do sensoriamento remoto e permitem a construção de conhecimentos analíticos e modeladores/representativos da realidade, sendo que a partir do advento do avanço tecnológico tornaram-se muito acessíveis à comunidade científica em geral (CÂMARA, 2004).

2. A bacia hidrográfica do rio Coreaú

A bacia hidrográfica do rio Coreaú está localizada na porção Noroeste do estado do Ceará, à aproximadamente 250 Km da capital Fortaleza, tendo como acesso principal a BR-222 e a CE-402 (Figura 1). Encontra-se inserida entre as latitudes 2°47'10.19"S e 3°56'37.23"S e longitudes 40°12'51.94"W e 41°19'25.81"W, ocupa uma área de aproximadamente 10.635 km² e perímetro de 565 Km.

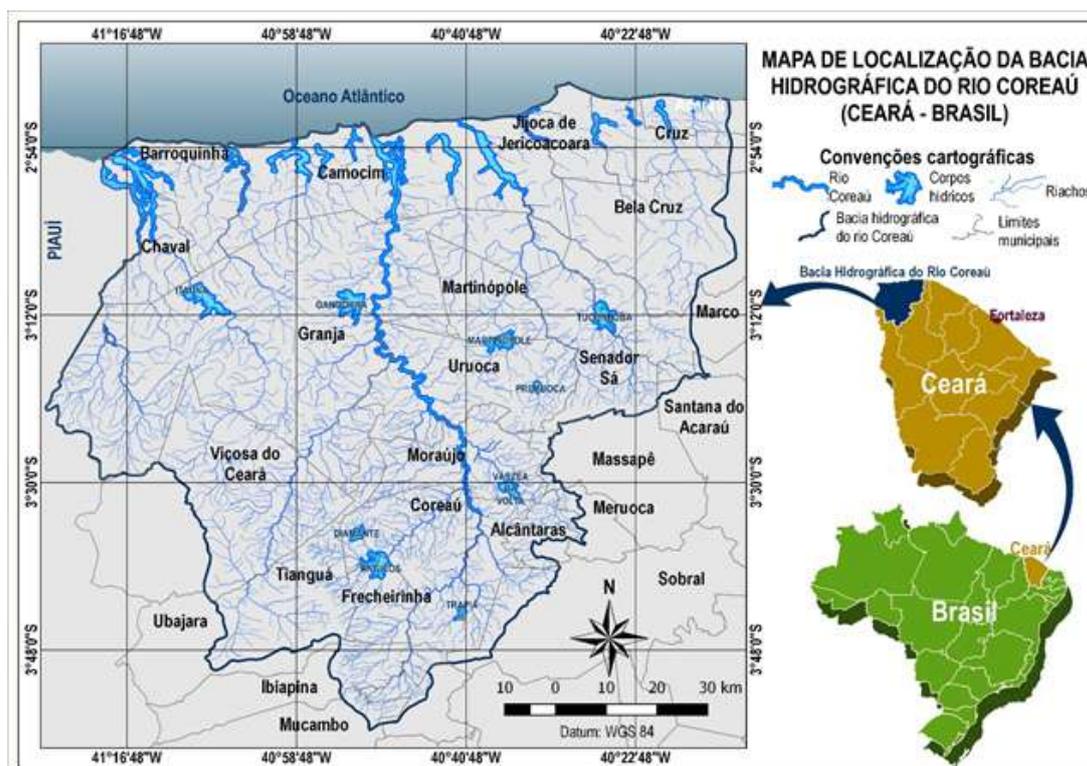


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

O rio Coreaú tem suas nascentes principais localizadas no Planalto da Ibiapaba (Sudoeste da bacia) e no Maciço Residual da Meruoca (Sudeste), a citar as nascentes dos rios Juazeiro, Jatobá, Quatiguaba e Poção, com drenagem aberta ao mar, percorrendo pela Depressão Sertaneja, tem seu leito principal perenizado à altura do município que leva o seu mesmo nome, Coreaú, na junção dos riachos Caiçara e Jatobá. Na bacia estão localizados importantes reservatórios de água para as sociedades locais como Angicos, Gangorra e Várzea da Volta.

Do ponto de vista hidroclimático, a bacia está inserida no contexto semiárido, caracterizada por altas temperaturas, baixos índices de umidade, irregularidades espaciais e temporais no regime de chuvas, que dificilmente ultrapassam 1.000 mm (FUNCEME, 2016) anuais e quando associado às demais feições da natureza, como solos, relevo e geologia, apresenta um quadro agravado pelas altas taxas de escoamento superficial e pouquíssima retenção de água no solo.

3. Materiais e Métodos

Ao longo do desenvolvimento deste estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica pertinente ao tema e analisado os procedimentos técnicos e operacionais que envolvem o uso do geoprocessamento na análise ambiental de bacias hidrográficas no ambiente do Sistema de Informação Geográfica, considerando os conhecimentos prévios de campo.

3.1. O mapeamento

No mapeamento da bacia hidrográfica do rio Coreaú foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 (sensores OLI e TIRS) com resolução espacial de 30 m, reamostradas com a banda pancromática para a resolução espacial de 15 m, cenas 218/63 e 218/62 capturadas em 12/08/2014. Também foi utilizada a carta topográfica da Superintendência para o Desenvolvimento do Nor-

deste (SUDENE) publicada em 1972, na escala de 1:100.000. A base cartográfica foi constituída por arquivos do tipo shapefile disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) além de curvas de nível e canais de drenagem que foram obtidos através do Modelo Digital de Elevação, enquanto que os corpos hídricos foram digitalizados sobre a imagem de satélite.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido a partir do Projeto TOPODATA, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio de dados originais da imagem de radar do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). As informações geológicas foram extraídas do Atlas da Geodiversidade do Brasil produzida originalmente pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), na escala de 1:1.000.000. Outras bases também foram utilizadas no mapeamento dos sistemas ambientais presentes na bacia do rio Coreaú, sendo os dados geomorfológicos do projeto RADAMBRASIL (escala original de 1:250.000), informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária sobre os solos da região (escala 1:250.000) e componentes de vegetação do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) do Ministério do Meio Ambiente, na escala de 1:250.000.

3.2. O processamento dos dados

Os procedimentos operacionais foram realizados com auxílio do software QGIS 2.14, que foi integrado através de complementos com o SAGA GIS e o GRASS GIS, possibilitando organizar, processar, analisar e interpretar os dados geográficos pertinentes a bacia hidrográfica do rio Coreaú.

O georeferenciamento procedeu-se por meio de base cartográfica, cujo procedimento consiste em capturar coordenadas a partir de um produto cartográfico específico, previamente existente. Para o estudo, utilizamos a carta da SUDENE (1972), produzida na escala 1:100.000, sob o Sistema de Referência de Coordenadas Córrego alegre (EPSG:22524), que já contém georeferenciamento desenvolvido pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, apenas para fins de situação. Entretanto, optou-se por sobrescrever o georeferenciamento prévio com um novo a partir da própria grade de coordenadas impressa na carta, utilizando como critérios: trinta pontos de controle para cada folha, distribuídos uniformemente, com no máximo 2 pixels residuais por ponto (assim, ocasionando uma imprecisão da amostragem inferior a 15 m).

Os dados foram reamostrados com o método “Vizinho mais próximo”, que interpola automaticamente os valores de coordenadas de cada pixel da folha em relação aos pontos de controle. Finalizado o georeferenciamento das folhas, procedeu-se a conversão dos dados georeferenciados para o Datum WGS 84 (Sistema de Referência de Coordenadas EPSG:4326).

O próximo passo consistiu em realizar o pré-processamento dos dados sob representação raster, no qual procedeu-se com o mosaico banda por banda das cenas das imagens do sensor OLI transportado pelo satélite LANDSAT 8, posteriormente empilhadas em arquivo único. O georeferenciamento do raster resultante foi executado a partir da carta topográfica previamente georeferenciada, através da identificação e correlação de feições relevantes, como pontes, paredes de barragens e cruzamentos de estradas importantes.

As ferramentas Top of atmosphere reflectance, IHS Sharpening e RGB Composite do software SAGA GIS foram utilizadas para proceder, respectivamente, com a correção da refletância atmosférica das imagens para redução de efeitos como sombras e aumento da exatidão de medições de áreas e distâncias, reamostragem da resolução espacial de pixels de 30 m para 15 m a partir da combinação com a faixa espectral pancromática e realização das composições RGB 543 (infravermelho), 654 (falsa cor – com realce da vegetação) e 432 (cor natural).

Os limites da bacia hidrográfica foram obtidos por meio da ferramenta *r.watershed* do GRASS GIS, tendo por entrada o Modelo Digital de Elevação e limiando os valores mínimos de 500.000 pixels para delimitação da bacia principal e 50.000 pixels para as sub-bacias. A rede de drenagem

também foi obtida com a mesma ferramenta.

A ferramenta Supervised classification for grids do SAGA GIS foi utilizada para os procedimentos de classificação supervisionada das imagens do sensor OLI, das faixas espectrais 4, 5 e 6, na qual foram adotadas cinco amostras para cada categoria de uso e cobertura, sendo elas: vegetação arbórea com espécies preservadas, vegetação arbustiva-aberta com presença de agropecuária, solo exposto com presença de vegetação secundária (gramíneas), áreas urbanas e corpos hídricos (quadro 1).

FEIÇÃO	COMPOSIÇÃO RGB 654 (30m)	COMPOSIÇÃO RGB 654 (15m)	CLASSIFICAÇÃO
Vegetação arbórea com espécies preservadas			
Vegetação arbustiva-aberta com presença de agropecuária			
Solo exposto com presença de vegetação secundária			
Áreas urbanas			
Corpos hídricos			

Quadro 1 – Categorias de uso e cobertura identificados a partir de composições RGB.

Além do mais, para fins de subsidiar uma melhor interpretação da vegetação, processou-se a camada de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que consiste no cálculo a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (visível – vermelho) do sensor OLI dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas, através da ferramenta “Calculadora raster” do QGIS, utilizando a fórmula $\text{Float}(\text{Banda5} - \text{Banda4}) / \text{Float}(\text{Banda5} + \text{Banda4})$.

4. Resultados e Discussão

4.1. A resolução espacial do pixel

A transformação da resolução espacial por técnica de interpolação (vizinho mais próximo) das composições RGB integradas à banda pancromática possibilitou uma excelente distinção dos alvos mapeados. Na imagem comparativa da figura 2 é notável a melhora considerável na qualidade visual dos alvos. Observa-se que elementos como áreas com edificações, barragens e estradas que não eram passíveis de identificação ou eram pouco perceptíveis nas imagens originais do sensor OLI, puderam ser facilmente visualizados a partir da fusão com a banda pancromática. Esta melhoria na qualidade visual é indispensável, sobretudo para os procedimentos de entrada e edição de dados geográficos vetoriais por técnicas de digitalização, à medida que o interpretador das imagens necessita de diversas referências visuais para desenvolver um bom mapeamento, como limites precisos de lagoas, manchas urbanas, áreas com agricultura, classes de vegetação

ou unidades de relevo.

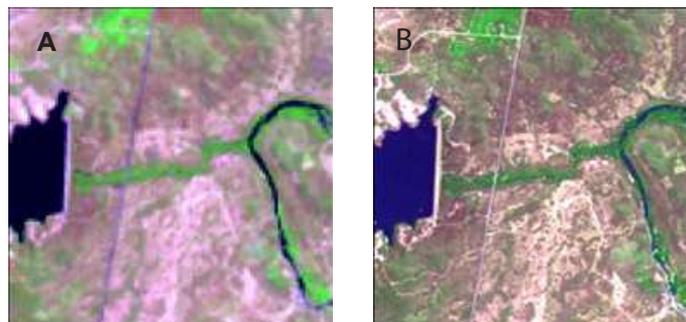


Figura 2 – Comparação na definição de estradas, corpos hídricos e vegetação da composição RGB 654 na resolução espacial do pixel de 30 m (A) e 15 m com a fusão da banda pancromática (B).

A definição e a nitidez das imagens se mostraram satisfatórias para o mapeamento em escalas inferiores a 1:25.000 sem o efeito de pixelização/deformação das feições geográficas, sendo portanto, aplicáveis a estudos de bacias hidrográficas, quando combinadas às técnicas de correção atmosférica, pois possibilitam uma boa precisão de cálculos de área realizados sobre a imagem, como áreas de corpos hídricos e comprimentos e larguras de canais de drenagem, que tratam-se de alvos complexos, formados por geometrias “irregulares” com múltiplos padrões fisionômicos.

4.2. O problema das múltiplas escalas e as múltiplas fontes de dados

A questão da escala ou múltiplas escalas das bases cartográficas utilizadas nos mapeamentos temáticos merece atenção especial, pois não é possível trabalhar com o conceito de Sistema de Informação Geográfica sem ter por princípio a integração das variáveis de entrada e neste sentido, a escala, representa, a priori, o principal entrave nesta integração. Entre essas variáveis destacamos os dados espaciais temáticos de fenômenos geográficos como solo, relevo e vegetação, que apresentam a escala espacial de mapeamento enquanto característica intrínseca que além demonstrar a relação de proporção entre a representação e a realidade, leva consigo metadado importante sobre a sensibilidade do sujeito que realizou o processo de mapeamento e por consequência, o nível de detalhamento do objeto mapeado (FLORENZANO, 2011).

Por outro lado, a escala não é o elemento homogeneizador da representação, na verdade ela possibilita entender suas heterogeneidades, em níveis hierárquicos, isso significa que tentar enquadrar todos os elementos da natureza e da sociedade em uma mesma escala seria uma tentativa frustrada que resultaria na manipulação dos dados, visto que os fenômenos acontecem em escalas singulares. O próprio mapeamento da vegetação é um bom exemplo, à medida que se observa a dificuldade em definir as contiguidades dos seus tipos, por motivos diversos, como a sazonalidade e no máximo, o que se pode obter são áreas, cuja probabilidade de ocorrência de um tipo ou outro é grande.

Desta forma, a tomada de dados cartográficos temáticos em diferentes escalas, ocasionadas pelas múltiplas bases utilizadas na produção dos dados, é possível, pois a efetiva integração dos dados oficiais, levantados por instituições importantes no registro histórico e distribuição de dados geográficos relevantes como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística se dá necessariamente através de um processo manual de adequação, que permite agregar com exatidão dados de distintas fontes com características muito singulares e a realização de composições representativas (mapas).

O processo de adaptação dos dados através da edição vetorial e consequentemente de reinterpretação da realidade representada por meio das camadas de dados intermediárias como relevo sombreado, hipsometria e declividade possibilitaram um refinamento dos contornos das feições, como podemos observar na figura 3, a vertente Sudoeste do Maciço Residual da Meruoca, localizado na porção Sudeste da bacia hidrográfica do rio Coreaú, após a adaptação dos contornos apresentou aspecto muito menos grosseiro, e bem relacionado com os demais elementos da base cartográfica, como as curvas de nível e o próprio Modelo Digital de Elevação.

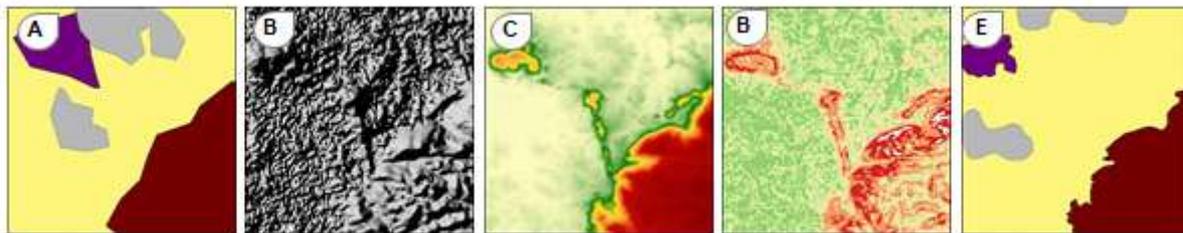


Figura 3 – (A) Camada com dados de geomorfologia original do projeto RADAMBRASIL, (B) relevo sombreado, (C) hipsometria, (D) declividade e (E) camada com dados de geomorfologia após a edição.

As composições RGB do sensor OLI, mostraram-se importantes na delimitação e localização de feições de vegetação e solos, identificando com clareza os alvos do mapeamento, como podemos observar na figura 4.

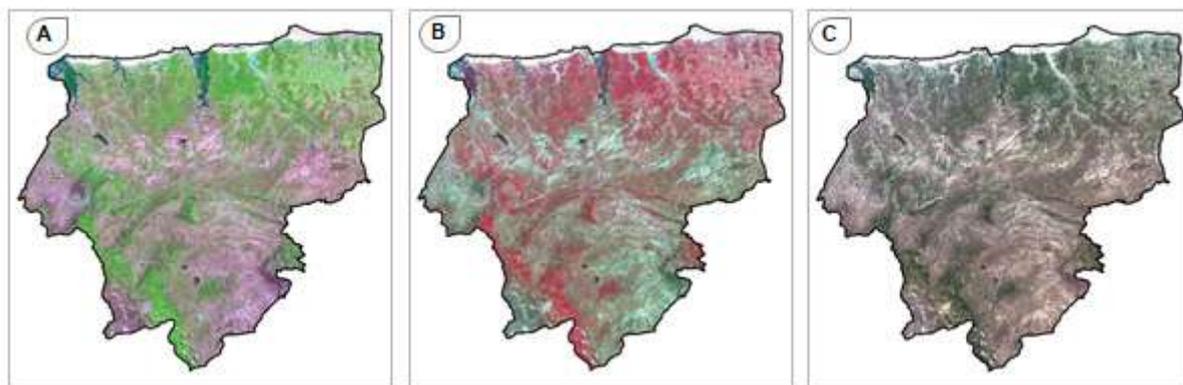


Figura 4 – Composições RGB 654 (A), 543 (B) e 432 (C) do Sensor OLI transportado pelo satélite LANDSAT8.

4.3. Sistemas ambientais

O contexto climático semiárido no qual a bacia do rio Coreaú está inserida é muito importante no entendimento das suas características físicas, à medida que influencia diretamente a formação da paisagem, cujas características de temperaturas elevadas configuram o predomínio da erosão física e associadas aos baixos índices pluviométricos desenvolvem a vegetação de savana, influencia ainda, diretamente no escoamento superficial e armazenamento de água no solo, entretanto os ambientes litorâneos e as áreas mais elevadas do relevo redesenham este quadro, tendo por elemento protagonista as elevadas taxas de umidade, provenientes, sobretudo, das melhores distribuições espaço-temporais das precipitações.

Do ponto de vista dos sistemas ambientais, três são os domínios geológicos que na “mesoescala” melhor definem a bacia hidrográfica do rio Coreaú, sendo o “Domínio dos maciços e escudos

antigos”, de origem mais antiga, representado pelas formas de relevo Depressão Sertaneja, Maciço Residual da Serra da Meruoca e Inselbergs (Figura 5-B), no geral esculpidos por ações erosivas de materiais geológicos cristalinos como aqueles que formaram os grupos Martinópole, Ubajara, Granja e Jaibaras – na Depressão Sertaneja (Figura 5-A), sobressaindo-se no relevo, as suítes intrusivas (Maciço Residual da Meruoca) mais resistentes à erosão ao longo do tempo geológico.

O “Domínio das bacias sedimentares paleo-mesozóicas” compreende as formas de relevo de embasamento sedimentar, constituído pelo planalto da Ibiapaba, cuja formação está ligada ao soerguimento da bacia do Paranaíba devido às transgressões marinhas provenientes de oeste e noroeste (AB’SÁBER, 2003, p.80).

O “Domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos” constitui-se das formas de relevo mais recentes, diretamente associadas com a deposição de sedimentos transportados pela ação combinada da gravidade, água e ventos. Neste domínio estão incluídas as unidades geomorfológicas: Planície Litorânea, Tabuleiros Pré-Litorâneos e Planícies Fluviais.

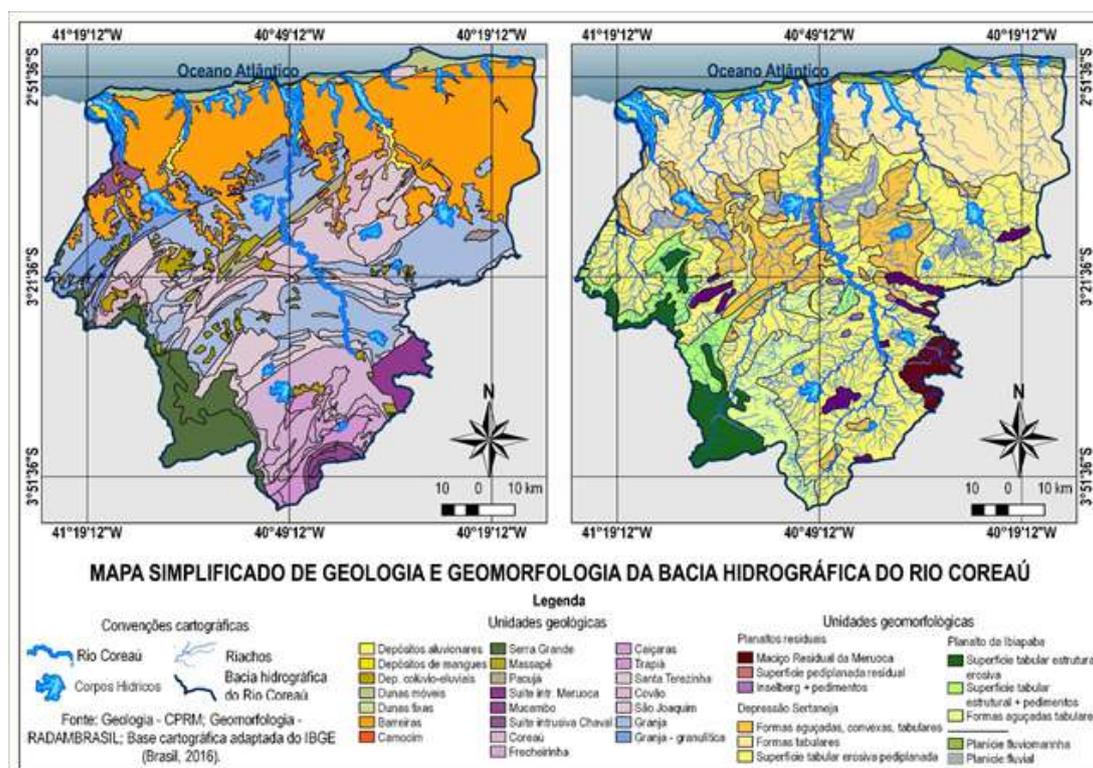


Figura 5 – Mapa simplificado de Geologia (A) e Geomorfologia (B) da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

Os solos da bacia hidrográfica são caracterizados, no geral, como sendo solos predominantemente distróficos, com altas taxas de salinidade e pouco profundos, sobretudo na depressão sertaneja, cujos Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos (ver figura 6-A), com grande concentração de fragmentos de rochas apresentam limitações às práticas agrícolas. As exceções são para os solos eutróficos do Planalto da Ibiapaba, do Maciço Residual da Meruoca e das planícies litorâneas sendo caracterizados como profundos e muito profundos, muito bem drenados e com alta fertilidade natural.

A vegetação de caatinga arbórea (Savana estépica), conforme é possível ver no mapa da figura 6-B, é a feição que mais se destaca nas porções menos elevadas do relevo, e assume maiores portes, com características de floresta (Savana), em torno dos relevos de maior altitude. Além da caatinga, merecem destaques as florestas pluvionebular, encontradas no Planalto da Ibiapaba

(Ecótono) e Maciço Residual da Meruoca (Floresta ombrófila aberta), influenciadas diretamente pelos maiores índices de umidade presentes nestas áreas, provenientes de chuvas orográficas. Além, das formações pioneiras que recobrem as dunas e mangues no estuário do rio Coreaú, na planície litorânea.

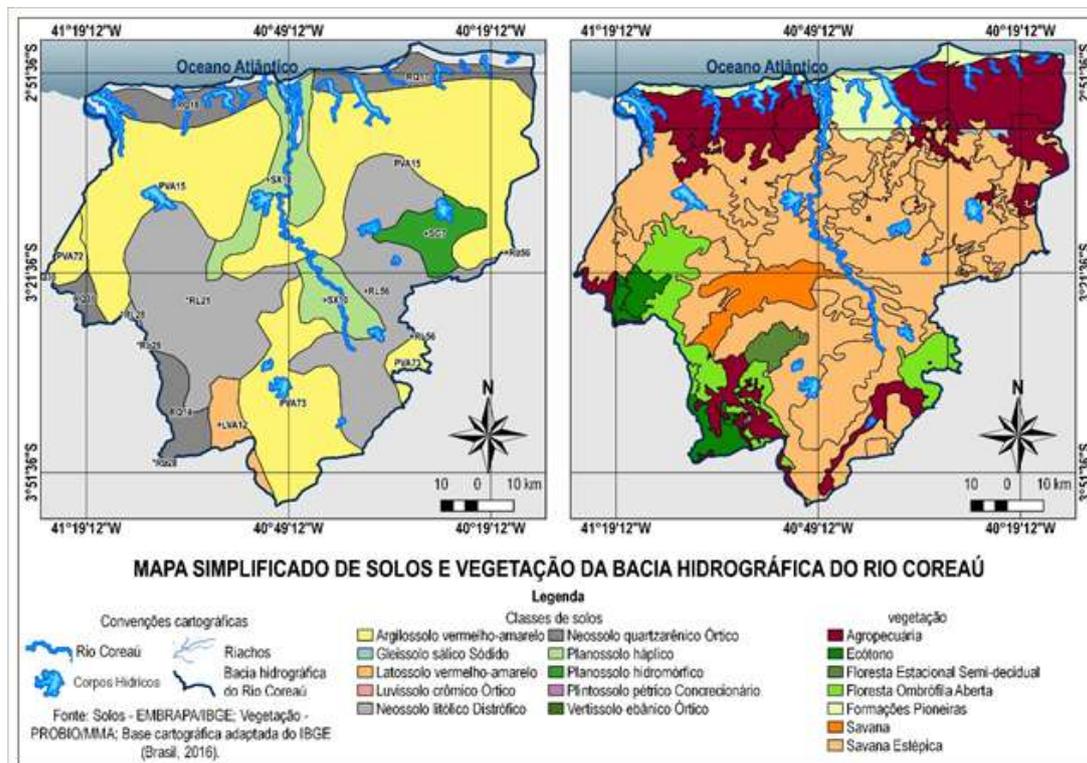


Figura 6 – Mapa simplificado de Solos (A) e Vegetação (B) da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

4.4. Hidrografia superficial

As características hidrográficas da bacia representam outro tema muito relevante que merece destaque especial nos mapeamentos, e neste momento há de se destacar as características da bacia hidrográfica como objeto singular que caracteriza um território, delimitado fisicamente pelos divisores de água, mas cujo componente principal é o rio que se integra com todo o território por meio seus afluentes, subafluentes, corpos hídricos e nascentes, que assumem dentro da hierarquia do sistema da bacia hidrográfica importâncias e qualidades diversas, sejam do ponto de vista do uso pela sociedade como reservatórios de água (açudes) como do ponto de vista da manutenção do sistema, como as nascentes que abastecem os leitos dos rios, estando sujeitos a modificações ocasionadas tanto por fatores naturais como sociais, capazes de interferir em toda a dinâmica interna da bacia.

A bacia hidrográfica é certamente uma das formas de delimitação de unidades de planejamento mais utilizadas, tanto pela fundamental importância da água para a sociedade como pelo seu caráter intrínseco integrador dos elementos da natureza e da forma de uso destes elementos, enquanto recursos naturais. Sendo o gerenciamento integrado dos recursos hídricos a principal ação que “promove o desenvolvimento coordenado e gerenciamento da água, terra e recursos relacionados para maximizar o resultado econômico e social de forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade vital do ecossistema” (TUCCI, 2006, p. 137).

Na figura 7 é apresentado um mapa básico da hidrografia inventariada conforme descrito

anteriormente, cujo destaque principal se dá para a delimitação das sub-bacias hidrográficas, a textura fina da drenagem dendrítica e a hierarquia dos canais, passíveis de múltiplas e importantes análises.

Por meio da hierarquização dos canais, tomando-se como base o modelo de Strahler (1952), observou-se que aproximadamente 51% dos segmentos de canais são de primeira ordem, 24% de segunda ordem, 11% de terceira ordem, 8% de quarta ordem e 6% de quinta ordem, sendo apenas o canal principal da sub-bacia do rio Coreaú o canal de 5ª ordem, resultando em um padrão de drenagem superficial dendrítico, sobretudo em decorrência características do substrato rochoso, ocorrendo uma elevada densidade de cursos d'água por quilometro quadrado.

Além do mais, a sub-bacia com maior área também é a sub-bacia do rio Coreaú, com 31% da área total da bacia hidrográfica. Conforme é possível identificar no mapa da figura 7, apenas a sub-bacia do rio Itacolomi drena para a sub-bacia principal do rio Coreaú, sendo as demais drenadas diretamente para o oceano Atlântico.

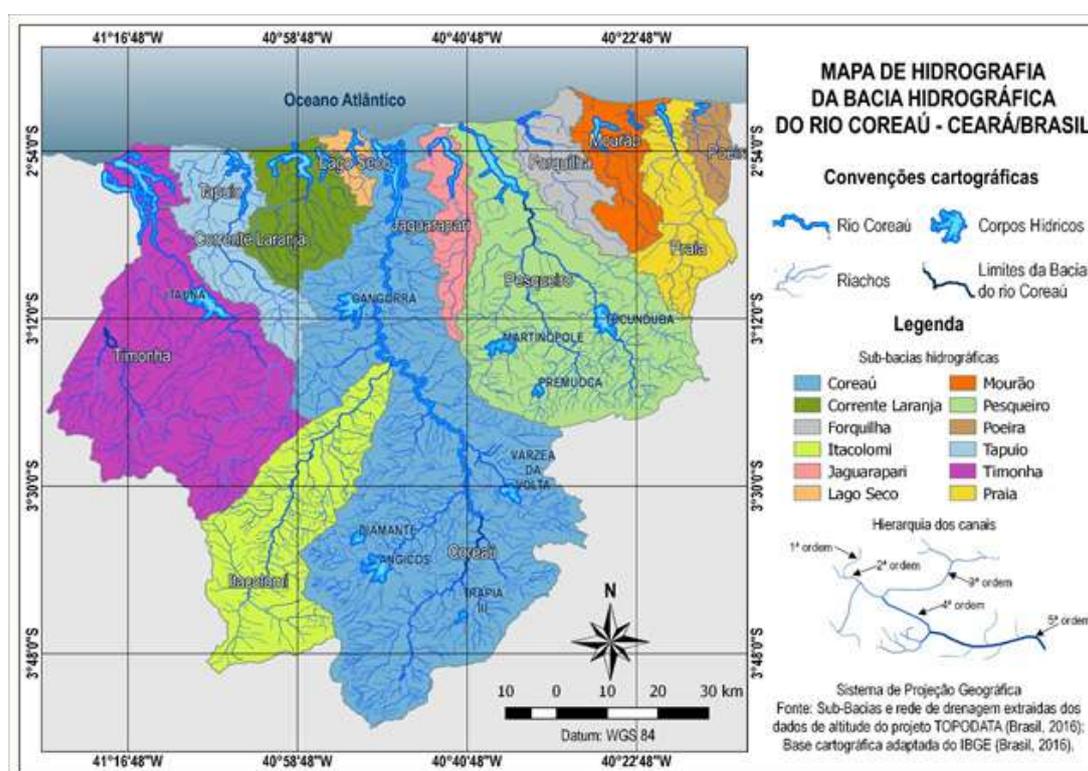


Figura 7 – Mapa com a hidrografia da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

4.5. Uso e ocupação dos solos

Outro tema básico para estudos em bacias hidrográficas é uso e ocupação dos solos, pois retrata de forma sintética as atividades humanas desenvolvidas sobre o solo, possibilitando identificar impactos nos componentes da natureza, como fontes de poluição, adensamento urbano e vegetação secundária ocasionadas sobretudo por práticas agropecuárias. Corriqueiramente, os dados obtidos por meio de classificações supervisionadas são utilizados para quantificação percentual de cada tipo de uso e associados com a história da ocupação local, possibilitam o desenvolvimento de estudos históricos integrados.

Na figura 8 é possível identificar com clareza as principais categorias de uso e ocupação ao longo da bacia hidrográfica do rio Coreaú, identificadas pelo método da classificação supervisi-

nada por vizinho mais próximo, seguida de validação através de reconhecimento de campo.

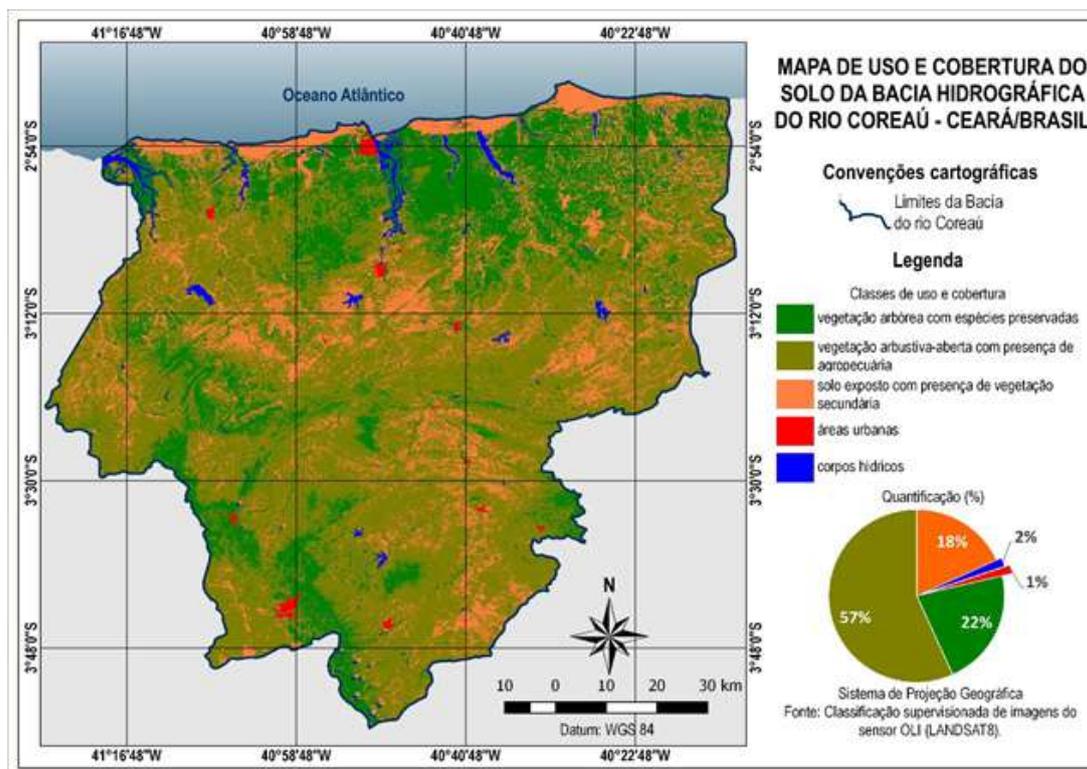


Figura 8 – Mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

A categoria de vegetação arbórea com espécies preservadas, que é observada ao longo da porção Sudeste da bacia, representada pelo Maciço Residual da Meruoca; a Sudoeste e Leste, pelo Planalto da Ibiapaba, além do entorno dos cursos d'água, corresponde a 22% da área total de acordo com a classificação supervisionada, sendo responsável por nascentes de importantes rios e riachos, nas porções mais elevadas, entretanto sabe-se que as características naturais destas feições são diversificadas, bem como o uso histórico e atual.

Enquanto no Maciço Residual da Meruoca é comum a presença de árvores frutíferas e leguminosas, sobretudo nas planícies aluviais, no Planalto da Ibiapaba, as altas declividades na porção da escarpa (ocidental) representam entrave natural ao cultivo, permanecendo, portanto mais preservada, enquanto às margens dos cursos d'água na depressão sertaneja destacam-se práticas agroextrativistas como a extração da palha da carnaúba (ver figura 9).



Figura 9 – Usos diversificados da vegetação no Maciço Residual da Meruoca (A), Planalto da Ibiapaba (B) e ao longo dos cursos d'água na Depressão Sertaneja (C).

Estes fatos observados retratam e implicam diretamente sobre o sistema ambiental da bacia hidrográfica, ocasionando altas taxas de desmatamento e consequentes altas taxas de exposição e erosão do solo às intempéries, sobretudo na vertente noroeste do Maciço Residual da Meruoca (figura 10-A), podendo levar a degradação das nascentes do rio Coreaú. Os processos de degradação ambiental ao longo dos trechos de maior altitude contribuem, ainda, para a remobilização de material particulado em direção aos fundos de vale, ocasionado seu assoreamento, caso observado em alguns trechos do rio Coreaú (figura 10-C).

A categoria de áreas urbanas representa 1% da área total da bacia hidrográfica e reflete diretamente os resultados do uso intenso dos recursos naturais, ocasionando modificações significativas na paisagem, sobretudo pela remoção da vegetação e por consequência ocasionando processos erosivos como se observa na comparação da figura 10 (B e C).



Figura 10 – Desmatamento da vegetação em área de nascentes no Maciço Residual da Meruoca (A), Mata ciliar do rio Coreaú preservada à montante da cidade Coreaú (B) e mata ciliar devastada à jusante da cidade Coreaú, com erosão fluvial da margem esquerda e deposição de sedimentos no leito do rio (C).

A categoria solo exposto também foi bem delimitada pelo método adotado nesse estudo, foi possível destacar a faixa de praia e as áreas de dunas na Planície Litorânea, feições que são originalmente expostas aos processos contínuos de deposição de sedimentos. Além das áreas degradadas por práticas agropecuárias na Depressão Sertaneja, que apresentam respostas espectrais semelhantes àsquelas observadas na Planície Litorânea, sendo agrupadas na mesma categoria e passíveis de serem redistribuídas em classes específicas.

5. Considerações Finais

Este estudo permite concluir que o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica, utilizando-se de diversas técnicas, procedimentos e materiais do geoprocessamento possibilita desenvolver além de um rico inventário do material cartográfico existente, análises fundamentais à compreensão integrada dos componentes da bacia hidrográfica, enfocadas, sobretudo em dar bases ao planejamento das atividades humanas em conformidade com as potencialidades de uso dos recursos hídricos, bem como aos riscos existentes.

A sequência de procedimentos e técnicas adotada favoreceu e fortaleceu o inter-relacionamento entre os temas abordados, entretanto, a gestão do banco de dados produzido e o seu processamento exigem um volumoso esforço, tanto do ponto de vista pessoal como material, à medida que envolve algumas centenas de arquivos de uma área relativamente extensa, levando muito tempo para o processamento dos dados, sobretudo as camadas de dados provenientes das imagens de satélite e do Modelo Digital de Elevação, por se tratarem de rasters.

Sobre os produtos cartográficos, observa-se que a representação dos elementos componentes da natureza são indispensáveis para a compreensão da dinâmica ambiental, e mais do que um

conjunto de informações técnicas, servem ao diagnóstico da realidade e atenção especial deve ser dada ao inventário da hidrografia que é fundamental para compreender a dinâmica socioambiental, considerando que se trata de uma feição altamente complexa da paisagem e que exige atenção especial, sobretudo pela importância indispensável da qualidade e disponibilidade da água para a sociedade. O uso e ocupação possibilitam entender o quadro amplo da forma como a sociedade se relaciona com a natureza, acarretando efeitos que hora tendem à degradação ambiental e hora aos riscos à própria sociedade, mas que podem ser amenizados ou prevenidos com planejamentos, educação e gestão do território, estando diretamente influenciadas pelo contexto econômico, político e institucional que envolve escalas globais, regionais e locais, devendo partir, por sua vez, de informações detalhadas e muito bem associadas entre si, e neste sentido, o geoprocessamento apresenta ferramentas fundamentais.

Entretanto, para o melhor conhecimento da área de estudo, é necessário o desenvolvimento de trabalhos científicos que possam por um lado sugerir novas formas de uso e ocupação, enfatizando os riscos e as potencialidades, como zoneamentos ambientais e por outro lado, estudos que possam prever e precaver a sociedade sobre os impactos da sua evolução, por meio da construção de modelos futuros de temas como a impermeabilidade do solo a partir da construção de estradas e expansão urbana e alterações climáticas locais, dando ênfase à bacia hidrográfica e em especial aos seus sistemas hídricos.

Assim, a disponibilidade de informações físico-territoriais da bacia hidrográfica do rio Coreaú e o conhecimento do complexo e dinâmico sistema que configura a paisagem local, certamente servirão de aporte teórico-metodológico para conduzir ações de preservação e cautela no uso e ocupação dos recursos naturais, possibilitando a implantação de um desenvolvimento efetivamente sustentável.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

BRANDÃO, R. L. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE**. Texto explicativo. Carta Geoambiental. Fortaleza, 2003.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 de janeiro de 1997.

CÂMARA, G. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado do Ceará: Programa geologia do Brasil - Levantamento da geodiversidade**. Fortaleza, 2014.

DSG – Diretoria De Serviço Geográfico do Exército. **Especificação técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**. Rio de Janeiro. 2008. V.1.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia. **Calendário de chuvas**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em 20 de março de 2016.

- GRANGEIRO, C. M. M. **Base conceitual da organização ambiental: A bacia hidrográfica como categoria de análise do planejamento de uso da natureza semiárida** (dissertação de mestrado). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2004.
- GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados georeferenciado**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>. Acesso em 20 de fevereiro de 2016.
- LIMA, Ernane Cortez. **Planejamento Ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do Açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará** (tese de doutorado). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012.
- MENEZES, P. M. L.; CRUZ, C. B. M. **Considerações sobre Bases Cartográficas Digitais**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 1997.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Probio - projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira**: Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do bioma caatinga (Manual técnico). Brasília, 2006.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Prioridades 2012-2015**. Brasília, 2011.
- NASCIMENTO, F. R. et al. **Geo-Environmental analysis and identification of degraded areas susceptible to desertification in a semi-arid, tropical ecozone: the Acaraú river basin in northeastern Brazil**. Uberlândia: Revista Sociedade & Natureza, Edição especial, p. 361-368, maio de 2005.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004
- SILVA, M. M.; NETO, C. A. F.; PAULA, D. P. de. **O uso do método geossistêmico na compartimentação ambiental do município de Coreaú, Ceará**. Revista Geonorte, v. 10, p. 631-634, 2014.
- SILVA, M. M.; NETO, C. A. F.; PAULA, D. P. **Análise geoambiental do alto curso do rio Coreaú: uma análise integrada da paisagem**. Revista da Casa da Geografia de Sobral: 2015. Vol. 17. Nº 1. p. 120 – 130.
- SOUZA, M. J. N. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: Editora FUCEME, 2000.
- SILVEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. F. T.; PORTUGAL, J. L. **Estruturação de bases cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**. Recife: Anais do II Simpósio Bras. de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, p. 8-11, 2008.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- VALERIANO, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio Bras. de Sensoriamento Remoto, 2005.

PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BETUME-SE

L. P. LIMA
H. M. DE ARAÚJO
H. S. MACEDO

Resumo

Uma das maiores preocupações da humanidade atualmente são os problemas ambientais, fato que tem suscitado no meio acadêmico, pesquisas e debates a níveis internacionais, nacionais, regionais e locais. Os prejuízos advindos dos modelos de desenvolvimento econômico insaciáveis por lucros cada vez maiores em pequeno espaço de tempo tem comprometido a conservação da qualidade ambiental. Diante disso, há a necessidade de estudos que abordem o planejamento ambiental do território visando um equilíbrio entre o uso e a manutenção dos recursos naturais. E não há como discutir planejamento ambiental sem associar os aspectos físicos e humanos, sem considerar a relação histórica sociedade-natureza, sem visualizar um caminho que leve ao equilíbrio entre o uso e ocupação do solo pelas atividades socioeconômicas e a capacidade de suporte do ambiente. A proposta deste trabalho é analisar os fatores socioambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Betume e discutir como o planejamento ambiental pode contribuir para o alcance e/ou manutenção da sustentabilidade. Os procedimentos metodológicos adotados foram revisão bibliográfica e aquisição, tratamento e interpretação dos dados coletados em fontes secundárias e trabalho de campo. Duas unidades geomorfológicas estão presentes na sub-bacia do rio Betume: Tabuleiros Costeiros e Planície Costeira. Esta configuração geomorfológica reflete a influência de processos deposicionais 'Terciários', as mudanças relativas do nível do mar durante o Quaternário e a dinâmica costeira atual. A área de estudo apresenta usos diferenciados do solo e atividades humanas, que têm gerado pressão e conflitos de uso sobre o ambiente. Dada a fragilidade ambiental inerente aos ambientes costeiros, é necessário, então, um planejamento como forma de compatibilizar as atividades humanas ao funcionamento ambiental.

Palavras-chave: Ambiente costeiro; Uso e ocupação do solo; Fragilidade ambiental.

Abstract

One of the biggest concerns of humanity are currently the environmental problems, a fact that has aroused in the academic, research and discussions at international levels, national, regional and local authorities. The losses deriving models of economic development insatiable by ever larger profits in small space of time has compromised the conservation of environmental quality. Before that, there is the need for studies that address the environmental planning of the territory to a balance between the use and maintenance of natural resources. And there is no way to discuss environmental planning without associating the physical aspects and human, without considering the historical relationship society-nature, without viewing a path that leads to the balance between the use and occupation of the soil by socioeconomic activities and the capacity to support environment. The proposal of this work is to analyze the socioenvironmental factors of the sub-basin of the river Betume and discuss how the environmental planning can help to reach and/or maintenance of sustainability. The methodological procedures were bibliographic review and acquisition, processing and interpretation of the data collected in secondary sources and field work. Two geomorphological units are present in the sub-basin of the river Betume: Tableland and Coastal Plain. This geomorphological setting reflects the influence of depositional processes 'Tertiary', the relative changes in sea level during the Quaternary and the present coastal dynamics. The study area has different land uses and human activities that have generated pressure and conflicts of use on the environment. Given the environmental fragility inherent in the coastal environments, it is necessary, then, a planning as a way to reconcile the human activities to the operation environment.

Keywords: Coastal environment; The use and occupation of the soil; Environmental fragility.

1. Introdução

Uma das maiores preocupações da humanidade atualmente são os problemas ambientais, fato que tem suscitado no meio acadêmico, pesquisas e debates a níveis internacionais, nacionais, regionais e locais. Os prejuízos advindos dos modelos de desenvolvimento econômico insaciáveis por lucros, cada vez maiores, em pequeno espaço de tempo têm comprometido a conservação da qualidade ambiental.

Diante disso, há a necessidade de estudos que apresentem propostas de planejamento do território visando um equilíbrio entre o uso e a manutenção dos recursos naturais. E não há como propor um planejamento sem associar os aspectos físicos e humanos, sem considerar a relação histórica sociedade-natureza, sem visualizar um caminho que leve ao equilíbrio entre o uso e ocupação do solo pelas atividades socioeconômicas e a capacidade de suporte do ambiente.

A crise contemporânea da natureza suscitou interesse pela pesquisa sobre o meio ambiente de forma recorrente e necessária. "O meio ambiente é, antes de tudo, um imenso questionamento, global e confuso, quase metafísico, que a sociedade faz a si mesma e, mais precisamente, ao conjunto da comunidade científica" (BERTRAND, 2009, p.119). A geografia, enquanto ciência social aberta para a natureza participa dessa discussão com a condição de possuir as ferramentas adequadas, fazendo interagir os fatos naturais e os fatos sociais (BERTRAND, 2009).

Sociedade e natureza sustentam um sistema de trocas e interdependência. Os homens atuam sobre os componentes da natureza e deles se apropriam, podendo provocar uma ação de retorno proporcional à escala de intervenção. É importante salientar que "os elementos da natureza não devem ser reduzidos somente a recursos", são antes de tudo "bens e elementos naturais que possuem dinâmica própria (...) como tal desempenham papel fundamental na estruturação do espaço geográfico" (MENDONÇA, 2002, p.127).

A análise da paisagem na concepção sistêmica, onde o ambiente é visto como resultado das inter-relações entre os componentes naturais e sociais tem fundamentado as pesquisas ambientais e subsidiado políticas para o meio ambiente, além de possibilitar a criação de medidas preventivas ou corretivas frente a modelos econômicos despreocupados com o uso sustentável dos recursos naturais.

A proposta deste trabalho é analisar os fatores socioambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Betume e discutir como o planejamento ambiental pode contribuir para o alcance e/ou manutenção da sustentabilidade.

2. Metodologia

Inicialmente foi realizada revisão da literatura em diversas fontes de consulta, tais como livros, periódicos, monografias, dissertações e teses, na busca de subsídios para compreender temas necessários ao desenvolvimento do trabalho, como: planejamento territorial ambiental, bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento, ambientes costeiros e seus múltiplos usos, sociedade e natureza, abordagem sistêmica.

Foram feitos levantamentos cartográficos e selecionados os dados a utilizar, designadamente: bases cartográficas da Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do Atlas do Litoral Sergipano, desenvolvido pelo GESTAC – Grupo de pesquisa em gestão territorial de ambientes costeiros do Instituto Federal de Sergipe.

Para compreender o sistema ambiental da sub-bacia em questão assim como seus usos e ocupação, além de leituras bibliográficas e dos dados cartográficos obtidos, foi necessário trabalho de campo. A partir daí houve a correlação das informações coletadas com a realidade da área, culminando na síntese desta interpretação a partir de fotografias, quadros e mapas.

A fim de compreender a dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Betume foi adotada a abordagem sistêmica como caminho de investigação da paisagem de forma integrada, que possibilita entender a realidade e assim pensar um planejamento ambiental para a área de estudo localizada na zona costeira que, portanto demanda uma análise peculiar.

2.1. Área de estudo

A sub-bacia do rio Betume (figuras 01 e 02) possui uma área de 758,4 Km². Está inserida na zona costeira norte de Sergipe e abrange parcelas de nove municípios: São Francisco, Muribeca, Malhada dos Bois, Pirambu, Pacatuba, Japoatã, Japarutuba, Ilha das Flores e Neópolis. O rio principal nasce com o nome de Poxim, no município de Muribeca, no limite deste com os municípios de São Francisco e Malhada dos Bois. Em seu médio curso, entre os municípios de Pirambu e Pacatuba, recebe o nome de rio Papagaio quando encontra seu afluente rio do Brito. Ao sul do município de Pacatuba recebe o nome de rio Betume e segue a direção SO-NE até o rio São Francisco, do qual é afluente da margem direita, onde deságua no município de Neópolis.

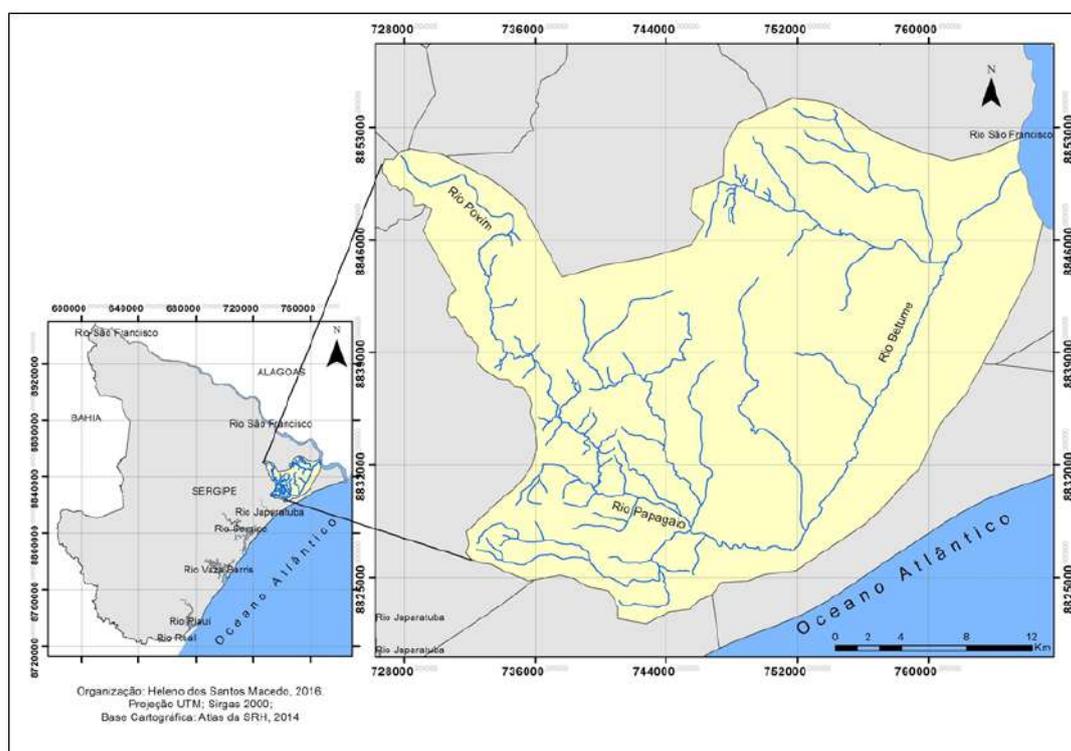


Figura 01 – Localização da Sub-bacia hidrográfica do Rio Betume.

Fonte: Atlas SRH, 2014. Organização: Heleno dos Santos Macedo, 2016.



Figura 02 – Mosaico com trechos da Sub-bacia do rio Betume: fotografias 1, 2 e 3 no município de Pacatuba; fotografia 4 no município de Pirambu.
Fonte: Trabalho de campo, 2015.

Duas unidades geomorfológicas estão presentes na sub-bacia do rio Betume: Tabuleiros Costeiros, que abrange mais de 60% da área total e é constituído por sedimentos do Grupo Barreiras, pouco a moderadamente consolidados, associados a um relevo aplainado de suaves ondulações; e a Planície Costeira, constituída de campos de dunas, terraços marinhos, planície de pântanos e mangues e planície fluviolagunares. Esta configuração geomorfológica reflete a influência de processos deposicionais 'Terciários', as mudanças relativas do nível do mar durante o Quaternário e a dinâmica costeira atual.

A sub-bacia compreende uma planície fluviolagunar associada ao rio Betume (figura 03), conhecida como "Pantanal de Pacatuba", que foi desenvolvida a partir de eventos de transgressões e regressões marinhas do Quaternário, entre cordões de dunas em terraços marinhos e paleofalésias do Grupo Barreiras. Esta planície apresenta áreas de pântanos e turfas, possui flora e fauna peculiares, grande potencial em recursos naturais e um crescente interesse turístico e pesqueiro.

A sub-bacia está inserida no espaço costeiro. E por se tratar de um ambiente vulnerável, atividades socioeconômicas sem uma infraestrutura compatível com a capacidade de suporte podem acarretar em consequências desastrosas e irreversíveis.



Figura 03 – Planície fluviolagunar associada ao rio Betume.

Fonte: Trabalho de campo, 2016.

O ambiente costeiro, historicamente, foi palco de grandes intervenções humanas. Em Sergipe a ocupação costeira não se deu de forma contínua, existem áreas ainda pouco impactadas. Porém, tem crescido a implementação de atividades econômicas, demandas turísticas e infraestruturas facilitadoras de acesso a esses espaços.

O espaço costeiro sergipano exhibe um cenário de praias, manguezais, dunas, lagoas, lagunas, restinga, e denota tanto fragilidade quanto potencial que tem suscitado convergências de usos. O processo de ocupação do espaço litorâneo passou de vazio demográfico dominante até o século XIX para a região com altos índices de densidade demográfica e área construída em Sergipe. A valorização do solo no ambiente costeiro vem crescendo continuamente e fica evidente a necessidade de mecanismos de proteção ambiental (BRAGHINI; VILAR, 2014).

A sub-bacia do rio Betume possui áreas associadas a duas Unidades de Conservação: a Reserva Biológica de Santa Isabel, que fica adjacente a sub-bacia em sua face sudeste e a Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte que abrange as porções sul e sudoeste.

A Unidade de Conservação Reserva Biológica (REBIO) de Santa Isabel foi criada em outubro de 1988 pelo Decreto Nº 96.999 com o objetivo de proteger a fauna local, especialmente as Tartarugas Marinhas que encontram nesse ambiente a sua principal área de reprodução. Abrange terrenos de praias, dunas, rios e manguezais, em Pirambu e Pacatuba.

No ato de criação a REBIO Santa Isabel possuía uma área de 2.766 hectares e 45 Km de praias e dunas. Em 2010 a área foi retificada por ser constatado que a área protegida deveria ser maior que a área de sua definição, passando então a abranger 5.547,42 hectares. Apesar da reserva ser da categoria de proteção integral, usos são observados como cocoicultura, viveiros de peixe e camarão e pastagens (BRAGHINI; VILAR, 2014).

A Área de Proteção Ambiental (APA) Litoral Norte foi criada em novembro de 2004 como categoria de uso sustentável. Abrange os municípios de Pirambu, Japoatã, Pacatuba, Ilha das Flores e Brejo Grande, em uma área de 41.312,25 hectares. Tem por objetivo “a utilização do respectivo ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma social e economicamente viável” (SERGIPE, 2004).

De forma específica a APA Litoral Norte deve garantir: a) ecossistemas estuarinos, dunares e

de áreas úmidas bem conservados e monitorados; b) atividade pesqueira desenvolvida de forma sustentável; c) comunidade ambientalmente conscientizada; d) proteção e recuperação da Mata Atlântica e de seus ecossistemas associados; e) disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais; f) diversificação das atividades econômicas e sociais voltadas especialmente para o turismo ecológico e g) desenvolvimento sustentável da área (SERGIPE, 2004).

A dinâmica de ocupação no litoral norte, onde se insere a sub-bacia do rio Betume, é marcada por alguns elementos: as unidades de conservação que contribui para o desenvolvimento de ações de proteção ambiental, limitando o uso e exploração dos recursos; a implantação e melhoria de vias de acesso, como a pavimentação asfáltica da Rodovia Estadual SE-100 Norte que já alcança o município de Pacatuba e faz parte de uma política macrorregional de interligação das áreas litorâneas dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, contribuindo para aumento do interesse turístico e imobiliário; e a presença de áreas industriais de exploração e processamento de petróleo, que tem contribuído com as transformações na paisagem (VIEIRA; ALMEIDA; VILAR, 2014).

Quanto à ocupação na sub-bacia hidrográfica do rio Betume (quadro 01), encontram-se assentados uma sede municipal, Pacatuba, vinte e três povoados e nove assentamentos rurais. Não há uma ocupação concentrada, ela acontece de forma espaçada ao longo da sub-bacia.

Quadro 01 – Ocupação na sub-bacia do Rio Betume (Povoados e Assentamentos Rurais).

Município	Povoados	Assentamentos Rurais
Pacatuba	Campinas, Tigre, Junça, Tijopares.	Boa Vista, Santana dos Frades, Cruiri, Nossa Senhora Santana, Nossa Senhora do Carmo, Agroextrativista São Sebastião
Japoatã	Poxim Piauí, Massaranduba, Ladeiras, Carro Quebrado.	Três Cancelas
Japaratuba	Camará, Mundo Novo, Encruzilhadas, Várzea Verde, Badajós, Porteiras, Moita Redonda.	Caraíbas
Neópolis	Ilha da Gameleira, Saúde.	Santo Antônio do Betume
Pirambu	Baixa Grande, Pau Seco, Santa Isabel, Alagamar.	
São Francisco	Nasença	

Fonte: Atlas SRH 2014 e Atlas do Litoral Sergipano, 2015. Organização: Luana Pereira Lima, 2016.

Na sub-bacia do rio Betume e adjacências são desenvolvidas atividades econômicas, a citar: agricultura, pastagens, caça, pesca, carcinicultura, extrativismo vegetal (*Typha dominguensis*) e mais recentemente o turismo. Essas atividades têm gerado pressão e conflitos de uso sobre o ambiente.

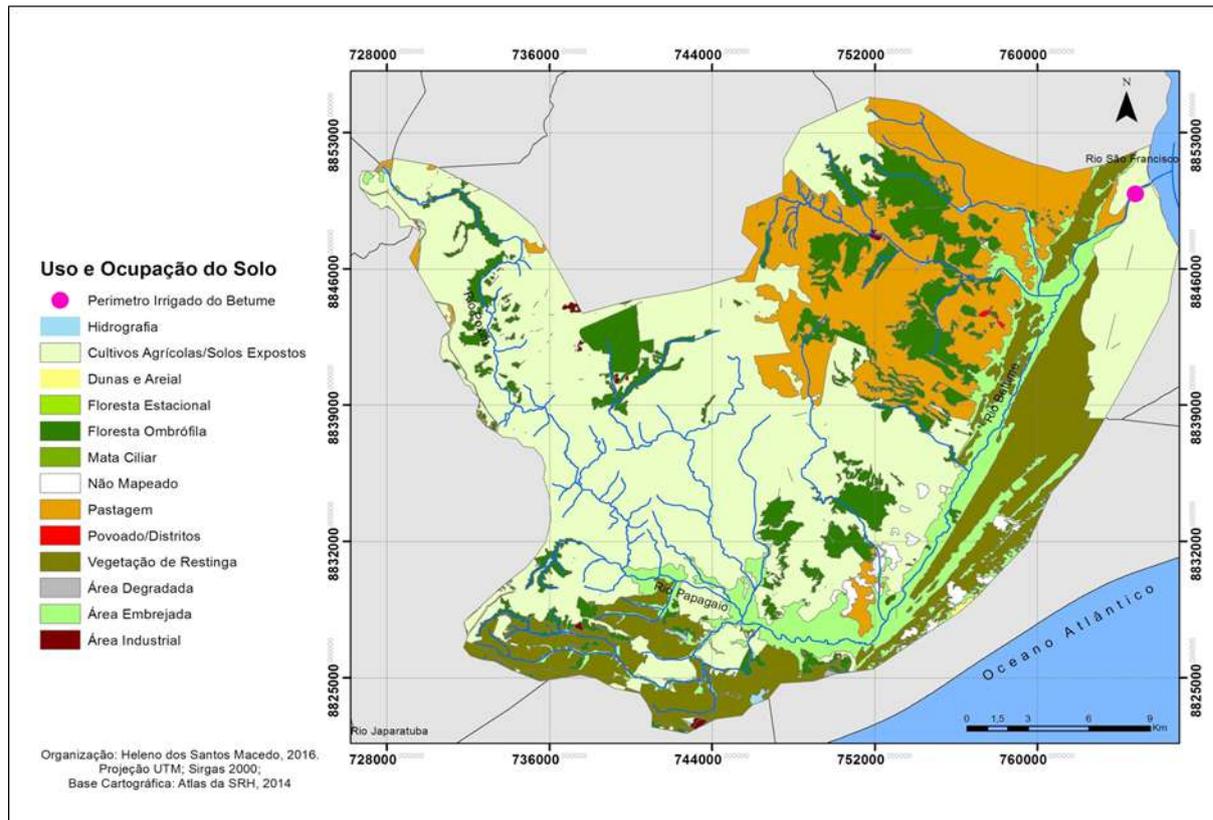


Figura 04- Uso e Ocupação do solo na sub-bacia do rio Betume.

Fonte: Atlas SRH, 2014. Organização: Heleno dos Santos Macedo, 2016.

Estas atividades juntamente com os tipos de vegetação compõem o uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio Betume (figura 04). Quatro tipos de vegetação são encontrados: a) Floresta Ombrófila, com maior concentração no topo dos tabuleiros costeiros, onde as atividades agrícolas e de pastagens ainda não estão presentes de forma incisiva; b) Floresta Estacional margeando a Floresta Ombrófila; c) Vegetação de Restinga, na planície arenosa e sobre depósitos de pântanos e mangues; d) Vegetação de Várzea, associada às áreas embrejadas, no médio e baixo curso do rio principal, onde se desenvolveu a planície fluviolagunar do rio Betume.

A vegetação de várzea mais comum na área de estudo é a taboa (figura 05) – *Typha dominguensis*. As comunidades artesanais a utilizam como matéria-prima em seus artesanatos. No entanto, essa extração vem ocorrendo a partir de queimadas e de forma excessiva em algumas áreas.



Figura 05 - *Typha dominguensis* no rio Poxim.

Fonte: Trabalho de campo, 2016.

A carcinicultura (figura 06) está presente principalmente no município de Pacatuba e em sua maioria não possuem Licenciamento Ambiental, com o agravante da liberação dos resíduos sem tratamento no rio (VIEIRA; ALMEIDA; VILAR, 2014). O uso de cloro dentro dos viveiros de camarão tem impedido o desenvolvimento das vegetações de várzeas, principalmente da taboa, reduzindo a produtividade das comunidades artesanais e gerando conflito de uso.



Figura 06 - Tanques de carcinicultura em Pacatuba.
Fonte: Trabalho de campo, 2016.

A atividade de pastagem está presente, de forma concentrada, nos tabuleiros costeiros na porção noroeste da sub-bacia do rio Betume, e de forma pontual, no baixo e médio curso do rio principal. É uma das responsáveis pelo desmatamento, problema ambiental que vem se destacando ultimamente, nos municípios de Pacatuba e Neópolis.

Entre as atividades agrícolas desenvolvidas, destacam-se a cana-de-açúcar e a mandioca nos tabuleiros costeiros, a cocoicultura tanto nos tabuleiros quanto nas planícies e a rizicultura (figura 07) nas áreas de planícies nos municípios de Pacatuba, Ilha das Flores e Neópolis, no baixo curso do rio Betume.

A rizicultura é desenvolvida na área do perímetro irrigado Betume, que iniciou suas atividades em 1978 e hoje é administrado pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba) e contempla especificadamente à agricultura familiar. A atividade contribui para o desenvolvimento econômico da região, no entanto provoca impactos devido o uso de agrotóxicos.



Figura 07- Rizicultura no município de Neópolis.
Fonte: Trabalho de campo, 2016.

Além dessas atividades, há a caça predatória que tem contribuído para a redução de espécies nativas como o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e o macaco guigó (*Callicebus coimbrai*). O desmatamento tem sido um problema ambiental de destaque na área. Têm ocorrido para fins de implantação de pastagens, cultivos, tanques de carcinicultura, como também para a produção de carvão vegetal e estacas. Proprietários e alguns membros da comunidade tem se apropriado dos recursos naturais em áreas ainda remotas, que mantem determinadas espécies de flora e fauna, causando impactos (VIEIRA, ALMEIDA, VILAR, 2014).

3.1. Planejamento Ambiental como contribuição para a gestão sustentável

O planejamento ambiental tem a paisagem como objeto essencial de análise, pois permite diagnosticar o estado atual e assim avaliar de forma integrada os aspectos geoambientais e socioeconômicos a fim de entender seu funcionamento, apontar as fragilidades e potencialidades e propor um plano que busque um equilíbrio entre a exploração dos recursos e a manutenção das condições naturais. Posto que, a paisagem reflete os efeitos das intervenções humanas, e a forma como uma sociedade se apropria dos recursos ambientais determina o desencadeamento de processos que podem comprometer a estabilidade e qualidade do meio ambiente (ALVES, 2009).

Partindo da análise da paisagem numa perspectiva sistêmica e da identificação das funções ambientais e sociais da paisagem escolhida para estudo é possível buscar soluções para a melhoria e adaptação das atividades socioeconômicas às condições ambientais. Sendo assim,

O planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais e a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes (SANTOS, 2004, p. 28).

A apropriação do meio ambiente, visto como abundante e aparentemente infinito acarretou em consequências desastrosas para a natureza. Segundo Moraes (2005), a questão ambiental necessita ser tratada como prioridade, seja na identificação dos passivos ambientais existentes no território usado, seja quanto ao uso futuro. Dimensionar e planejar o uso dos recursos naturais é imprescindível nos planos de desenvolvimento que visam à sustentabilidade.

Sendo o planejamento e a gestão ambiental baseados na interpretação sistêmica, pode-se dizer que existem duas principais formas de interação entre sistemas naturais e sociais: adaptação social as potencialidades e limitações do meio natural evidenciando uma forte condicionalidade ambiental e a transformação dos sistemas naturais pelo sistema social em função de seus objetivos e capacidades técnicas científicas. Esta gestão dos sistemas ambientais naturais pode ocorrer sob três formas: transformação sustentável, processo de artificialização dos sistemas naturais ou processo de uso irracional. A transformação sustentável é aquela na qual se respeite e use de maneira criativa os sistemas ambientais, adequando a produção ao funcionamento dos sistemas naturais. De forma que o uso não exceda a capacidade de resiliência e de funcionamento dos sistemas ambientais e assim predomine a sustentabilidade do sistema (RODRIGUEZ e SILVA, 2013). Visto que,

A maneira pela qual as sociedades humanas transformam os seus sistemas ambientais naturais resulta da organização social adotada e seu esquema de valores. Isso reflete na política e na regulamentação ambiental (que define as características necessárias) e no ambiental como um princípio ético (que reflete as características desejáveis). Assim, a racionalidade ou irracionalidade caracteriza a resposta da sociedade e é confrontada com a

necessidade de escolher entre diferentes alternativas. O processo de planejamento e gestão ambiental deve, portanto, levar em conta as características próprias ambientais, para poder lograr uma maior integração e procurar alcançar o desenvolvimento sustentável através da incorporação da sustentabilidade ambiental (ibidem, p. 294).

As fragilidades ambientais devem ser avaliadas no tocante ao planejamento territorial ambiental visto que o equilíbrio entre as relações ambientais é frequentemente alterado pelas intervenções humanas gerando um estado de desequilíbrio temporário ou permanente.

Quanto ao uso e ocupação do solo, os ambientes costeiros são complexos devido sua dinâmica natural, fragilidades e os múltiplos interesses socioeconômicos. São ambientes peculiares e de caráter diferenciado, que deve ser considerado como um espaço geográfico singular que necessita de atenção especial para um correto planejamento e gestão.

Inserida no ambiente costeiro, a sub-bacia hidrográfica do rio Betume apresenta convergência de usos diferenciados do solo e atividades humanas. No quadro 02 estão algumas propostas que foram elaboradas pensando em um planejamento ambiental viável para a área de estudo.

Quadro 02 – Propostas para um planejamento ambiental sustentável na sub-bacia do rio Betume

a) Implantação de um projeto de Educação Ambiental para a comunidade como um todo e de forma especial para os que vivem diretamente dos recursos naturais como os pescadores e artesãos. O objetivo seria explicar a importância ambiental da sub-bacia para o estado e sensibiliza-los acerca da necessidade de conservação do ambiente em que vivem e de onde tiram o sustento.
b) Fiscalização, pelos órgãos competentes, das práticas de desmatamento e instalação dos tanques de carcinicultura, que necessitam de Licenciamento Ambiental e regulamentação a fim de não comprometer a qualidade ambiental e prejudicar as atividades das comunidades tradicionais.
c) Acompanhamento das atividades do perímetro irrigado Betume, com avaliações constantes de qualidade da água e do solo. E busca de alternativas menos agressivas que o uso de agrotóxicos.
d) Regulamentação das atividades de caça e pesca para que ocorram de forma sustentável, sem o desaparecimento de espécies.
e) Elaboração de uma proposta de ordenamento do uso e ocupação do solo para a área que compreende a sub-bacia hidrográfica do rio Betume, em especial a planície fluviolagunar que possui uma maior fragilidade e potencialidade ambiental.
f) Compatibilização entre a legislação para zonas costeiras – visto que a sub-bacia está inserida em um ambiente costeiro – os objetivos das unidades de conservação presentes na área e as políticas públicas atuantes no litoral de Sergipe, a citar: o Programa de Desenvolvimento do Turismo do Nordeste – PRODETUR/NE, o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro – GERCO e o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – PROJETO ORLA.
g) Criação de planos municipais de turismo, tendo em vista a crescente demanda e a falta de infraestruturas que compatibilizem o desenvolvimento dessa atividade com a capacidade de suporte do ambiente, buscando a sustentabilidade.

Elaboração: Luana Pereira Lima, 2016.

Os espaços costeiros comportam atividades, urbanas, rurais, pesqueiras, turísticas, além de interesse ambiental em conservar a flora e fauna presentes nessas áreas. Os múltiplos usos e interesses podem criar e/ou acentuar os conflitos de ocupação. As propostas de intervenção através do planejamento devem considerar os conflitos potenciais e inerentes à dinâmica ocupacional com a finalidade de compatibilizar os diferentes usos. “A zona costeira, além de valor estratégico, apresenta convergências de usos diferenciados do solo e das atividades humanas” (VILAR; SANTOS, 2011, p. 07).

Pensar o ambiente costeiro no contexto do planejamento, ordenamento e gestão é necessário para traçar estratégias de manutenção e/ou recuperação da qualidade ambiental através de uma política do meio ambiente que vise à sustentabilidade relacionada não somente aos usos dos recursos naturais, mas uma sustentabilidade que busque a equidade social e econômica. “Na atu-

alidade, a gestão ambientalmente adequada de espaços costeiros é condição sine qua non para o uso sustentável dos recursos ambientais” (VILAR; SANTOS, 2011, p. 18).

4. Considerações Finais

A sub-bacia hidrográfica do Rio Betume possui uma geomorfologia desenvolvida em coberturas sedimentares recentes, portanto ainda inconsolidadas ou pouco consolidadas, o que confere uma estrutura frágil com capacidade de suporte limitada às ocupações e atividades humanas. A área de estudo possui potencialidades ambientais significativas advindas da sua estrutura. Mais de 90% da sua extensão situa-se sobre um domínio hidrogeológico granular formando um aquífero do tipo poroso com potencial médio a alto. Nos depósitos fluviolagunares desenvolveu-se o “Pantanal de Pacatuba”, que abriga uma fauna e flora peculiar no estado de Sergipe. É salutar, então, que haja a preocupação com o uso e ocupação do solo atual e futuro para a sub-bacia e adjacências.

Os usos e atividades antrópicas predominantes são: pastagem, cultivos agrícolas, carcinicultura, extrativismo vegetal, caça e pesca. Além dessas atividades destaca-se também o trecho urbano do município de Pacatuba, contendo toda a dinâmica inerente a esse tipo de ocupação. É importante salientar, o interesse turístico crescente principalmente para a área do “pantanal” na planície fluviolagunar do rio principal. Esses usos têm exercido pressão crescente sobre o ambiente e tratando-se de uma estrutura frágil e com grande potencial ecológico, é necessário o desenvolvimento de estudos que possibilitem a criação de um plano de ordenamento territorial para a sub-bacia. As propostas e discussões desenvolvidas neste trabalho podem servir de suporte a formulações e proposições que visem o equilíbrio entre os interesses socioeconômicos e a conservação do ambiente.

Referências

ALVES, N. M. S. **Análise Geoambiental e Socioeconômica dos municípios costeiros do Litoral Norte do estado de Sergipe: diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território.** 2009. 348 f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.

BERTRAND, G. e C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias:** o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução coordenada: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Editora Massoni, 2009.

BRAGHINI, C. R.; VILAR, J. W. C. Gestão de Conflitos Ambientais em Unidades de Conservação no Litoral Sergipano. In: VILAR, J. W. C.; VIEIRA, L. V. L. (org.) **Conflitos Ambientais em Sergipe. Aracaju:** IFS, 2014. p. 83-107.

GESTAC. **Atlas do Litoral Sergipano:** contribuições ao planejamento ambiental e gerenciamento costeiro. Grupo de pesquisa em gestão territorial de ambientes costeiros. Aracaju: IFS, 2015.

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (org.) **Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea.** Curitiba: Editora UFPR, 2002. p. 121-144.

MORAES, A. C. R. Ordenamento Territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico. In: BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Para Pensar uma Política Nacional de Ordenamento Territorial.** Brasília: MI, 2005. p. 43-47.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental:** subsídios da geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEMARH. **Atlas Digital 2014.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe, Aracaju, 2014.

SERGIPE. **Decreto nº 22.995**, de 09 de novembro de 2004. Declara como Área de Proteção Ambiental (APA), região situada nos Municípios de Pirambu, Japoatã, Pacatuba, Ilha das Flores e Brejo Grande, e dá outras providências correlatas. Aracaju, 2004.

VIEIRA, L. V. L.; ALMEIDA, M. G.; VILAR, J. W. C. **Conflitos Ambientais no Litoral Norte de Sergipe.** In: VILAR, J. W. C.; VIEIRA, L. V. L. (org.). Conflitos Ambientais em Sergipe. Aracaju: IFS, 2014. p. 25-52.

VILAR, J. W. C.; SANTOS, M. A. N. As áreas litorâneas de Sergipe (Brasil): da análise geográfica à gestão integrada do território. **Revista Geográfica de América Central.** Número especial EGAL, 2011 - Costa Rica II Semestre 2011, pp. 1-19.

RELAÇÃO SOCIEDADE/NATUREZA NA CONSTRUÇÃO DO RISCO À INUNDAÇÃO NA BACIA DO RIO SALAMANCA-BARBALHA, CE

DENISE DA SILVA BRITO
SUEDIO ALVES MEIRA
CLÁUDIA MARIA MAGALHÃES GRANJEIRO

Resumo

Este trabalho visa analisar os elementos que contribuem na construção do risco a eventos pluviais intensos em bacias hidrográficas tendo como base o estudo da bacia hidrográfica do rio Salamanca com ênfase no perímetro urbano de Barbalha-Ceará. O objetivo principal foi considerar os elementos naturais e a ação humana, que se concretizam na área para o entendimento do risco à inundação. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas: levantamento bibliográfico, discussão de dados climáticos, por meio de levantamentos pluviométricos, e trabalhos de campo. Da avaliação das condicionantes naturais relacionadas com a ocorrência de inundações constatou-se que os eventos pluviais concentrados em poucas horas ocorrem na pré-estação e na quadra chuvosa, sendo decorrentes de Complexos Convectivos de Mesoescala ou Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis associados à Zona de Convergência Intertropical. Na construção do risco à inundação, constatou-se que a urbanização aliada à reestruturação produtiva tornou-se fator importante ao multiplicar os efeitos das interações entre a sociedade e a natureza. A expansão urbana teve papel importante na construção do risco à inundação na bacia hidrográfica do rio Salamanca, mediante o aumento da exposição direta ao perigo na planície fluvial da bacia, pela ocupação indevida do ponto de vista da dinâmica fluvial e a impermeabilização das superfícies que favorece na concentração rápida das águas dos canais que compõem a bacia do Salamanca e que drenam a cidade de Barbalha.

Palavras-Chaves: Eventos pluviométricos intensos; Urbanização; Enchente.

Abstract

The present work aims to analyze the elements contributing to risks related to intense pluvial events in hydrographic basins using the Salamanca river hydrographic basin in the urban perimeter of Barbalha-Ceará. The main objective is to analyze the natural elements and the human action in the area to understand the inundation risks. The methodological procedures are divided in three steps: bibliographic review, discussion about climate data (by means of pluviometric data) and field work. From the natural condicionantes related to the occurrences we noted that pluvial events concentrated in a few hours occur in the pre-season and the rain station, due to the Intertropical Convergence Zone. In the construction of the inundation risk we note that the urbanization allied to the productive restructuring became an important factor by multiplying interactions between Society and Nature. The urban expansion had an important role on the inundation risk in the Salamanca river hydrographic basin, by means of the growth of direct exposition to danger in the fluvial plain, by the inappropriate occupation from the view point of fluvial dynamics and the surface impermeability that favors the fast water concentration in the channel waters that compose the basin and drain the city of Barbalha.

Keywords: Intense Rainfall Events; Urbanization; Flood.

1. Introdução

O estudo da relação sociedade-natureza tem despertado o interesse de estudiosos a muito tempo. Esta relação ocorre ao longo do processo de evolução das sociedades e é marcada por um dinamismo intenso e evolutivo, fruto dos avanços técnicos, científicos e tecnológicos que ampliam as condições de intervenções sociais na natureza (MACHADO, 2009). Mesmo assim, as sociedades ainda permanecem vulneráveis aos perigos ditos naturais, principalmente os de origem meteorológica, hidrológica e geológica. O que se evidencia neste paradoxo é o fato de que a ocupação humana se faz presente em áreas cada vez mais extensas e também de forma cada vez mais desigual, alavancando os riscos (COLLISCHONN, 2009).

Vários são os estudos que abordam o tema Riscos, sendo que, na Geografia, este termo está ligado à probabilidade de ocorrer perda material ou humana. Castro et al. (2005, p. 12) reforça a ideia que o risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada, a priori, “às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem ‘natural’ (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas”.

Riscos relacionados às inundações certamente são um problema crescente devido às transformações socioeconômicas da atualidade. Observa-se a intensificação da ocupação do solo e a pressão aos recursos naturais que induz a mudanças profundas no ambiente e aumenta a vulnerabilidade da população frente aos perigos naturais. Segundo Collischonn (2009), às inundações são perigos que aparentam ser de origem natural, no entanto, cada vez mais são causadas pela combinação de fatores naturais e sociais.

As inundações tem origem natural, porque estão associadas com a ocorrência de fenômenos atmosféricos, com dinâmica e extensão espacial própria, sendo que as mais danosas, normalmente, se produzem de maneira súbita e repentina, ainda que sua ocorrência também possa ser lenta. Entretanto, verifica-se que cada vez mais eventos são induzidos, acelerados ou ampliados pela intervenção humana, como desmatamentos das margens dos rios, desestabilização de vertentes, degradação de ecossistemas, mudanças no padrão de uso do solo agrícola, crescimento urbano sem planejamento adequado do uso do solo e sem infraestrutura de drenagem. Diante disso a origem do evento continua a ser natural, mas sua frequência e magnitude está vinculada as intervenções sociais, ou seja, os eventos são frutos da relação sociedade-natureza. Destaca-se que as políticas públicas de intervenções territoriais, muitas vezes, não levam em conta as características naturais, aumentando à vulnerabilidade social aos riscos ambientais.

Os riscos ambientais relacionados às enchentes e inundações não são processos pontuais, precisam ser compreendidos no contexto maior, no âmbito da bacia hidrográfica. Portanto, elegu-se como recorte empírico para a realização do presente trabalho a bacia do rio Salamanca que está inserida no município de Barbalha, possuindo cerca de 274 km² (figura 01). A rede hidrográfica homônima e constituinte desta bacia possui como nascentes as ressurgências das fontes que se situam na encosta da Chapada do Araripe no município de Barbalha (Ceará), desaguardo no município de Missão Velha (Ceará), compondo a sub-bacia do Salgado, que encontra-se com o rio Jaguaribe no município de Icó (Ceará). A bacia hidrográfica do rio Salamanca em seu alto e médio curso percorre espaços geográficos, predominantemente, rurais passando pela a cidade de Barbalha em seu médio-baixo curso.

A bacia em apreço, destaca-se por estar inserida numa área de exceção em meio ao contexto semiárido, o que torna proeminente a necessidade do seu estudo. As diferenças nas condições climáticas, geológicas, hidrológicas, geomorfológicas, pedológicas e de vegetação em relação às áreas do entorno, são elementos que influenciaram na maior umidade e também na intensificando da ação humana no município de Barbalha, assim, supõe-se uma maior susceptibilidade, da

área, aos riscos de inundações.

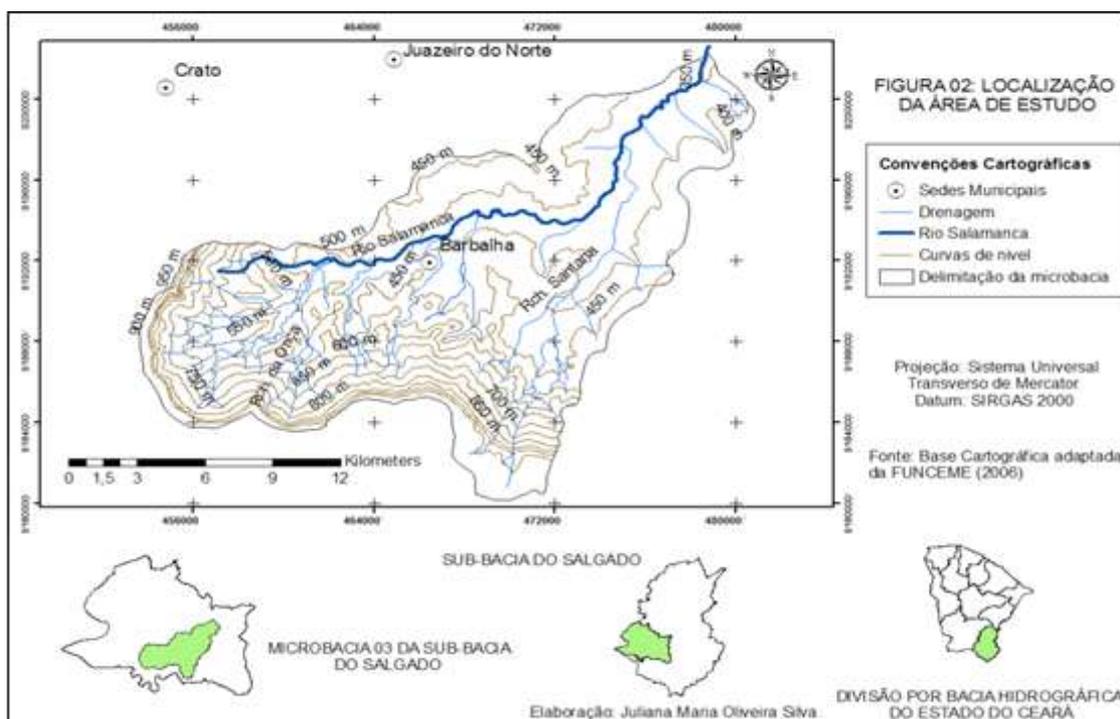


Figura -1 Localização da área de estudo.

Fonte: Autoria Própria.

Neste artigo buscamos responder a uma questão principal: Que condições de circulação atmosférica secundária estão relacionadas aos eventos pluviais que provocam inundações na bacia do rio Salamanca? Diante disso, o objetivo do trabalho é analisar os elementos naturais e a ação humana, que se concretizam no espaço da bacia do rio Salamanca para a compreensão dos riscos ambientais, manifestados nas inundações.

2. Metodologia

Os procedimentos metodológicos utilizados na confecção da presente pesquisa estão organizados da seguinte forma:

a) Levantamento bibliográfico sobre conceitos relativos às temáticas: Riscos, inundações, gênese das chuvas e eventos pluviométricos intensos.

b) Levantamento climático: os dados pluviométricos foram levantados do site da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo dados anuais, mensais e diários de precipitação. Realizou-se a análise minuciosa dos dados climáticos e a fim de identificar os anos que apresentaram o índice de pluviométrico acima do normal. Partindo das informações foram gerados tabelas e gráficos sobre os dados climáticos. Para a definição dos eventos pluviais intensos na área de pesquisa, seguiram-se adaptação das noções metodológicas de Gonçalves (2003) e Zanella (2006) para as informações obtidas na escala da bacia do rio Salamanca.

c) Levantamento de Campo: contribuiu para a identificação das áreas em apresentam maior risco à inundações na bacia do rio Salamanca.

3. Resultados e discussão

3.1 Gênese das chuvas

A Região Nordeste do Brasil (NEB) localiza-se inteiramente nos trópicos do Hemisfério Sul (HS), entre 1°S e 18°S e 35°W-47°W, possuindo uma área de aproximadamente 1.561.177 Km². Segundo Nimer (1972) a climatologia da região nordeste é uma das mais complexas do globo, devido a sua extensão territorial e posição geográfica em relação aos sistemas de circulação atmosférica.

Para Alves et al. (1997) a variação sazonal ao longo do ano (que define as estações denominadas de verão, outono, inverno e primavera) da Região NEB não apresenta características marcantes de variáveis, exemplo: a temperatura. Entretanto, apresenta dois períodos bem definidos em quase toda a região, classificados como um período chuvoso e um período seco. Ab'Saber (2003) explica que se trata de um clima azonal, se comparado ao latitudes similares, o regime pluviométrico é variável, com prolongados períodos de estiagem e anos com excessos pluviométricos que causam sérios problemas ambientais, afetando sobremaneira as atividades produtivas. Nota-se que a precipitação é o principal fator de diferenciação dos diversos tipos climáticos do nordeste do Brasil, a chuva é variável em quantidade e regime.

Ferreira e Melo (2005) discorrem que a circulação atmosférica sobre a região tropical é fortemente modulada e modificada pelos padrões termodinâmicos sobre as bacias dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais.

Em anos nos quais se verificam anomalias positivas ou negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias desses oceanos, a célula de Hadley, que atua no sentido meridional (ramo ascendente sobre os trópicos e ramos descendentes nas latitudes subtropicais), e a célula de Walker, que atua no sentido zonal (ramo ascendente no Pacífico oeste e ramo descendente no Pacífico leste) são perturbadas, causando fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos, visto que essas células são deslocadas de suas posições climatológicas. Consequentemente as intensidade e duração do período chuvoso dessa região também são afetadas. (FEREIRA E MELO, 2005, p.16).

Conforme os autores acima, "do ponto de vista climático a região Nordeste do Brasil é considerada semiárida por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano" (FEREIRA E MELO, 2005, p.16). Para os autores os mecanismos que governam o regime de chuvas da região são: Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico; Frentes Frias; e, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos podemos destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI) dos Complexos Convectivos de Meso-escala (CCM) e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

Segundo Moura (2008) de forma geral a Massa Tropical Atlântica (MTA) apresenta alta umidade relativa, mas ao avançar sobre o continente provocam temperaturas mais elevadas, pressão e umidade relativas baixas, sendo assim responsável pelas condições de estabilidade do tempo, sobretudo no inverno e na primavera, sendo o sistema de maior permanência. Quando atuante, a MTA produz céu limpo ou nuvens altas do tipo cirruiformes. Em relação às chuvas no estado do Ceará, a mesma ocorre através da atuação de fenômenos meteorológicos que foram descritos acima. Além dos sistemas de circulação, outro fator que favorece a intensificação das precipitações é o relevo local.

As massas úmidas provenientes do litoral, segundo Magalhães (2006), chegam à região do

Cariri pela calha do Rio Jaguaribe, ao norte. Ao encontrarem a barreira topográfica da Chapada do Araripe, essas massas ascendem, resfriando-se e precipitando-se a barlavento. O município de Barbalha está situado diretamente nessa área de barlavento da Chapada do Araripe.

De modo geral, entre os elementos do clima, a pluviometria assume um papel importante para a caracterização climática de uma determinada área. Concorde-se com Silva (2012) que para se entender o clima é necessário caracterizar parâmetros como temperatura, pluviosidade, umidade, velocidade dos ventos, pressão atmosférica dentre outros. Neste trabalho abordou-se a caracterização pluviométrica e a temperatura, pois a questão pluviométrica se torna essencial para a identificação das alturas pluviométricas.

No município de Barbalha há uma estação meteorológica em funcionamento a estação Barbalha. Para a caracterização da pluviometria utilizaram-se os dados da estação Barbalha, que está localizada na porção rebaixada da Chapada, a 450 metros de altitude, a umidade relativa do ar varia desde a menor média de 51% em outubro à média máxima de 80% em março (LIMA, 2014).

A variabilidade da distribuição dos totais médios de precipitação ao longo do ano é apresentada a partir dos dados mensais de precipitação do período de 1974 a 2015, provenientes da estação Barbalha da FUNCEME e também monitorada pelo Instituto Nacional de Meteorologia. É importante salientar que essa série tem 41 anos de observação.

Para o conjunto de dados dos registros de 1974 a 2015, a precipitação pluvial total média anual foi de 1058,81 mm, com mínimo mensal em agosto (2,4 mm) e setembro (6,3 mm) e máximo mensal em março (251 mm) e fevereiro (196 mm). No que se refere às temperaturas médias mensais, o posto Barbalha registrou mínima de 23,8°C em julho e a máxima de 26,8°C em novembro, resultando numa média anual de 25°C.

3.2 Eventos pluviométricos intensos e inundações

Os eventos meteorológicos que se afastam dos padrões habituais assumem importância significativa no cotidiano das sociedades, seja pela frequência, intensidade de ocorrência dos mesmos, ou, pela vulnerabilidade ambiental das áreas que atingem. Entre os eventos meteorológicos que se afastam do padrão, estão às chuvas intensas em 24 horas, que normalmente, estão contabilizados nos registros de estações meteorológicas.

Organizando os dados disponíveis, foi realizada, primeiramente, uma avaliação genérica da ocorrência de eventos com descargas pluviais mais intensas e de sua relação com notícias sobre inundação na cidade de Barbalha. Para este exercício, foram utilizadas informações sobre a distribuição temporal da precipitação oriundas da estação meteorológica da FUNCEME presente no município de Barbalha. É sabido que a altura pluviométrica total de um evento chuvoso é altamente variável no espaço, devido a fatores meteorológicos e topográficos, mesmo assim, estes dados foram considerados como um ponto de partida para a avaliação.

A partir dos totais pluviais diários registrados neste posto pluviométrico, foram selecionadas as alturas pluviométricas acima de 100 mm para um único dia ou superiores, ou próximas a isso em caso de haver dias consecutivos de chuva, devido aos registros de impactos. Utilizou como referências os trabalhos de Gonçalves (2005)¹ e Zanella (2006) para a definição desses valores.

1 Segundo Gonçalves (2005, p. 78) "A abordagem geográfica na climatologia e, particularmente, na análise dos impactos pluviais nas áreas urbanas tem sua base teórica-conceitual nos estudos desenvolvidos por (Monteiro, 1971) quanto em relação ao paradigma da análise rítmica (Monteiro, 1979)". A referida autora faz uma análise dos impactos pluviais concentrados e suas repercussões espaciais na cidade de Salvador, utilizando o sistema conceitual Sistema Clima Urbano através do canal de percepção do Impacto Meteorológico no subsistema Hidrodinâmico, enquadrados na categoria de eventos extremos.

Quanto aos eventos de chuva concentrada, durante o período observado, identificou-se que estes ocorrem no período chuvoso (dezembro e janeiro pré-estação e fevereiro, março, abril e maio período chuvoso), mas há uma maior frequência desses eventos nos meses de janeiro, fevereiro e março, seguido dos meses de abril, maio e dezembro. Os anos em que mais se registraram precipitações superiores a 100 mm foram 1974, 1978, 1984, 1985, 1987, 1999, 2000, 2004, 2007 e 2008 com duas ocorrências cada ano. Já os anos de 1976, 1982, 1986, 1989, 1994, 1995, 1998, 2002, 2012 e 2013 não foram registradas chuvas acima de 100 mm em 24 horas ou em três dias consecutivos. Os demais anos apresentaram pelo menos uma ocorrência de chuva acima de 100 mm em 24 horas ou em três dias consecutivos.

Uma vez identificadas as datas em que ocorreram eventos de chuva concentrada, foram consultados os arquivos encontrados na defesa Civil do estado do Ceará e no arquivo da cidade de Barbalha. Realizou-se uma varredura em todos os meios de comunicações para verificar se havia alguma notícia sobre inundações na bacia do Salamanca. Foram encontradas notícias a partir de 2004, nestas notícias destacam-se o tipo de problema ocorrido (enchente ou alagamento) e os locais mais atingidos, em alguns eventos estavam disponíveis registros fotográficos.

Na observação dos dados, percebe-se que há uma variabilidade grande ao longo do período tanto no número de ocorrências de chuvas concentradas como nos registros de inundações (enchentes e alagamentos). Também não há uma relação visível entre os dados: houve anos com ocorrências de dias com chuvas superior a 100mm, para os quais não há, no entanto, nenhum registro de enchentes nos meios de comunicação.

Ainda que a relação entre as datas de registro de precipitações superiores a 100 mm e os registros de alagamentos e inundações na bacia do Salamanca não tenha se confirmado, o acompanhamento da dinâmica de ocupação urbana, do rearranjo da drenagem local e das enchentes e alagamentos, através da pesquisa, trouxe resultados significativos.

Neste sentido, quanto aos alagamentos, constatou-se, primeiramente, que há algumas áreas na bacia, principalmente no perímetro urbano em que estes eventos ocorrem, que mesmo depois de tomadas medidas estruturais para solucionar o problema voltam a ser atingidas, à medida que se amplia a área impermeabilizada. Além disso, a cada década, surgem novas áreas de alagamento já que havia menos áreas impermeabilizadas a montante, ou, porque a cidade se expandiu para áreas em que os riachos saiam do leito de escoamento, mas não causavam transtornos, porque não havia ocupação humana. Assim, ainda que as notícias sobre alagamentos não tenham grande importância e não sejam divulgadas, este processo hidrológico atinge cada vez mais áreas no perímetro da cidade, devido ao descompasso entre o crescimento urbano e o sistema de drenagem urbana.

Por outro lado, quanto às enchentes, com as consequentes inundações ribeirinhas, constatou-se, através de registros históricos, que as principais ocorrências no município de Barbalha aconteceram em 1974, 2004, 2007, 2008 e 2015 (Tabela 1). Não há, depois destas, registros de inundações da mesma magnitude. A escolha desses eventos tem relação com o impacto na realidade cotidiana da área de estudo, aprofundando sua gênese e avaliando sua distribuição sobre Barbalha.

Tabela 1 - Eventos pluviométricos intensos acima de 100 mm

Data do evento	Fenômeno atmosférico	Precipitação	Locais atingidos e consequências
22/01/1974	Vórtices Ciclônicos de Altas Níveis – VCAN	115,2mm em 24 horas	Alagamento do centro da cidade de Barbalha
17/01/2004	"A atividade das frentes frias foi muito intensa, chegando a provocar chuvas em todo o Ceará, inclusive, associando-se a vórtices ciclônicos de altas níveis em janeiro [...], em alguns casos atraindo a ZCIT para latitudes ao sul do Equador". Xavier (2004, apud Zanella (2005, p.181)	117mm em 24 horas	Segundo a Defesa Civil do estado do Ceará foi decretado situação de emergência, mais de quinze mil pessoas foram atingidas pelas fortes chuvas ocorridas nesse ano, os bairros mais atingidos foram os que ficam próximos aos riachos do Ouro e ao riacho Seco na zona urbana de Barbalha (casas e ruas alagadas causando danos materiais). Em alguns sítios localizados na zona rural também foram atingidos pela inundação dos riachos que formam o rio Salamanca (danos principalmente nas plantações).
03/02/2007	Zona de convergência intertropical – ZCIT	141,5mm em 24 horas	Os principais impactos causados por este evento são evidenciados na notícia que saiu no jornal do Povo online, foram atingidos os bairros Cirolândia, Nossa senhora de Fátima e Rosário, com alagamento de ruas e de casas, causando danos materiais.
12/02/2008	De acordo com Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 1991 a 2012 (2013), o ano de 2008 teve a atuação conjunta de vários sistemas meteorológicos contribuindo para a ocorrência de chuvas acima da média no sul do estado do Ceará como a ZCIT e VCAN.	108mm em 24 horas	Segundo a Defesa Civil do estado do Ceará foram atingidas mais de três mil pessoas no município de Barbalha, vários impactos foram observados no município. Ruas alagadas, casas danificadas, rompimento da ponte que liga a cidade de Barbalha ao distrito de Arajara.
23/04/2015	Convecção profunda (sistema convectivo de nuvens de chuva) associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que se encontrava atuando, desde o Norte do Ceará até ao Sul do Estado	159mm em 24 horas	Analisando os jornais e os meios de comunicação online, os principais transtornos estão localizados nas margens do riacho Seco, que fica na periferia da cidade, passando por três bairros da cidade de Barbalha: Bela Vista, Santo André e Cirolândia

Fonte: Autoria Própria

3.3 Construção do risco a inundação na bacia do rio Salamanca

Na seção que abordou a gênese das chuvas foram apreciados fenômenos atmosféricos responsáveis pelos eventos de chuva concentrada. Infere-se que fenômenos como estes, em princípio, escapam a interferência humana. A dinâmica destes fenômenos excepcionais, em função da sua complexidade, apenas recentemente passaram a ser estudados pelo conhecimento científico. Para o fenômeno ocorrido em 1974, por exemplo, não se encontrou uma explicação convincente, já para os ocorridos em 2004 e 2015, através de dados e novos instrumentos de observação, foi possível buscar um entendimento, devido as imagens de satélites e notícias dos meios de comu-

nicações.

A dinâmica natural (natureza), portanto, não desapareceu da problemática dos riscos relacionados às inundações na bacia do rio Salamanca. A intensificação de mudanças relacionadas ao povoamento e suas interações, parciais, com os processos físicos ressaltou mais claramente a antropização destes. Como exemplo, às inundações na planície fluvial, evidencia que a impermeabilização do solo oriundo do crescimento da cidade exigiu a ampliação contínua do sistema de drenagem urbana, porque os drenos naturais já não supriam o escoamento da água. Assim, ainda que a origem do perigo seja natural, a interação com o ambiente impermeabilizado (antrópico) altera o processo físico resultante tanto em sua intensidade quanto em sua dimensão espacial.

Outro aspecto a considerar é o fato de que não é toda a planície fluvial que está sujeita de igual forma a perdas materiais ou sociais devido às inundações ribeirinhas. Para compreender essas diferenças, foi necessário considerar um segundo grupo de parâmetros: o dos que podem aumentar ou diminuir o risco a que uma sociedade ou determinados grupos sociais estão expostos; e, o que se define como vulnerabilidade, o qual é diretamente relacionado à relação social.

A intensificação do crescimento urbano de Barbalha, a partir da década de 1980, modificou alterou as interações deste assentamento humano com os processos físicos, de modo que, atualmente, estes últimos já são, claramente, induzidos socialmente. Ou seja, produzem-se e acentuam-se por algum tipo de intervenção humana sobre a natureza, e confundem-se, às vezes, com eventos propriamente naturais. Na década de 1980, já se registravam enchentes, principalmente nas margens do riacho do Ouro, riacho esse que drena hoje o centro da cidade de Barbalha, configurando como um afluente do rio Salamanca.

No final dos anos 1980 e no início dos anos 1990, foram introduzidos na paisagem sistemas estruturais, com o objetivo de coletar, transferir e descarregar o escoamento superficial do modo mais rápido possível. No entanto, com a continuidade da urbanização, o volume do escoamento superficial aumentou, e essas estruturas não apresentaram a capacidade de transferir o escoamento com a mesma eficiência, sendo assim, como resultado, voltaram a ocorrer inundações nos mesmos locais e em novos pontos, nas décadas de 1990 e de 2000 como no riacho Seco que drena alguns bairros da cidade de Barbalha até confluir com o rio Salamanca.

A urbanização também favoreceu o aumento efetivo dos riscos, porque se criaram mais estruturas (pontes, vias, redes elétricas, redes de saneamento) e também devido o aumento do número de pessoas vivendo na planície fluvial da bacia do rio Salamanca, isso fica evidente no riacho Seco, que tornou-se em uma área ocupação de risco à inundação a partir da década de 1990, acentuando-se na década de 2000, e atualmente é umas das principais áreas de risco de Barbalha (figura 2). Além disso, constatou-se que o crescimento urbano favoreceu a declaração dos riscos, principalmente porque mais casas e equipamentos passaram a estar no caminho natural da água, muito embora tenha que salientar que hoje há também a maior possibilidade de registros que foram ampliadas com o progressivo avanço da tecnologia e por meio da maior veiculação da informação.

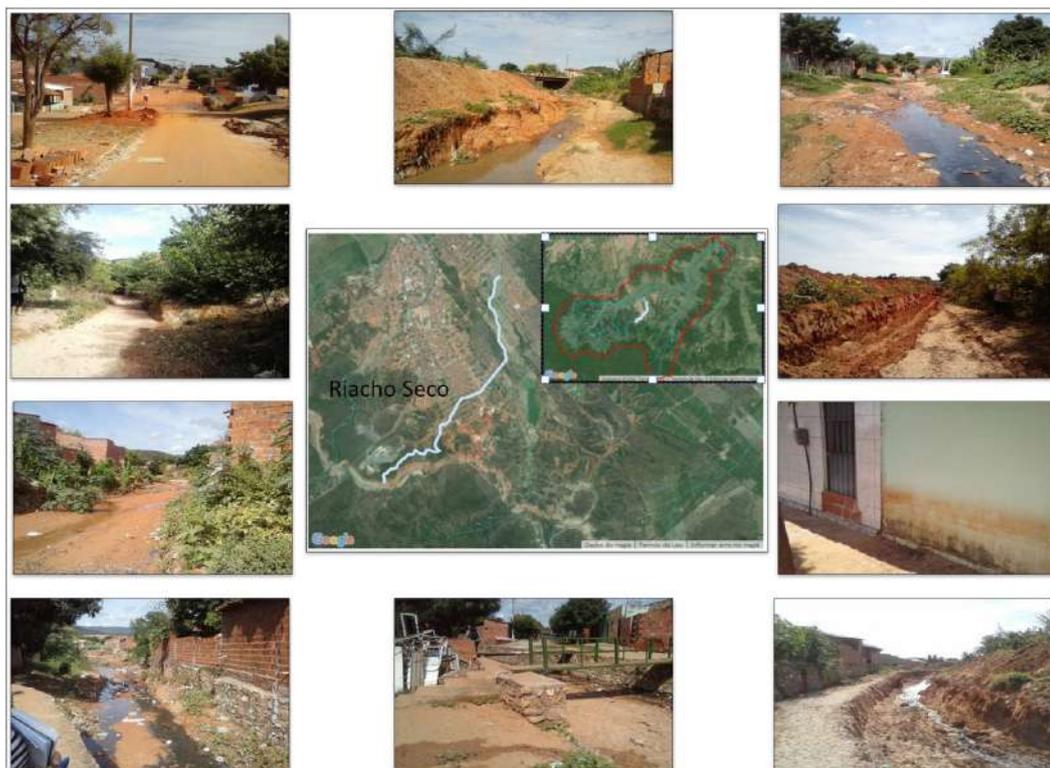


Figura 2 – Área de risco à inundação em Barbalha - CE: Riacho Seco

Fonte: Autoria Própria

4. Considerações finais

Da avaliação das condicionantes naturais relacionadas com a ocorrência de inundações constatou-se, no tocante ao exame do clima, que eventos pluviais concentrados em poucas horas ocorrem na pré-estação e na quadra chuvosa, sendo esses decorrentes de Complexos Convecivos de Mesoescala ou Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis associados à Zona de Convergência Intertropical.

Estes eventos pluviais podem provocar crescidas rápidas e de pouca duração, mas que, geralmente, apanham a população desprevenida. Também podem ocorrer inundações com crescida lenta e maior permanência, resultantes de chuvas prolongadas. A presença da chapada do Araripe também incrementa localmente a precipitação. Outra condição natural que favorece o espraio da água e dos sedimentos é a ruptura da declividade da escarpa para a planície.

Na construção do risco à inundação, constatou-se que a urbanização aliada à reestruturação produtiva tornou-se fator importante na bacia do rio Salamanca, multiplicando os efeitos das interações entre a sociedade e a natureza, não apenas pelo aumento do número de habitantes que vivem na área urbana, mas, sobretudo, porque o modo de vida urbano e o meio técnico-científico se difundem no entorno deles. A partir da década de 1980, este espaço se requalificou para atender as determinações geradas pelos empreendimentos industriais que se instalaram no município de Barbalha, em interação com a ação de agentes políticos, econômicos e sociais locais. A requalificação deste espaço acarretou novos objetos, maior carga aos recursos naturais, degradação do meio e uma desigualdade no modo de vida urbano.

Ainda que as áreas com risco de inundação na bacia do rio Salamanca não estejam diretamente associadas às condições sociais, as classes menos favorecidas têm menos meios de proteger a si mesmas e aos seus bens dos eventos climáticos extremos e, portanto, apresentam maior

vulnerabilidade.

5. Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de mestrado concedidas para o primeiro e segundo autores, respectivamente. E a professora Doutora Claudia Maria Magalhães Grangeiro (in memorian).

Referências

- AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALVES, J. M. B.; SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A.; M. I.; VITORINO, N.S. Episódios de La Niña na bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a distribuição de chuvas no setor Norte do Nordeste brasileiro. **REVISTA BRASILEIRA DE METEOROLOGIA**, v. 12, p. 63-76, 1997.
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas**. In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 28-2, p. 11-30, 2005.
- COLLISCHONN, E. **Inundações em Venâncio Aires, RS: Interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos**. 2009. 337 F. (Tese) – Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- FERREIRA, A. G. F. MELLO, N. G. DA S. Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da Região. **Revista Brasileira De Climatologia**, v.1, nº 1, sp., 2005.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. (FUNCEME). Dados pluviométricos de 2015. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas>. Acessado em: 05 janeiro de 2015.
- GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: **CLIMA URBANO**, Ed. Contexto, 2003.
- LIMA, G. G. **Análise comparativa de metodologias de mapeamento geomorfológico na bacia do rio Salamanca, Cariri Cearense**. 2014, 120 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado Universidade Federal do Pernambuco, Recife. 2014.
- MACHADO, G. **Transformações na Paisagem da Bacia do Rio Marrecas (SW/PR) e Perspectivas de Desenvolvimento Territorial**. 2009 289 f. (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Geografia, FCT/UNESP: Presidente Prudente, 2009.
- MAGALHÃES, A. O. **Análise ambiental do alto curso da microbacia do rio da Batateira no município do Crato/CE: subsídios ao zoneamento ecológico-econômico**. 2006. 203 f. (Dissertação) – Curso de mestrado em Geografia, Universidade Federal Ceará, Fortaleza. 2006.
- MOURA, M.O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008, 319 f. (Dissertação) - Curso de doutorado em Geografia, Universidade Federal Ceará Fortaleza, 2008.

NIMER, E. **Clima**. In: Geografia do Brasil: Região Nordeste. IBGE. Rio de Janeiro, 1977.

SANTOS, J.O. **Vulnerabilidade Ambiental e áreas de risco na Bacia Hidrográfica do rio Cocó – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará**. 2006, 212 f. (Dissertação) - Curso de mestrado em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

SILVA, J.M.O. **Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi: subsídios para o planejamento ambiental**. 2012, 272 f. (Tese). Curso de doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará. 2012.

ZANELLA, M.A. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: Impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. 2006, 272 f. (Tese) – Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento – Universidade Federal do Paraná, 2006.

RESPOSTA ESPECTRAL DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO PEREIRA DE MIRANDA, PENTECOSTE – CE

*JANAINA CASTRO DE MENDONÇA
MARIA GINA TORRES SENA
CAROLINE MARIA BAYMA DE OLIVEIRA
FERNANDO BEZERRA LOPES
EUNICE MAIA DE ANDRADE*

Resumo

Nas regiões semiáridas, os açudes apresentam uma grande importância, pois são os responsáveis por abastecer a população nas mais diversas atividades. Diante do contexto, o monitoramento desses reservatórios deve ser feito de forma mais eficiente, no intuito de preservar um produto tão escasso, no qual não se torna limitado apenas de forma quantitativa, mas qualitativa. Desta forma, o objetivo-se estudar em diferentes períodos as características das curvas espectrais das águas do açude Pereira de Miranda, Pentecoste - CE. Para tanto, foram utilizados dados limnológicos e espectrais. Os dados foram coletados em cinco pontos amostrais. Os dados espectrais foram coletados com um espectrorradiômetro. As campanhas de campo foram realizadas nas datas de 12 de dezembro de 2014 (período seco) e 07 de abril de 2015 (período chuvoso). Os resultados demonstram que ocorreu uma variação nas respostas espectrais nos períodos distintos. As respostas espectrais obtidas no período seco apresentam um comportamento mais uniforme, com coeficientes de absorção da clorofila em dois pontos máximos, um na região do azul, em torno de 450 nm e outro na região do vermelho, em torno de 650 nm. Já para o período chuvoso, onde se observa uma reflectância mais elevada, este comportamento é resultado do aumento das concentrações de partículas inorgânicas suspensas na coluna d'água, devido ao incremento de substâncias que podem ser levadas para dentro do reservatório pelas precipitações pluviométricas que ocorreram no mês anterior à data da coleta, assim como nas datas mais próximas houve um aumento no volume do reservatório. As águas estão com elevado grau de trofia, ou seja, eutrofizadas. Os principais componentes opticamente ativos modelando a forma dos espectros são a clorofila-a e os sedimentos.

Palavras-Chaves: Águas continentais; Monitoramento; sensoriamento remoto.

Abstract

In the semi-arid regions, the reservoirs have a great importance, because they are responsible for supplying the population in various activities. On the context, the monitoring of these reservoirs should be done more efficiently in order to preserve a product so scarce, which does not become limited only quantitatively but qualitatively. Thus, the goal is to study at different times of the characteristics of the spectral curves of the waters of the weir Pereira de Miranda, Pentecoste - CE. Therefore, limnological and spectral data were used. Data were collected in five sampling points. Spectral data were collected with a spectroradiometer. field campaigns were conducted on the dates of December 12, 2014 (dry season) and April 7, 2015 (rainy season). The results demonstrate that there was a variation in spectral responses at different times. The spectral response obtained in the dry period had a more uniform behavior with the chlorophyll absorption coefficients in two peaks, one in the blue region around 450 nm and the other in the red, around 650 nm. As for the rainy season, where we observe a higher reflectance, this behavior is a result of increased inorganic particulate concentrations suspended in the water column due to the increase of substances that can be taken into the reservoir by rainfall that occurred month prior to the date of collection, as well as on nearby dates there was an increase in the volume of the reservoir. The water is with a high degree of hypertrophy, namely eutrophication. The main optically active components modeling the shape of the spectra are chlorophyll-a and sediments.

Keywords: Inland waters; monitoring; remote sensing.

1. Introdução

Os trópicos semiáridos apresentam por natureza uma região que demonstra periodicamente problemas de escassez de água e problemas de qualidade de água. Considera-se assim necessário a intensificação dos esforços da gestão de recursos hídricos para garantir o abastecimento (GUNKEL et al., 2003). Diante da problemática, ressalta-se a importância dos reservatórios nessas regiões, pois através deste que é possível o abastecimento. Segundo Andrade et al. (2007), as barragens e a perenização artificial de rios constituem a principal fonte de água para uso doméstico, industrial e agrícola na região semiárida do Brasil.

Como uma importante ferramenta na gestão de recursos hídricos, a avaliação da qualidade da água deve abranger o acompanhamento das tendências de mudança no tempo, possibilitando, dessa forma, a identificação de medidas preventivas bem como a avaliação da eficiência de medidas adotadas (LOPES, 2013). A adequada gestão desses recursos tanto na quantidade disponível, como na qualidade, pode ser feito pelo monitoramento dos reservatórios.

O monitoramento pode ser considerado como um dos pré-requisitos para o sucesso de qualquer sistema de gestão das águas, já que permite a obtenção do arcabouço de informações necessárias, o acompanhamento das medidas efetivadas, a atualização dos bancos de dados e o direcionamento das decisões (MAGALHÃES, 2000).

Uma ferramenta que está sendo bastante utilizada para este tipo de atividade, é o sensoriamento remoto, está técnica evidencia diversas funcionalidades nesse tipo de estudo. Segundo Lopes (2013) o sensoriamento remoto permite a aquisição de informações em diferentes escalas espaciais e temporais, favorecendo a análise estrutural dos ecossistemas aquáticos assim como sua análise funcional de modo sinóptico.

A resposta espectral das águas interiores está relacionada às substâncias opticamente ativas presentes na coluna destes corpos d'água, pois esses componentes opticamente ativos são os responsáveis pelas diferentes respostas espectrais da água captada pelos sensores. Assim, mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos corpos de água, provocam mudanças na interação da radiação eletromagnética com a água e, por consequência, na sua cor. E neste sentido, esses componentes opticamente tornam-se indicadores de qualidade das águas (WATANABE et al., 2010).

Com isso, objetivou-se estudar as características das curvas espectrais em diferentes períodos das águas do açude Pereira de Miranda, Pentecoste - CE.

2. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo foi o açude Pereira de Miranda, o qual faz parte de Bacia Hidrográfica do Curu, especificamente localizado no Município de Pentecoste – CE (Figura 1). A barragem do reservatório foi projetada e construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, sua construção ocorreu entre os anos de 1950 e 1957.

Possui uma bacia hidrográfica com área de 2.840 km² e uma bacia hidráulica de 5.700 ha (DNOCS, 2016). O seu principal afluente é o rio Canindé, que se encontra na margem direita, e drena praticamente todo o quadrante sudeste da bacia.

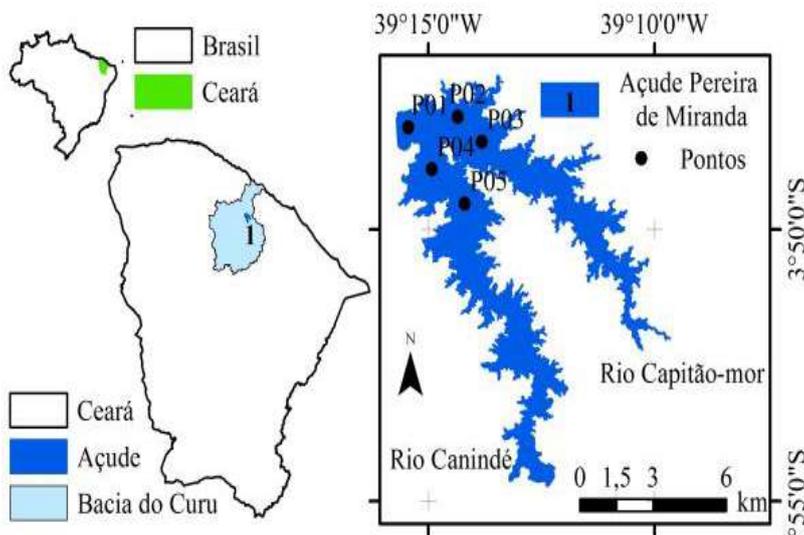


Figura 1 - Localização geográfica dos pontos de coletas de água no açude Pereira de Miranda na Bacia do Curu

Ao longo do reservatório os pontos amostrais foram distribuídos, o ponto P01 corresponde ao ponto mais próximo da barragem (tomada d'água), P02 – rio Capitão-mor 2, P03 – rio Capitão-mor 1, P04 – rio Canindé 2 e P05 – rio Canindé 1.

3. Material e Métodos

As medições da radiância espectral do sistema aquático foram realizadas utilizando o espectrorradiômetro *ASD FieldSpec[®]3 Hi – Res*, no qual abrange uma faixa espectral que varia de 350 a 2500 nm e uma placa de referência de Spectralon, como superfície lambertiana para calibração. As curvas de reflectância correspondem aos dados de cinco pontos amostrais distribuídos ao longo do açude (Figura 1).

Em cada ponto amostral foram realizadas dez medidas de reflectância nos meses de dezembro de 2014 e abril de 2015, períodos correspondentes a eventos climáticos diferentes no semi-árido, um sem a ocorrência de chuvas e no outro com chuvas, respectivamente. Todas as coletas foram realizadas nos horários entre 10 e 14h, correspondendo ao período com menor ângulo de inclinação solar e desta forma há maior fluxo de energia no campo de irradiação.

Simultaneamente a coleta de dados espectrais foram coletadas as amostras de água a 30 cm de profundidade da superfície d'água em garrafas plásticas de 1 L, devidamente esterilizadas para posterior análise em laboratório dos atributos limnológicos. Os atributos analisados em laboratório foram: clorofila-a, pH, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais – SST, sólidos suspensos fixos – SSF, sólidos suspensos voláteis – SSV. Foi determinado *in situ* a transparência pelo disco de secchi e velocidade do vento, além de observadas as condições ambientais e realizadas anotações de campo.

4. Resultados e Discussão

Os atributos limnológicos em ambos os períodos são apresentados na Tabela 1 e mostram que ocorreram grandes variações entre os pontos amostrais e entre os períodos (seco e chuvoso).

Coletas	Pontos	Clorofila "a" (ug/L)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)	pH	CE (dS/m)	Transparência (m)
1° Coleta 13/12/2014	P01	76,29	8,67	1,67	7,00	8,07	1,57	0,10
	P02	31,51	14,00	2,00	12,00	8,09	1,58	0,13
	P03	74,49	12,00	3,33	8,67	7,91	1,63	0,90
	P04	23,90	13,50	13,50	0,00	7,94	1,55	0,11
	P05	30,70	41,33	13,33	28,00	8,55	2,07	0,10
2° Coleta 07/04/2015	P01	30,97	63,50	53,00	10,50	7,29	0,84	0,10
	P02	66,75	100,00	83,00	17,00	7,25	0,73	0,10
	P03	50,20	26,50	13,00	13,50	7,50	1,71	0,34
	P04	20,83	51,00	42,50	8,50	7,09	0,37	0,10
	P05	33,91	24,80	21,60	3,20	6,94	0,17	0,19

Tabela 1 – Constituintes opticamente ativos (COAs) da água e atributos limnológicos das coletas de dezembro de 2014 e abril de 2016

As concentrações de Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) apresentam-se com valores elevados para as duas campanhas de coletas, este fato revela os impactos no reservatório, pois as concentrações de clorofila estão relacionadas ao estado trófico do açude, Tabela 2, bem como a qualidade da água.

Nível Trófico	Clorofila – a ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\text{Cl-a} \leq 1,17$
Oligotrófico	$1,17 < \text{Cl-a} \leq 3,24$
Mesotrófico	$3,24 < \text{Cl-a} \leq 11,03$
Eutrófico	$11,03 < \text{Cl-a} \leq 30,55$
Supereutrófico	$30,55 < \text{Cl-a} \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\text{Cl-a} > 69,05$

Tabela 2 – Níveis tróficos em reservatórios e concentração de Clorofila – a. Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004).

As concentrações de clorofila-a do reservatório Pereira de Miranda, encontram-se todas classificadas entre os níveis tróficos de eutróficos a hipereutróficos segundo os limites de classificação da Tabela 2, pois as menores concentrações de clorofila são de 20,83 e 23,90 ($\mu\text{g L}^{-1}$) (Tabela 1), ambos os valores são referentes ao ponto (P04).

O nível trófico do açude Pereira de Miranda, confirma a existência de atividades antrópicas impactantes como o desmatamento nas margens dos mananciais, o uso e a ocupação irregular existente nas suas margens e em suas bacias hidrográficas, atividades agrícolas, criação de peixes em tanque redes, pecuária e residências (LOPES et al., 2015).

Os impactos dessas atividades também afetam na quantificação dos sólidos suspensos voláteis, também conhecidos como sólidos orgânicos e os sólidos suspensos inorgânicos, ou sólidos fixos. Como observado na Tabela 1, a coleta de abril apresenta valores superiores que a coleta de dezembro, principalmente para os SSF, este fato é compreensível, haja vista que trata-se de um atributo influenciado por partículas sólidas em suspensão, como argila e matéria orgânica, e é no período chuvoso que ocorre o maior arraste deste material da bacia hidrográfica e das margens

para o reservatório, devido as precipitações pluviométricas que ocorreram no período chuvoso da coleta (Figura 2).

A Figura 2 é referente aos valores das precipitações pluviométricas diária e acumulada em (mm) no reservatório pereira de Miranda nos anos de 2014 e 2015, assim como o volume em (%) no decorrer do mesmo período, o qual evidencia o decréscimo de volume do açude na primeira coleta e seu aumento para a segunda coleta, em abril, onde seu volume passou de 1,4% para 3,0%, respectivamente para a primeira coleta do dia 12 de dezembro de 2014 e para a segunda coleta do dia 07 de abril de 2015.

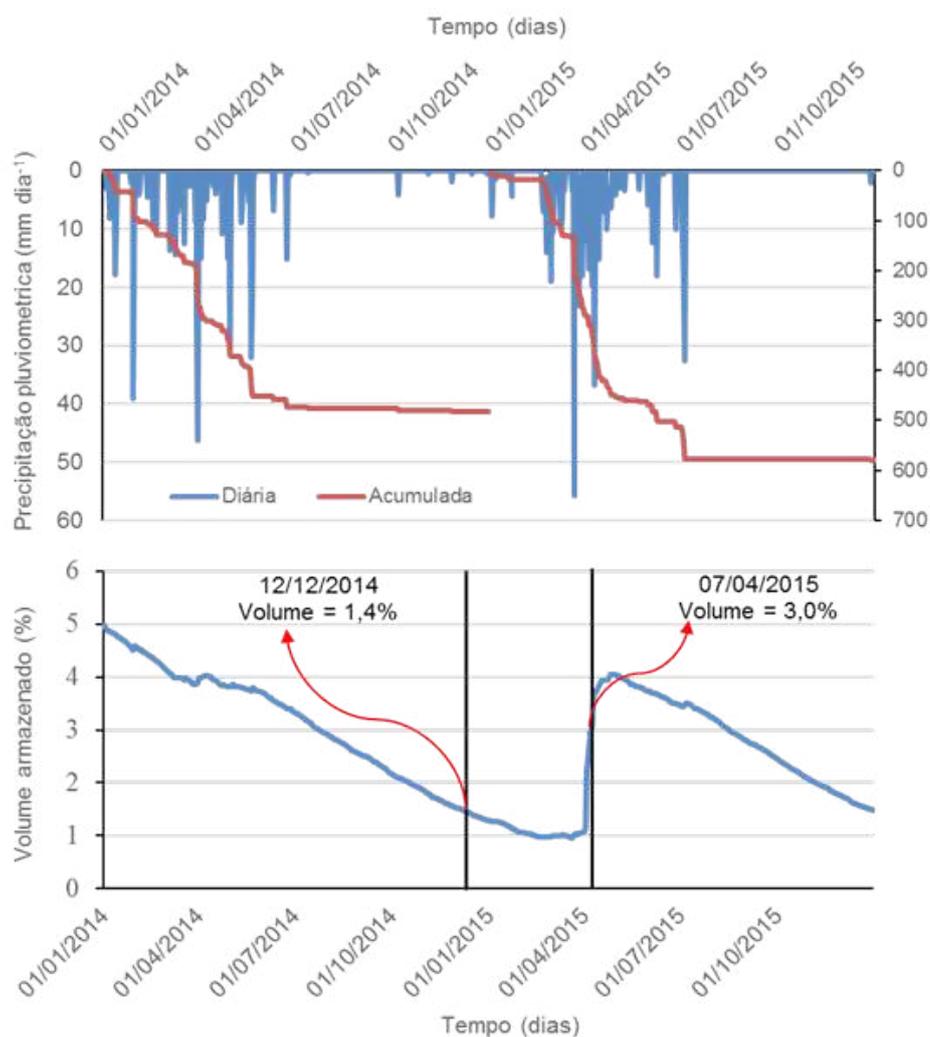


Figura 2 - Pluviometria para o posto de Pentecoste (FUNCEME, 2016), e volume (COGERH, 2016) para o reservatório Pereira de Miranda para os anos de 2014 a 2015.

Ainda de acordo com a Tabela 2, observa-se os valores de pH que variaram de 6,94 a 8,55. O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquática (FERREIRA et al., 2015). Apenas o valor do pH para o P05 ultrapassou o intervalo normal de pH para qualidade de água na irrigação de 6,5 à 8,4 para o período seco. Nenhum dos pontos apresentaram valor de pH fora do intervalo de 6 à 9,5, que é o indicado para consumo humano segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, valores padrões para Classe 2 de Águas Doces (BRASIL, 2005).

Os valores de CE, quanto maior o valor, maior a quantidade de partículas dissolvidas na água. Observa-se na Tabela 1 que todos os pontos apresentam valores de CE com grau de restrição para

uso da água para irrigação de ligeira à moderada, entre 0,7 e 3,0 dS m⁻¹ (AYERS; WESTCOT, 1999) com exceção para os pontos 4 e 5 para estação chuvosa. De acordo com o limite para consumo humano, que segundo a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde é de até 1,99 dS m⁻¹, apenas o ponto (P5) não atende ao limite estipulado.

Os valores de transparência da água para o período estudado (Tabela 1) variaram de 0,1 a 0,9 m. Essa variação pode ocorrer devido (HENRY et al., 1998 Apund LOPES et al., 2015) principalmente a dois fatores: introdução de material alóctone, elevando a quantidade de material em suspensão na água e ressuspensão de material de sedimento, provocada pelo vento.

Verifica-se nas figuras 3 e 4 a resposta espectral das águas do Açude Pereira de Miranda, Pentecoste, Ceará, para os períodos seco e chuvosos, respectivamente. Observa-se que as curvas espectrais apresentam características distintas.

Na Figura 3, observam-se curvas uniformes ao longo do comprimento de onda do visível, no qual os espectros apresentam uma menor reflectância entre 400 e 500, ou seja, uma maior absorção, e picos de reflectância na região do verde entre 540 a 560 nm. Observa-se este comportamento ao longo de todo o comprimento, onde ocorre outro pico de absorção na região do vermelho. Segundo Novo & Ponzoni, (2001), este comportamento é observado para a clorofila-a, onde apresenta coeficientes de absorção da clorofila em dois pontos máximos, um na região do azul, em torno de 450 nm e outro na região do vermelho, em torno de 650 nm.

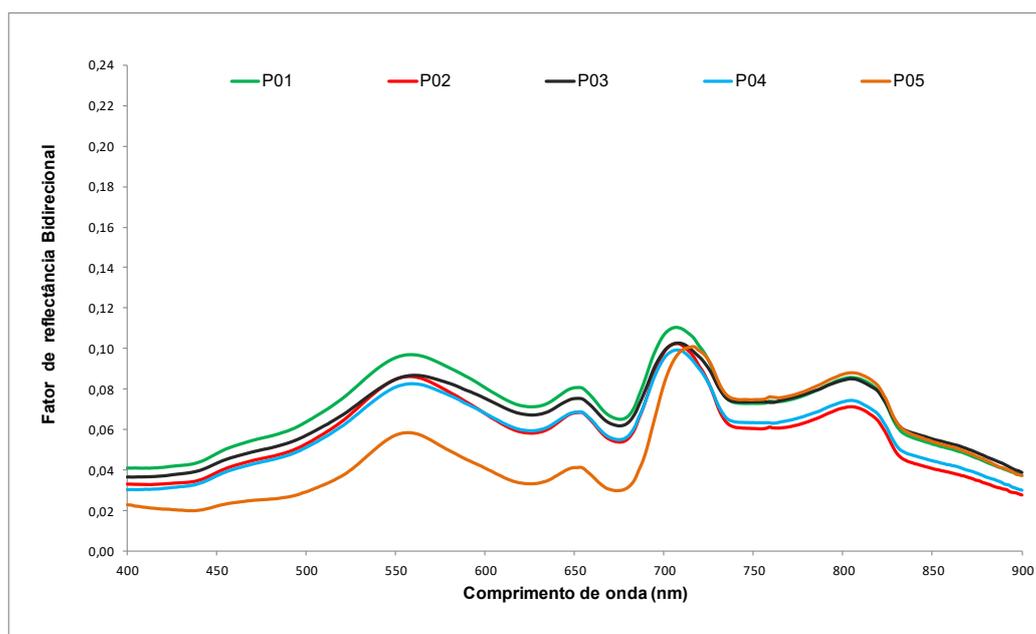


Figura 3 - Resposta espectral da água do reservatório Pereira de Miranda no período de 03/12/2014

Observa-se ainda, que o espectro do ponto 5 (P5) encontra-se mais distanciado dos demais, ou seja, que apresenta uma menor reflectância na região do visível, este comportamento ocorre devido os sólidos suspensos voláteis, ou seja, material orgânico que em relação aos demais pontos, é o que apresenta maior concentração (Tabela 1), desta forma indicando que quanto maior a concentração de matéria orgânica dissolvida na água, menor sua reflectância. Segundo Mantovani (1993) o aumento da concentração de substâncias húmicas promoveu uma diminuição de aproximadamente 40 a 50% da reflectância da água. Embora na região do infravermelho, o mesmo apresenta uma inversão, essa inversão é explicada por Mobley (1994) e Novo (2010). Onde ocorre devido às grandes moléculas dos compostos orgânicos.

O principal componente opticamente ativo que influencia na forma dos espectros é a clorofi-

la-a para a campanha de 12 de dezembro de 2014.

Na Figura 4, observam-se curvas referentes ao período da estação chuvosa, no qual apresentaram maior reflectância. Também vale ressaltar que nesta figura constata-se também uma maior dinâmica que o período seco. Conforme Lopes (2013) este comportamento por ser função do coeficiente de retroespalhamento e que este, por sua vez, é altamente correlacionado com a concentração de sólidos em suspensão.

Observam-se curvas com alta reflectância entre 500 a 700 nm. Este comportamento está relacionado ao aumento de concentrações de partículas inorgânicas suspensas na coluna d'água, ou seja, SSF (Tabela 1). O aumento na concentração de sedimentos deve-se ao incremento de substâncias que podem ser levadas para dentro do reservatório devido às chuvas que ocorreram no período chuvoso, assim como nas datas mais próximas houve um aumento no volume do reservatório (Figura 2).

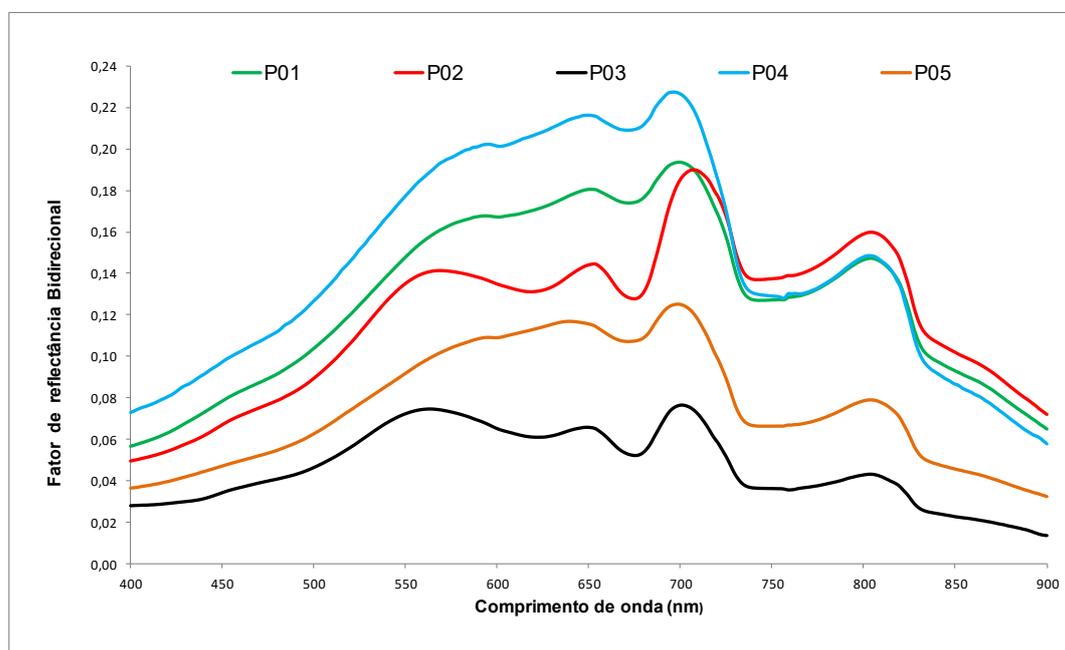


Figura 4 - Resposta espectral da água do reservatório Pereira de Miranda no período de 07/04/2015

Também se verifica que os espectros dos pontos (P03 e P05), apresentaram menor reflectância, justamente por apresentarem as menores concentrações de SSF (Tabela 1). Outro fator relevante no que diz respeito a esses espectros, e o ponto (P03) apresentar feições, como os picos de absorção e reflectância bem definidos, característicos da presença de clorofila, o que de fato observa-se na Tabela 1, onde esta concentração apresenta valor elevado. Este comportamento também ocorreu para o espectro do ponto (P02), pois este apresenta maior concentração de clorofila para a campanha de campo do período chuvoso, muito embora, apresente também uma alta reflectância, isso devido aos valores superiores de sólidos suspensos tanto inorgânicos como os orgânicos.

Desta forma, os principais componentes opticamente ativos modelando a forma dos espectros para a campanha de 07 de abril de 2015 são a clorofila-a e os sedimentos.

5. Conclusão

As águas apresentam grau de restrição para uso da água para irrigação de ligeira à moderada, com exceção para os pontos 4 e 5 para estação chuvosa.

As águas estão com elevado grau de trofia, ou seja, eutrofizadas.

Os principais componentes opticamente ativos modelando a forma dos espectros são a clorofila-a e os sedimentos.

Referências

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1791-1797, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Traduzido por GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, nº 053, 18 mar. 2005, p. 58-63.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Portal Hidrológico do Ceará**. Disponível em < <http://www.hidro.ce.gov.br/municipios/chuvas-diarias> > Acesso em 15 de março de 2016.

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Açude Pentecoste**. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20do%20Ceara/pentecoste.htm>>. Acesso em: 09/03/2016.

FERREIRA, K. C. D. ; LOPES, F. B. ; [ANDRADE, E. M.](#) ; [MEIRELES, A. C. M](#) ; SILVA, G. S. Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. **Revista Ciência Agronômica (UFC. Online)**, v. 46, p. 277-286, 2015.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Redes de Monitoramento**. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 15/03/ 2016.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 207p. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LOPES, F. B. **Uso de sensoriamento remoto como suporte ao monitoramento da qualidade das águas superficiais da região semiárida do Brasil**. 2013. 202 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2013.

[LOPES, F.B.](#); SENA, M.G.T.; OLIVEIRA, C.M.B.; LIMA, F.J.O.; ANDRADE, E.M.; BECKER, H. EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DA REGIÃO SEMIÁRIDA. In: III Inovagri International Meeting, 2015, Fortaleza. **Anais** do III Inovagri International Meeting - 2015. Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI, 2015. p. 3569-3579.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil -Instituições e iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, nº3, p.113-115. 2000.

NOVO, E.M.L.M; PONZONI, F.J. Introdução ao Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001, 68 p.

RUNDQUIST, D. C.; HAN, L.; SCHALLES, J. F.; PEAKE, J. S. Remote measurement of algal chlorophyll in surface waters: the case for the first derivative of reflectance near 690 nm. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 62, n.2, p.195-200, 1996.

WATANABE, F. S. Y.; IMAI, Nilton Nobuhiro ; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria ; ARAÚJO, Alex Paulo de . AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA ÁGUA: ESTUDO DE CASO DO ALTO CURSO DO RIO PARANÁ (PRESIDENTE EPITÁCIO ? SP). In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnológicas da Geoinformação**, 2010, Recife-PE. A informação Geoesoacial: Inovação Tecnológica, Ocupação e Monitoramento, 2010. p. 1-8.

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA MICROBACIA DO RIACHO DO MEIO (JARDIM DO SERIDÓ-RN)

ANDREIA DIAS DE MEDEIROS
WANDSON DO NASCIMENTO SILVA
E. R. V. LIMA
D. F. DA S. COSTA

Resumo

No semiárido brasileiro, os reservatórios de água assumem uma elevada importância em virtude da vulnerabilidade desta região a estiagem sazonal. Todavia estes corpos d'água necessitam de uma gestão integrada tanto em nível de bacia hidrográfica quanto de toda a bacia/microbacia hidrográfica. Este trabalho consiste no mapeamento das classes de uso da terra em uma microbacia, a partir de uma estratégia de mapeamento com uma abordagem em escala local (reservatório) e de microbacia (Riacho do Meio, Jardim do Seridó - RN). Foi realizado o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra em toda a microbacia com o auxílio de ferramentas do programa ArcGIS 10.2 e uma imagem do satélite ResourceSat-1. Foram mapeadas seis classes baseadas nas categorias descritas pelo no manual técnico de uso da terra : Caatinga Arbustiva, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário, Solo exposto e Reservatórios. Onde a classe de Caatinga Arbustiva foi a predominante da área total da microbacia. A partir destes dados, realizou-se uma análise comparativa apenas do uso e cobertura da terra no entorno do reservatório principal, verificando-se a classe Caatinga Arbustiva Aberta como predominante. Evidenciou-se que mesmo não ocorrendo na microbacia um alto grau de uso e ocupação da terra, o entorno do principal reservatório apresenta um preocupante percentual de ocupação pela Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário e Solo Exposto, as quais representam áreas degradadas que foram desmatadas em anos anteriores para a formação de pasto e/ou cultivo temporário.

Palavras-chave: Semiárido, SIG, Desertificação.

Abstract

Reservoirs have a high important at the Brazilian semiarid region due to the vulnerability to seasonal drought. However, these water bodies require an integrated management of both the level of hydraulic basin as a whole basin/watershed. This work consists of mapping land use classes in a watershed, from a mapping strategy with an approach at the local level (reservoir) and watershed (Middle Creek, Jardim do Seridó - RN). It was carried out to map the use of classes and land cover across the watershed with the help of ArcGIS software tools 10.2 and an image of ResourceSat-1 satellite. Were mapped six classes based on technical land use manual: Caatinga shrub, Caatinga shrub dense, shrubby Caatinga Open, Caatinga Herbaceous / Cultivation Temporary Soil exposed and Reservoirs. Where class Caatinga shrub was the predominant of the total area of the watershed. From these data, it carried out a comparative analysis only use and land cover surrounding the main tank, checking the Caatinga open shrubland class as predominant. It was evident that did not occur in the watershed a high degree of use and occupation of land, surrounding the main reservoir has a disturbing percentage of occupation by Caatinga open shrubland, Caatinga Herbaceous / Cultivation Temporary and Soil Exposed, which represent degraded areas They were cleared in previous years for pasture formation and / or temporary cultivation.

Keywords: Semi arid, GIS, Desertification.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a superfície terrestre vem passando por intensas modificações, tanto no âmbito tecnológico, como também na sociedade e na economia. Porém, a evolução da sociedade foi refletida de modo mais expressivo no meio ambiente, principalmente através da extração de recursos naturais sem o devido manejo. Diante deste cenário de degradação da natureza, surge então a preocupação com as futuras gerações, e buscam-se alternativas para uso e preservação destes recursos por meio do planejamento ambiental (SANTOS, 2004).

Nesse sentido, a identificação e classificação do uso da terra são fundamentais no conhecimento do ambiente, assim como no desenvolvimento de técnicas voltadas para a obtenção e manutenção dessas informações. O conhecimento da distribuição espacial das várias formas de ocupação do espaço necessita de informações detalhadas, que possam ser obtidas com grande periodicidade, devido ao caráter extremamente dinâmico desse ambiente (BITTENCOURT et al., 2006).

Dentro deste contexto de degradação dos recursos naturais, encontra-se a região semiárida do nordeste brasileiro, onde segundo Ab'Saber (2007), o semiárido das caatingas brasileiras é um dos mais densamente povoados de todo o mundo. Este bioma é coberto por um conjunto de elementos naturais com características climáticas, ecológicas, pedológicas e hidrológicas distintas.

Apesar da importância desta temática, sabe-se que ainda são insuficientes as informações acerca dos diferentes sistemas naturais potencialmente instáveis, e em especial do Semiárido brasileiro. Este território configura-se ainda como pouco explorado do ponto de vista científico, e isto causa uma insatisfação intelectual em grande parte dos pesquisadores dessa região (AB'SABER, 2007).

Mesmo apresentando uma visível instabilidade e níveis de degradação cada vez mais elevados, o domínio semiárido das Caatingas brasileiras é o que possui o menor conhecimento científico do país, já que são raras e insuficientes as informações contidas nas pesquisas encontradas sobre esta área (BRASILEIRO, 2009).

Neste cenário de degradação dos recursos naturais do semiárido, principalmente através da ação antrópica no ambiente, encontram-se as bacias hidrográficas. Estas se configuram como célula importante de análise e planejamento territorial, sendo atualmente um dos principais motivos de preocupação da sociedade em relação a sua preservação (GHEZZI, 2003).

A bacia hidrográfica, enquanto uma unidade de planejamento ambiental apresenta características intrínsecas, como relevo, tipo de solo e geologia que, em conjunto, convertem-se em um atributo denominado vulnerabilidade natural (GUERRA, 1999). Inserindo-se nessa unidade a ação humana, ou seja, introduzindo-se fatores externos de ocorrência não natural, é possível avaliar o nível de degradação que produzem. Surge, assim, a possibilidade de aplicação de estudos de uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas, constituindo-se numa importante ferramenta no planejamento ambiental estratégico (GHEZZI, 2003).

O mapeamento do uso e cobertura da terra tem sido considerado por muitos autores uma importante ferramenta para um melhor conhecimento dessas rápidas transformações da paisagem, porque permite a obtenção de informações para construção de cenários ambientais e indicadores, que servirão de subsídios práticos a avaliação da capacidade de suporte ambiental, proporcionando assim o direcionamento de práticas conservacionistas aliadas a um conjunto de diferentes estratégias de manejo a serem empregadas, com vista ao desenvolvimento sustentável de determinada região (SANTOS; SANTOS, 2010).

Assim, o mapeamento do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram. As técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da

dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica (VAEZA et al., 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho pretende realizar o mapeamento do uso e ocupação da terra, na microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN), por meio de ferramentas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudada é a microbacia do Riacho do Meio, localizada no município de Jardim do Seridó, situado na mesorregião Central Potiguar e na microrregião Seridó Oriental (BEZERRA JÚNIOR; SILVA, 2007). A microbacia do Riacho do Meio ocupa uma área total de 6.276,5 hectares e faz parte da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo um subafluente da sub-bacia do Rio Seridó. O principal reservatório desta microbacia apresenta seu barramento entre as coordenadas 06°32' de latitude sul e 36°46' de longitude oeste (Figura 01).

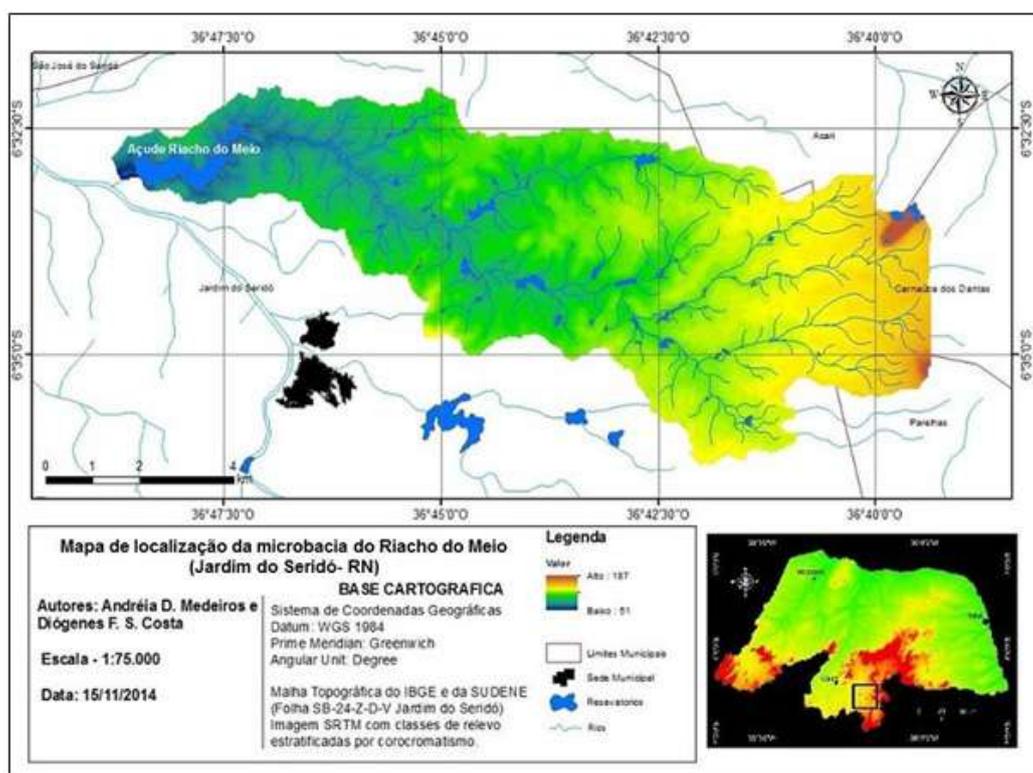


Figura 01: Mapa de localização da microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó-RN).

Em relação aos aspectos físico-ambientais, pode-se destacar, em termos gerais, que de acordo com a classificação de Köppen, o clima nesta região é o semiárido muito quente (BSw'h'), onde os solos típicos são rasos e pedregosos desenvolvidos através da predominância de um intemperismo físico e tem como solos principais: Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico eutrófico (CPRM, 2005), com uma cobertura vegetal de Caatinga hiperxerófila arbustiva (VARELA-FREIRE, 2000). O relevo é caracterizado como depressão sertaneja com terrenos baixos situados entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi (CPRM, 2005). E os rios são de regime intermitente e/ou efêmero, que por vezes são perenizados através da construção de médios e grandes reservatórios hídricos (conhecidos regionalmente como açudes).

2.1 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados para realização do presente trabalho foram divididos em três etapas: 1) levantamento bibliográfico e cartográfico prévio da área estudada; 2) Processamento Digital das Imagens, envolvendo técnicas de realce de contraste das imagens orbitais, fusão entre as bandas multiespectrais, composições coloridas no sistema de cores RGB (Red-Green-Blue) e mosaicagem das diferentes cenas processadas; 3) classificação e quantificação de das diferentes classes de ocupação da terra presentes na área através de mapas temáticos em escala de 1:100.000 (Mapa da microbacia) e de 1:20.000 (Carta do Açude Riacho do Meio), ambos com base na análise espectral, tonalidades e texturas das imagens, realizadas com base nas categorias descritas pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006).

Para uma descrição mais restrita da área de estudo, utilizou-se a malha cartográfica digital sobre o embasamento geológico-geomorfológico, produzida pela CPRM (2006), na escala de 1:500.000 do Estado do Rio Grande do Norte. Os resultados dos produtos de sensoriamento foram produzidos a partir de uma imagem do satélite Resource-Sat (sensor: LISS3, órbita 337, ponto 081, de 04/2012), com resolução espacial de 20 metros. Esta imagem é disponibilizada gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, a qual foi processada com auxílio do software Arcgis 10.2 (versão acadêmica), obtendo-se uma imagem resultante em falsa cor (Red-Green-Blue). Para a elaboração da carta altimétrica da microbacia, foi utilizada 01 imagem SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (folha 06S375ZN), disponibilizada gratuitamente pela National Aeronautics and Space Administration – NASA.

Para atingir a precisão desejada, as imagens foram georreferenciadas na grade de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), iniciando-se pelas cartas topográficas (em formato digital) da SUDENE (folha SB-24-Z-D-V Jardim do Seridó), em escala de 1:100.000, a partir do Datum Córrego Alegre. Logo em seguida, após se concluir este processo, o Datum das cartas foi modificado para SIRGAS 2000, Zona 24S.

Toda a delimitação das classes de ocupação, produção de material cartográfico digital e Processamento Digital de Imagens de sensoriamento remoto foram realizados com o auxílio do software Arcgis 10.2, finalizando-se as atividades com a elaboração de mapas das diferentes classes de ocupação da terra presentes na área. As classes definidas foram: Caatinga Arbustiva, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário, Solo exposto e Reservatórios. Criou-se um arquivo “shapefile” do tipo polígono, digitalizando-se em tela as classes definidas anteriormente com auxílio da classificação supervisionada.

Para se obter uma análise multiescalar, foi realizado um mapeamento de uso e ocupação da terra no entorno do açude Riacho do Meio (principal reservatório da microbacia), plotando-se uma zona de análise em um raio de 200 metros. Esta zona foi delimitada através da função buffer do software ArcGIS 10.2. A zona de buffer pode ser definida como sendo uma área/zona com largura específica e com distância pré-determinada gerada em torno de um objeto (BLASCH; LANG, 2000).

A escolha para determinar o valor de um raio de 200 metros para delimitação do buffer no entorno do açude se deu baseada na lei 12. 727 de 17 de Outubro de 2012, onde de acordo com o “Art. 1º” - A, esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. Esta lei se aplica as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais.

Por fim, para a tabulação e armazenamento dos dados, bem como a confecção das tabelas,

foi utilizado o software Excel (©Microsoft Office).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processamento digital da imagem da microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN), elaborou-se o mapa de uso e ocupação da terra da referida área de estudo (Figura 02). Verificou-se que a zona estudada corresponde a uma área total de 6.276,5 ha, e através da análise da paisagem, foram determinadas 06 classes de uso da terra na microbacia, bem como a área ocupada por cada uso: Caatinga Arbustiva, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário, Solo exposto e Reservatórios.

Verificou-se uma predominância da classe de Caatinga Arbustiva com 26,4% (1.655,8 hectares) na microbacia, compreendendo a cobertura vegetal com plantas de tamanho e porte menores (altura < 8m) que as de característica arbórea (altura > 8m). A Caatinga Arbustiva Densa representa 24,6% (1.541,7 hectares), sendo caracterizada por uma vegetação com porte e alturas consideráveis dispostas próximas uma das outras. A Caatinga Arbustiva Aberta ocupa 22,8% (1.430,4 hectares), a qual representa arbustos de pequeno porte (Figura 03).

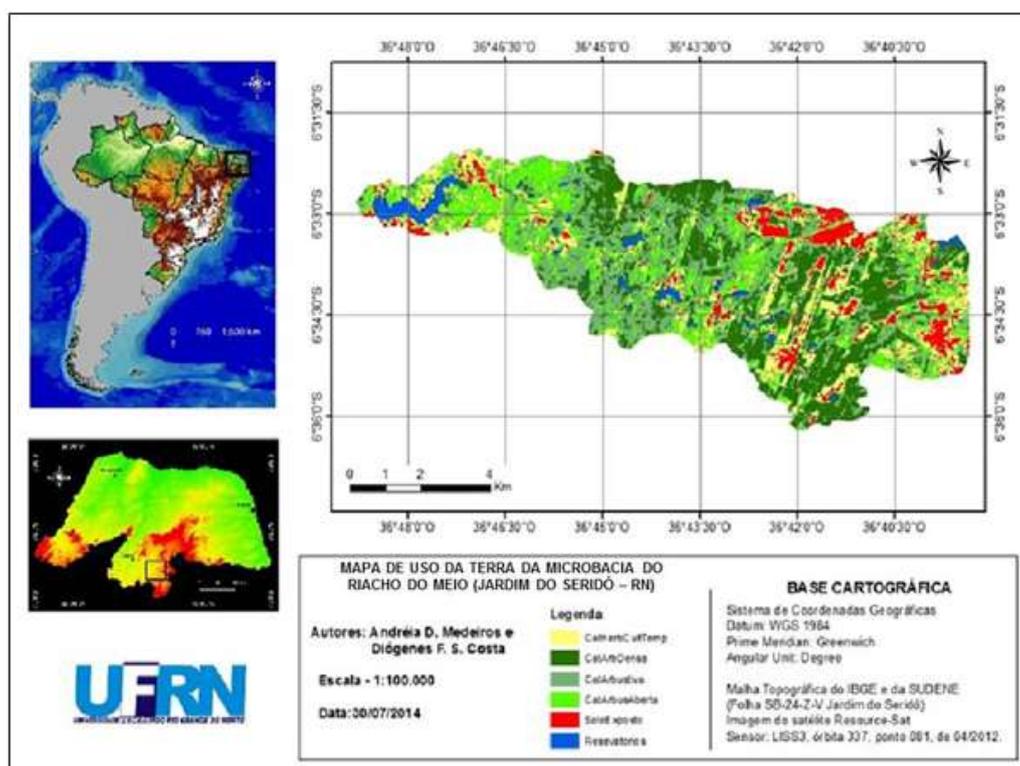


Figura 02: Mapa de Uso da terra na microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN).

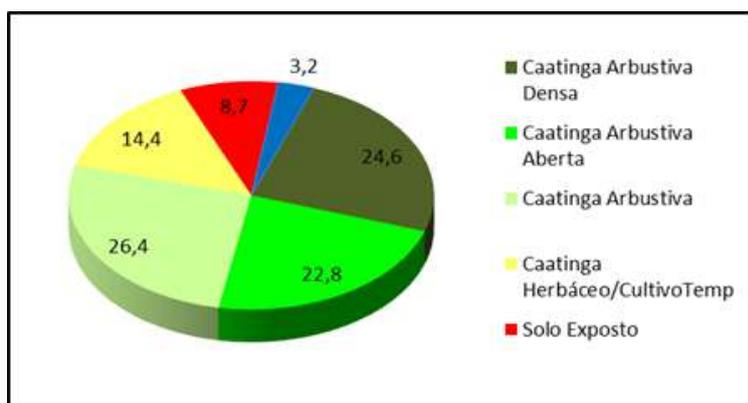


Figura 03: Gráfico com as classes de uso da terra na microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó-RN).

A área com Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário representa 14,4% (905,5 hectares), essa classe pode ser representada por cultivo temporário de herbáceas, agricultura de subsistência e/ou fomação de pasto. A classe de solo exposto equivale a 8,7% (545,1 hectares), apresentando-se desprovidas de vegetação durante a estação seca do semiárido, mas que durante o período chuvoso exibe uma vegetação rala, ou seja, vegetação com plantas arbustivas de pequeno porte (\leq a 2 m de altura) que se apresentam distantes umas das outras. Os Reservatórios ocupam 3,2% (198,0 hectares) da área total da microbacia, esses são designados como represamentos artificiais dos cursos d'água utilizados para um ou múltiplos fins, tais como: abastecimento público, irrigação, controle de enchentes, entre outros.

A partir destes dados, realizou-se uma análise comparativa apenas do uso e cobertura da terra no entorno (raio de 200 metros) do reservatório principal – Açude Riacho do Meio (Figura 04), verificando-se a classe Caatinga Arbustiva Aberta como predominante (36,7%), juntamente com a Caatinga Herbáceo/Cultivo Temporário (25,6%), a Caatinga Arbustiva (18,2%), Solo Exposto (12,5%), Caatinga Arbustiva Densa (6,7%), e pequenos reservatórios (0,3%) (figura 05).

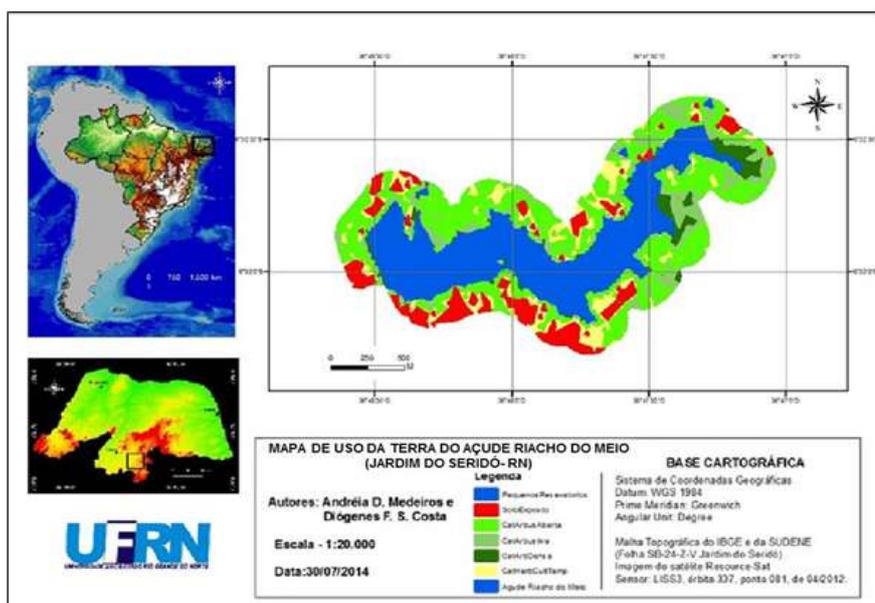


Figura 04: Mapa de uso da terra do açude Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN).

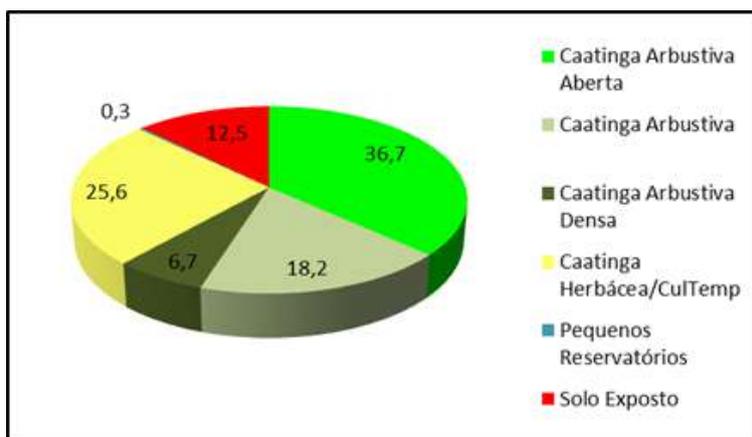


Figura 05: Gráfico com as classes de uso da terra do Açude Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN).

Percebe-se claramente neste levantamento que a área ocupada pela microbacia não se encontra com um nível significativo de uso e ocupação da terra. Porém, evidenciou-se que mesmo não ocorrendo na microbacia um alto grau de uso antrópico da terra, o entorno do principal reservatório apresenta um preocupante percentual de ocupação pela Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Herbácea/Cultivo Temporário e Solo Exposto. Estas classes representam áreas degradadas que foram desmatadas em anos anteriores para a formação de pastos e/ou cultivo temporário.

O levantamento do uso e ocupação da terra de uma região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço (ROSA, 2009). Assim sendo, entende-se que o estudo da superfície terrestre é de suma importância para as diversas ciências preocupadas em analisar as transformações do meio em decorrência da ação humana (BOLFE et al, 2009).

O trabalho realizado por meio da aplicação de geotecnologias aplicadas em nível de microbacia demonstrou ser um instrumental dotado de agilidade para o levantamento de uso e ocupação da terra na referida microbacia ao longo dos anos, podendo servir de suporte para a projeção de cenários futuros, como também subsidiar decisões para que sejam estabelecidas estratégias de planejamento sócio-econômicos e ambientais a médio e longo prazo.

4. CONCLUSÃO

Para a realização do mapeamento do uso e ocupação da terra na microbacia do Riacho do Meio (Jardim do Seridó - RN), foi necessário o uso de técnicas de geoprocessamento e, permitindo não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também a atualização periódica desses dados, num intervalo de tempo cada vez menor, gerando uma dinâmica contínua de monitoramento da área a ser estudada.

Diante do exposto, constatou-se que a análise da evolução do uso e ocupação da terra, tomando por unidade de planejamento a microbacia hidrográfica, contribui significativamente para o diagnóstico e conseqüente conhecimento de como os processos antrópicos se estabeleceram na área. A compreensão da dinâmica de ocupação da terra e de sua interferência nos processos naturais é fundamental para o estabelecimento de ações de planejamento sócio-ambientais para a gestão pública municipal.

Assim, através dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que é urgente a implantação de políticas públicas de ordenamento territorial em toda microbacia, principalmente na área situada no entorno do principal reservatório. Dentre as atividades a serem implantadas, ressalta-se a

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pesquisa, e ao Laboratório de Monitoramento Ambiental – LAMA (UFRN/ CERES – Campus de Caicó), pelo apoio logístico e instrumental.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 4 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.
- BEZERRA JÚNIOR, J. G. O; SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**, v. 02, n. 23, p. 78-91, 2007.
- BITTENCOURT, L.F.F.; BATISTA, G.T; CATELANI, C.S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo de ocupação de solo de mata ciliar do rio Paraíba do Sul no município de Caçapava. In: I Seminário de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Vale do Paraíba – GEOVAP; 2006; **Anais...** Taubaté, Brasil. UNITAU; 2006. p. 89-99.
- BLASCHKE, Thomas; LANG, Stefan. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- BRASILEIRO, Robson Soares. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v.05, n. 05. p. 1-12, 2009.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Jardim do Seridó. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Brasília: CPRM, PRODEEM, 2005.
- GHEZZI, A. O. Avaliação e Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Xaxim, Baía de Antonina – PR, com o Auxílio de Geoprocessamento. 2003. 57f. **Dissertação** (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2003.
- GUERRA, A. T. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2006. 91p.
- ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.
- SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe. **Saber Acadêmico**, n. 10. p. 57-67, 2010.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- VAEZA, R.F.; OLIVEIRA-FILHO, P.C.; DISPERATI, A. A.; MAIA, A.G. Uso e ocupação do solo a partir de imagens orbitais de alta resolução para estudo em bacia hidrográfica em área urbana. In: XIX Seminário de Pesquisa/ XIV Semana de Iniciação Científica; 2008; Irati. **Anais...** Irati, PR: Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; 2008.
- VARELA-FREIRE, A. A. Caatinga Hiperxerófila do Seridó: a sua Caracterização e estratégia para a sua Conservação. In: V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 2000. **Anais...**, 2000, v. 4, p. 83-109.

UNIDADES GEOSISTÊMICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALMADA, SUL DA BAHIA

*D. O. CAMPOS
P. R. DE ASSIS
E. V. DA SILVA.
J W. B. DOS SANTOS
J. M. M. RODRIGUEZ*

Resumo

Este trabalho objetivou delimitar as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Almada, para tanto, foram utilizados procedimentos e técnicas de geoprocessamento que permitiram identificar 5 unidades geossistêmicas, a saber: Cadeias de Serras Altas, Cadeias de Serras Baixas, Depressão Pré-Litorânea, Tabuleiros Úmidos e Planície Litorânea. Estas unidades apresentam paisagens distintas, que são consequência das inter-relações entre dinâmicas e processos promovidos pela morfogênese, pedogênese, fitogênese, litoestrutura e a intervenção antrópica da bacia hidrográfica do rio Almada.

Palavras-chaves: Planejamento Ambiental; Sistema de Informação Geográfica; Paisagem

Abstract

In this paper procedures and GIS techniques were used to delimit the geoenvironmental units of watershed Almada, as a result geossistêmicas 5 units were identified: Chains Saws High, Chains Saws Baixas, Depression Pre-Coastal, Trays Wet and Coastal Plain. The geossistêmicas units have distinct landscapes consequence of the interrelationship between dynamics and processes promoted by morphogenesis, pedogenesis, fitogênese, litoestrutura and anthropogenic intervention watershed Almada.

Key words: Environmental Planning, Geographic Information System; Landscape

1. Introdução

A água é um recurso natural vital, essa característica lhe é conferida por proporcionar o equilíbrio dos ecossistemas através da manutenção dos ciclos biogeoquímicos, ser estratégica ao desenvolvimento agrícola, industrial, influenciar em questões religiosas e culturais, e por ser um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população (EGLER, 2012).

A importância da água não impediu a sua degradação, o ser humano vem se apropriando e transformando a natureza sem conhecer e respeitar suas limitações resultando em graves problemas ambientais que afetam diretamente a sua qualidade e quantidade. Para reverter ou minimizar este quadro de degradação é fundamental compreender as inter-relações entre a natureza e a sociedade.

Para intervir de forma sustentável é necessário a compreensão do funcionamento e dinâmica das bacias hidrográficas que perpassam pelos condicionantes físicos (geologia, clima, solos, vegetação, padrões hidrográficos, relevo), comportamento hidrológico e pelo uso e ocupação da terra (BORSATO, 2004). A gestão de uma bacia hidrográfica consiste em buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental, e promover o correto manejo dos recursos naturais por meio de mecanismos de regulação do uso do solo (ARAÚJO et al., 2009).

Os estudos integrados de paisagem relacionam as dinâmicas socioeconômicas sobre um plano de atributos e elementos físicos, estes por sua vez, são dotados de funcionalidade própria no espaço e no tempo. As relações existentes entre esses atributos, divididos entre características e comportamento dos sistemas socioeconômicos atuantes e o conteúdo físico da paisagem, podem ser interpretadas de forma integrada, buscando o entendimento interdisciplinar da organização do espaço (MANOSSO, 2009).

Existem diferentes metodologias de planejamento ambiental alicerçada na análise geossistêmica que está fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973) caracterizando o geossistema como um sistema físico, aberto e dinâmico. Nesta perspectiva existem trabalhos com diferentes fundamentações, entre os mais relevantes estão Bertrand (1971), Tricart (1977), Ross (1994), Becker e Engler (1996) que fundamentaram uma análise pautada na dinâmica dos sistemas ambientais.

Há também metodologias de planejamento aliadas à concepção da geoecologia das paisagens, dentre seus maiores expoentes está Sotchava (1977), e mais recente, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) que analisam a paisagem objetivando compreender a função, estrutura e dinâmica dos geossistemas. Dentre os zoneamentos existentes, o zoneamento geoecológico mostra-se como uma metodologia que integra um número maior de variáveis ambientais e antrópicas.

A análise geossistêmica da paisagem proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) fundamenta-se numa análise integrada dos componentes antrópicos (sistema antrópico) e naturais (geossistemas) que subsidia a elaboração da carta dos Sistemas Ambientais, a qual representa uma documentação direcionada ao planejamento de disciplinamento de uso e ocupação do solo. Vicente e Perez Filho (2003) enfatiza que, com os níveis de antropização da atualidade, os geossistemas e os sistemas antrópicos devem ser estudados de forma integrada, pois apesar de possuírem leis e dinâmicas próprias, se ressentem um com a interferência do outro.

As unidades geossistêmicas são obtidas a partir da integração dos dados do meio natural integrado às pressões humanas de uso da terra, por meio da visão geossistêmica, admitindo a classificação das zonas com base na capacidade de suporte e tolerância às intervenções antrópicas (SANTOS, 2004).

Neste contexto insere-se a bacia hidrográfica do rio Almada (BHRA) localizada no sul da Bahia. A BHRA é um importante manancial para o abastecimento público regional que se destaca como um dos principais sistemas naturais da Região Cacaueira, abrigo de formações florestais nativas

(FERNANDES, 1998). Contudo, a oeste esta bacia sofre forte pressão em decorrência do processo de expansão da pecuária, e a leste além do crescimento urbano desordenado, com a construção de grandes empreendimentos como um complexo intermodal que comportará um porto, aeroporto e ferrovia. Visando fornecer subsídios para o planejamento ambiental, o objetivo deste trabalho foi delimitar e caracterizar as unidades geossistêmicas da bacia hidrográfica do rio Almada (Figura 1).

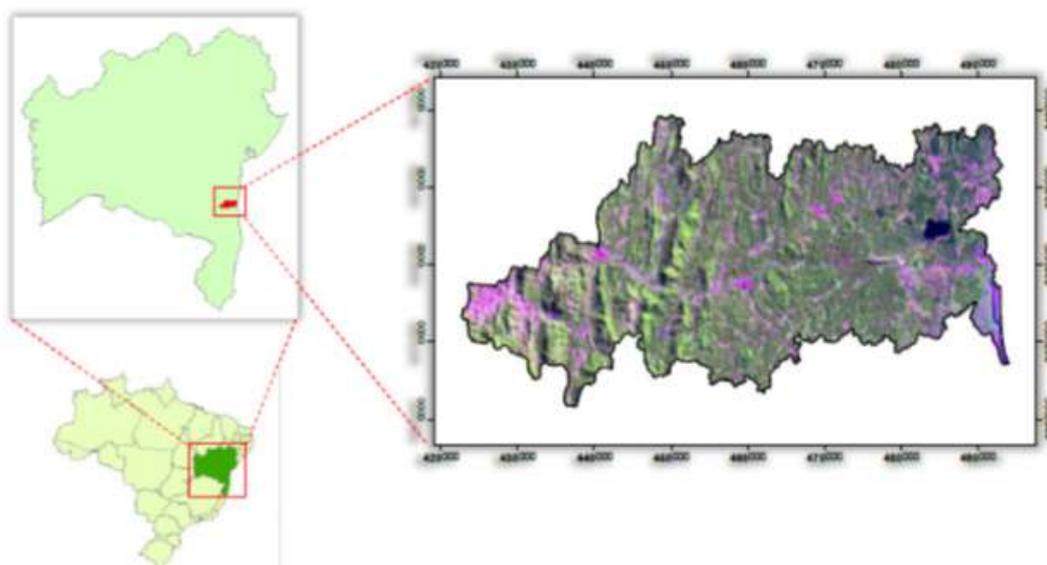


Figura 1- Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Almada.

A Bacia Hidrográfica do rio Almada (BHRA) está localizada na região Sul da Bahia entre as coordenadas de 14o 26' e 14o 50' S e 39o 03' e 39o 44' W limitando-se a norte e a oeste pela Bacia do rio de Contas, a sul pela do rio Cachoeira e a leste pelo Oceano Atlântico. Cortada pela BR-101 e rodovias intermunicipais possui uma área de 1.575 Km² e perímetro de 333,9 km (FRANCO, 2010). Engloba parte de municípios da microrregião Ilhéus-Itabuna, a saber: Almadina, Barro Preto, Coaraci, Ibicaraí, Itajuípe, Itabuna, Ilhéus e Uruçuca.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O mapa dos Geossistemas foi feito com base nas singularidades apresentadas a partir de campanhas de campo e análise dos dados: clima, geologia, geomorfologia, classes de solo, uso atual da terra, cobertura vegetal natural, hipsometria e declividade. Para tanto foram feitas três campanhas de campo nos meses de julho e setembro de 2013 e janeiro de 2014. A análise desses dados possibilitou a compreensão da inter-relação e dinâmica dos atributos naturais da BHRA.

O limite da BHRA utilizado no presente estudo foi o definido por Gomes (2010). A rede de drenagem também foi extraída da folha 14405SN da imagem de radar TOPODATA resultante da extração de planos de informações dos dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de resolução de 90 m, que após tratamento de dados topográficos, alcançou qualidade e de resolução de 30 m (VALERIANO, 2008); posteriormente, o mapa de Hierarquia de Drenagem Strahler, apud Christofolletti (1980) foi produzido utilizando um método automático do módulo Hydrology do programa ArcGIS 9.2.

Os dados das Tipologias Climáticas foram digitalizados do trabalho de Roeder (1975). O mapa geológico da BHRA foi produto de um recorte do mapeamento Geológico do Quaternário Costei-

ro da Bahia (MARTIN, et al, 1980) e o levantamento geológico elaborado pela CBPM (2000).

Os dados de Uso e Ocupação da Terra de 2006, Compartimentação Geomorfológica e das Classes de Solos foram obtidos do trabalho de Franco (2010). O mapeamento de Uso e Ocupação do ano de 1987 foi elaborado por classificação supervisionada de imagens Landsat do ano de 1987, posteriormente foram realizadas campanhas de idas a campo para averiguar a assertividade do mapeamento.

O Mapa de Cobertura Vegetal Nativa elaborado pelo Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia (IESB) em parceria com Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Universidade Federal Fluminense (UFF) no ano de 2007 como fonte para a delimitação das áreas de Mata Atlântica e suas tipologias vegetacionais.

Os mapas Hipsométrico e das Classes de Declividades foram gerados dos dados derivados do Modelo Digital de Terreno adquirido do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008), com resolução espacial de 30 m utilizando o programa ArcGIS 9.2 no módulo ArcToolBox. O mapa de declividade foi classificado segundo a EMBRAPA (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Unidades Geossistêmicas (UG) da bacia hidrográfica do Rio Almada foram delimitadas a partir de uma análise integrada dos elementos formadores da paisagem: geológicos, climáticos, pedológicos, geomorfológicos, fluviais e bióticos. A metodologia resultou em cinco diferentes compartimentos: Cadeias de Serras Altas, Cadeias de Serras Baixas, Depressão Pré-Litorânea, Tabuleiros do Almada e Planície Litorânea (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1- Unidades geossistêmicas da bacia hidrográfica do rio Almada

Unidades Geossistêmicas	Área que integra a BHRA (Km²)	Área que integra a BHRA (%)	Município	Comunidades
Cadeias de Serras Altas	199,74	12,69	Almadina, Coaraci, Floresta Azul e Ibicaraí	São Roque
Cadeias de Serras Baixas	442,54	28,12	Barro Preto, Coaraci, Ibicaraí, Itajuípe e Ilhéus	Pimenteira, Vila Amélia, Bandeira do Almada, Inema e União Queimada
Depressão Pré-Litorânea	623,79	39,64	Barro Preto, Uruçuca, Itabuna e Ilhéus	Rio Dourado, São Domingos, Banco do Pedro, Mutuns, Campinhos, Iaranjeira e Urucutuca
Tabuleiros do Almada	184,96	11,76	Uruçuca e Ilhéus	Castelo novo, Almada e Ribeira das Pedras
Planície Litorânea	122,48	7,78	Ilhéus	Parafuso, Manguinhos, Sambaituba, Aritaguá, Areial, São João, Inema, Vila Amélia, São Roque, União Queimada, São João, Sambaituba, Areial

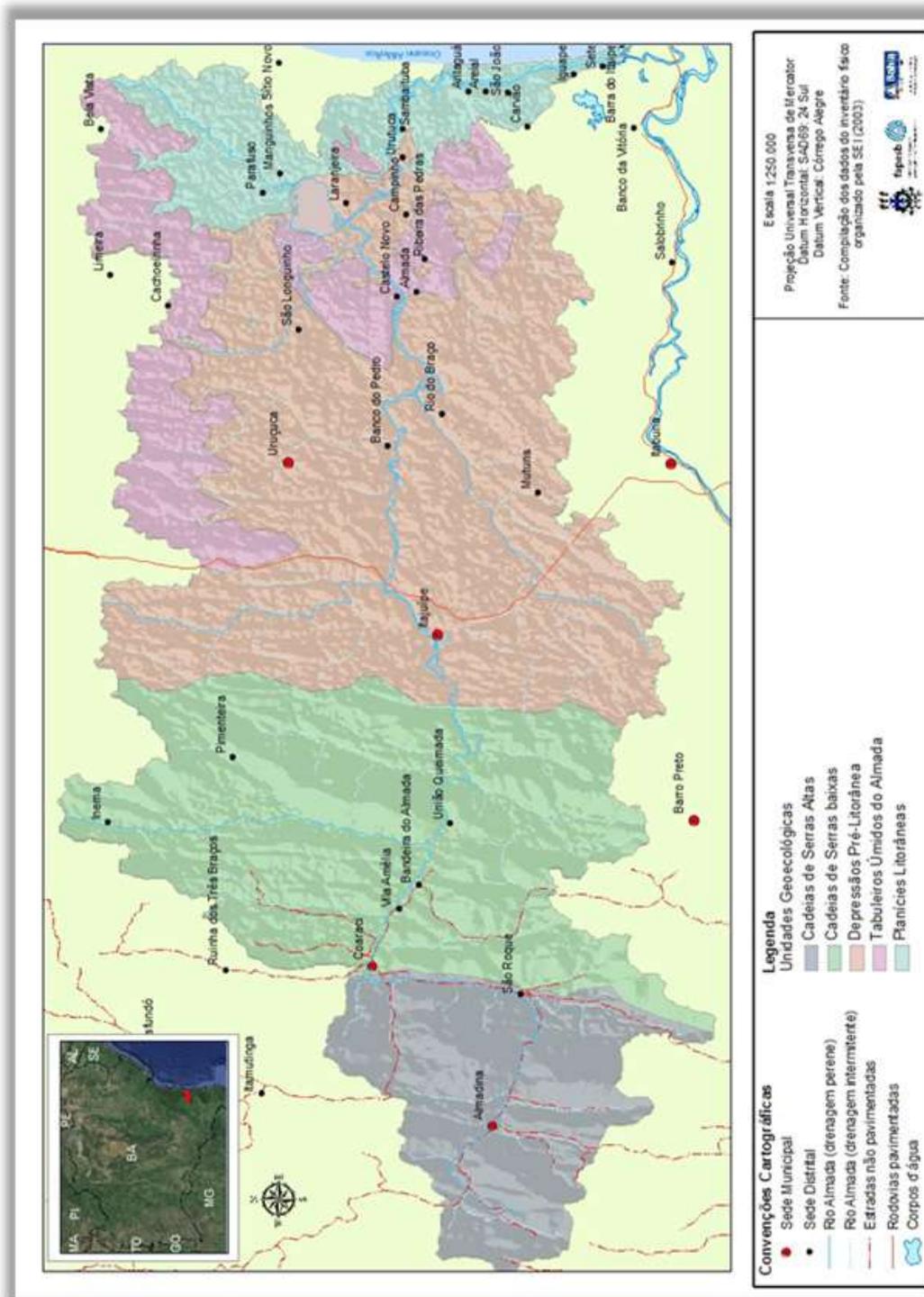


Figura 2- Unidades geossistêmicas da bacia hidrográfica do rio Almada.

A seguir as unidades Geossistêmicas delimitadas serão apresentadas de forma detalhada.

3.1 Unidade Geossistêmica Cadeias de Serras Altas

A ocupação da unidade geossistêmica Cadeias de Serras Altas foi iniciada no século XIX, com a chegada de aventureiros à procura de terrenos férteis para a prática agrícola (IBGE, 2010). A ocupação definitiva se deu com a expansão da cacauicultura do litoral para o interior que ocorreu de forma rápida e acompanhou o curso dos principais rios, a exemplo o rio Almada, penetrando em seguida nas áreas mais elevadas. Bondar (1923) apud SEI (1999) reafirma ressaltando que o plantio do cacau passa dos aluviões e tabuleiros para outeiros e serras. Esta região que tinha economia baseada no extrativismo exportador e policultura alimentar para o mercado interno se voltou para a monocultura do cacau e dos bovinos para abastecimento dos mercados internos e externos (SEI, 1999).

A bovinocultura implantada no litoral para auxiliar no processo da produção e escoamento da cana-de-açúcar foi levada para o interior juntamente com a policultura (IFV, 2005). Após 1971, a bovinocultura que se encontrava nas áreas marginais da lavoura cacauera se alastrou na região em sentido contrário (oeste-leste) invadindo e convertendo uma parte destas áreas; assim a bovinocultura e a cacauicultura passaram a coexistir formando fazendas mistas (SEI, 1999). Esta conversão do uso da terra ocorreu devido às consecutivas crises ocasionadas pela baixa do preço no mercado externo e baixa produtividade causada pela ausência de técnicas de recuperação dos solos, especialmente nas áreas mais acidentadas (SEI, 1999).

A UG Cadeias de Serras Altas localizada no alto curso da BHRA possui uma área de 194,94 km² abrangendo parte dos municípios de Almadina, Coaraci, Floresta Azul e Itajuípe. Está inserido no sistema de drenagem desta unidade o centro urbano de Almadina banhado pelas águas do rio Almada, situado na parte central e parte da área urbana de Coaraci situada ao norte próximo do Ribeirão Duas Barras e o povoado de São Roque.

Almadina é o município de maior influência por ter 138,69 Km², mais de 70% do seu território inserido nesta unidade e em seguida vem Coaraci que tem cerca de 28%. Floresta Azul e Ibicaraí possuem menos de 10% de suas terras nesta unidade, motivo pelo qual não serão considerados na análise socioeconômica e ambiental desta UG.

Esta unidade está dividida em duas faixas climáticas, a Tropical com Estação Seca de Inverno que cobre cerca de 88% (171 Km²) do território apresentando um clima mais seco e a Tropical de Monção que cobre apenas a área leste desta unidade.

Nesta unidade se encontra a Serra do Chuchu, a nascente do Rio Almada, principal afluente da bacia, além dos contribuintes como o ribeirão Duas Barras. As águas de regime perene possuem coloração escura conferida pela matéria orgânica. O padrão de drenagem é paralelo controlado por causas tectônicas orientado no sentido NNE-SSO e NNO-SSE; dispostas em vales encaixados em forma de "v" apresentam leitos rochosos com trechos de rápidos, marmitas ou bancos, na serra Negra o leito é profundamente entalhado (BRASIL, 1991).

As nascentes fluviais localizam-se nas serras do Mato Grosso, do Cafundó e Pelada que são seus principais divisores de água. A altitude desta área varia de pouco menos de 200 m a 1.040 m com amplitudes que variam de 200 a 600 m.

A unidade geomorfológica presente nesta UG são as Serras e Maciços Pré-Litorâneos, nela as formas do relevo residual consistem em interflúvios geralmente convexizados, e orientados no "trend" NNE-SSO, em conformidade com a compartimentação estrutural do maciço cristalino. As colinas e morros podem assumir feições de serras com alguns de seus topos aguçados. As vertentes são predominantemente convexas, em seu trecho superior, e côncavas na porção inferior (BRASIL, 1981; FRANCO, 2010).

O relevo caracterizado por colinas está associado a rochas do Complexo Almadina intercaladas pelo Complexo Ibicaraí que é marcada por um conjunto de rochas gnáissicas granulitizadas arqueanas, essencialmente plutônicas. O relevo originado de rochas embasamento cristalino, juntamente com o clima desenvolveram solos propícios a lavoura cacauzeira. Entre os solos presentes estão: Luvissole Crômico, Gleissolo Háptico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Amarelo E Argissolo Vermelho.

O Luvissole Crômico aparece do extremo oeste a parte central, abarcando maior área da unidade com cerca de 74 km². Se formou nas áreas de relevo movimentado de clima mais seco no inverno, o que resultou em uma lenta intemperização das rochas, ocasionando um solo com argila de atividade alta e eutróficos. Este solo é utilizado para o cultivo do cacau sob o sistema agroflorestal cabruca e mata nas áreas mais elevadas e o pasto e a área aberta nas áreas mais planas. Andrade, Marques e Souza (2013) mapearam cultivos de cacau em áreas acima dos 700 metros numa região com altitude de até 1.100 m que mantém consideráveis remanescentes de Mata Atlântica.

Nesta área aparecem Luvissole Crômico Pálico abruptico, Luvissole Crômico Pálico cambissólico, Luvissole Crômico Pálico típico, Luvissole Crômico Órtico típico, Luvissole Crômico Órtico solódico e Luvissole Crômico Órtico abruptico (FRANCO, 2010).

O Gleissolos Háptico é encontrado próximo à foz do Rio Almada. Este solo é característico de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento de planícies fluviais em relevo plano onde os sedimentos aluviais são depositados constantemente, de forma que a taxa de deposição é maior do que a taxa de pedogênese (CAMPOS, 2003).

Os Latossolos estão dispostos em áreas com altitude acima de 400 m em três grandes manchas, o Latossolo Vermelho-Amarelo localizadas no nordeste e sudeste, e o Latossolo Amarelo no extremo sul desta UG. Este tipo de solo apresenta grande porosidade e boa drenagem o que lhe confere boas propriedades físicas, mas limitações nas propriedades químicas, assim torna-se necessária a aplicação de corretivos e fertilizantes para o uso agrícola. O Argissolo Amarelo e o Argissolo Vermelho se formaram em áreas mais planas situadas nos arredores da sede municipal de Almadina na parte central da UG, passando pela comunidade São Roque, permeando as margens dos rios no sentido do curso médio do Rio Almada passando por toda área leste chegando até o município de Coaraci.

O mosaico do uso é composto por áreas urbanas (Almadina, Coaraci e o povoado de São Roque), monocultura do cacau-cabruca e remanescentes florestais de mata (Floresta Ombrófila Densa) nas áreas de maior altitude e pecuária extensiva e solo exposto nas áreas mais baixas (Figura 3). A área oeste desta unidade concentra maior o uso sob a forma de pasto e área aberta. A parte leste desta UG identificada como área de extrema prioridade em botânica pelo MMA (2007) foi resguardada pelos remanescentes florestais existentes e o emprego do sistema agroflorestal cacau-cabruca.

Dados do IBGE (2011) mostram que com relação aos cultivos tradicionais de subsistência Almadina possui como produto principal o cacau que apesar de ter uma produção menor que a da banana a sua rentabilidade é maior (6.767 mil reais). Este município produz ainda café e maracujá, além de lavouras temporárias como cana-de-açúcar, mandioca, abacaxi, feijão e milho. Em Coaraci a banana se destaca como o principal produto seguidos pelo cacau, borracha e café. A produção agrícola temporária neste município é abacaxi, cana-de-açúcar, mandioca e feijão.



Figura 3 – Em primeiro plano a pastagem e ao fundo a presença de morrotes florestados no povoado de São Roque em Coaraci. Fonte: Franco (2010).

3.2 Unidade Geossistêmica Cadeias de Serras Baixas

A unidade geossistêmica Cadeias de Serras Baixas tem a sua origem no início do século XX com a ocupação das serras pelo cacau em seu movimento de expansão (SEI,1999). Formada por parte dos municípios de Barro Preto, Coaraci, Ibicaraí, Ilhéus e Itajuípe possui uma área de 430,18 km². Itajuípe é o município que possui maior área territorial nesta UG, junto com Ilhéus somam mais de 72% do território.

Dentre as áreas urbanizadas presentes estão ao norte a o distrito de Inema próxima a nascente do ribeirão Folha Podre, o distrito de Pimenteira à margem do ribeirão Braço do Norte, a Vila Amélia e Bandeira do Almada as margens do Rio Almada e a União Queimada e Ruína de São Cristovão próximas a rodovia BA-262.

A drenagem é dendrítica e tem como principais afluentes fluviais o Ribeirão Uzura, Ribeirão do Luxo, Ribeirão dos Macacos, Ribeirão Água-Branca, Ribeirão Folha Podre, Ribeirão Zé Bicho, Ribeirão Juçara, Rio Pedra Redonda, Ribeirão Paiaia e Ribeirão Cinco Porcos. As nascentes fluviais são originadas na Serra do Palmeirinha, Serra do Corcovado, Serra da Água Sumida e Serra dos Mutuns.

Esta UG é constituída por colinas baixas do Planalto Cristalino. A área oeste é predominantemente formada por relevos movimentados entremeados pelas áreas planas das Serras e Maciços Pré-litorâneos. Nesta região há a presença de ravinas e movimentos de massa resultante do processo de erosão intensificado pelo pisoteio do gado. Há também o afloramento de rochas evidenciados sob a forma de matacões e blocos basculhados, sinais de fragmentação da rocha (Figura 4).



Figura 4– Presença de matacões na encosta da serra, Itajuípe. Fonte: Edson Silva (2013).

A área leste é composta por relevos das Serras e Maciços Pré-litorâneos entremeados às paisagens mais planas da Depressão Itabuna-Itapetinga. Possui relevos mais planos com altitudes entre 200 m e 400 m; os relevos do domínio Depressão Itabuna-Itapetinga possuem colinas com feições convexas ou tabulares separados por vales chatos ou agudos (SEI, 2003). As áreas dissecadas correspondem, de modo geral, a intrusões de rochas básicas e de granitos, encontrando-se acima do nível da superfície aplainada, elaborada sobre os gnaisses e migmatizados do Pré-Cambriano (BRASIL, 1991).

Os solos são Cambissolo Háplico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho e Luvisolo Crômico na parte noroeste da unidade. Os solos se desenvolvem sob substrato rochoso composto por rochas cristalinas do Complexo Almadina, metagabros, Corpo Intrusivo Ibirapitanga-Ubaitaba e as rochas gnáissicas granulitizadas arqueanas do Complexo Ibicaraí.

A cobertura natural é a Floresta Ombrófila Densa Submontana contudo grande parte do uso foi convertido pelo sistema agroflorestal cabruca, criação de gado e de policultivos comerciais como banana, borracha e café; ainda há a produção cana-de-açúcar, abacaxi, milho e mandioca (IBGE, 2013).

3.3 Unidade Geossistêmica Depressão Pré-litorânea

A unidade geossistêmica Depressão Pré-litorânea é composta por parte do território municipal de Barro Preto, Ilhéus, Itabuna, Itajuípe e Uruçuca somando uma área de 605,83 Km². Ilhéus é o município com maior expressão ocupando uma área maior que todos os outros quatro municípios. Esta UC é cortada pela BA-262 e estradas vicinais que ligam as sedes municipais de Ibicaraí e Uruçuca, os distritos de Ilhéus: Banco do Pedro, Rio do Braço, Castelo Novo, Rio Dourado, São Domingos, Mutuns, Campinhos, Laranjeira e Urucutuca.

Em Castelo Novo está localizada a Lagoa de Taípe ou Itaípe que significa na língua indígena Tupi “caminho das pedras” (DI MAURO, 2012). Esta lagoa conhecida também pela comunidade como Lagoa Encantada foi mencionada em 1.570, pelo historiador português Pero Vaz Gândavo, que descreveu a presença de tubarões e peixe-boi em suas águas (BARROS, 2005).

A Lagoa Encantada possui um formato ovóide irregular, com o eixo maior alinhado na dire-

ção E-W com dimensão de 4 km e ao longo do eixo N-S aproximadamente 3 km. Normalmente as cotas de suas águas variam entre 2 m em época de seca, e 2,5 m durante as cheias fluviais; porém já chegou a atingir cotas maiores como no ano de 1999 que ultrapassou a cota de 5 m (PEREIRA, 2001).

Esta lagoa é alimentada por rios Inhaúpe, Pipite e Caldeira (o principal afluente) que deságuam na parte norte em forma de corredeiras ou cachoeiras (Figura 5). O rio Pepite chega a Lagoa passando por uma escarpa de falha em rocha metabásica Precâmblica formando a cachoeira denominada Véu de Noiva, com mais de 40 m de altura (BARROS, 2005). As águas da lagoa saem por um pequeno canal, com cerca de 500 m de comprimento, para desaguar no rio Almada (PEREIRA, 2001). Estas características tornaram esta lagoa um dos pontos turísticos da cidade de Ilhéus.



Figura 5 - Lagoa Encantada, distrito de Castelo Novo. Fonte: Thiago Dias (2012).

O rio do Braço afluente que banha esta unidade é de grande importância para região, pois nele está situada a principal captação de água responsável pelo abastecimento de oito municípios (Tabela 1): Almadina, Coaraci, Ibicaraí, Lomanto Júnior, Itajuípe, Itabuna, Ilhéus e Uruçuca (FARIA FILHO e ARAÚJO, 2002). O rio do Braço é alimentado pelos seguintes subafluentes: rio Limoeiro, ribeirão Limoeiro, ribeirão Cinco Porcos, rio Areia, rio Jindiba, ribeirão Mutuns.

Toda parte oeste desta UG, cerca de 127 Km², está sob a ação do clima de Monção caracterizado como um clima transição entre os domínios do Tropical com Estação Seca de Inverno e Tropical Úmido; mais de 78% sob é caracterizado como Úmido com precipitação do mês mais seco superior a 60 mm e com média anual de 1.813 mm.

O relevo nesta UG é bem diversificado, a noroeste há a presença de quatro pequenas manchas Serras e Maciços Pré-litorâneos perfazendo uma área de 38,93 Km²; os morros e serras aqui presentes possuem amplitudes de 200 m e cumes com altitudes de 400 m que guardam as nascentes do Ribeirão Zé Bicho e Rio São José.

Tabela 4 - Sistemas de abastecimento d'água dos municípios abastecidos pela bacia hidrográfica do rio Almada.

Municípios	Entidade Responsável	Manancial	Tipo de Captação	População Atendida
Almadina	EMBASA	Ribeirão dos Macacos/rio Palmeiras	Barragem de Nível/Tomada Direta	6.377
Coaraci	EMBASA	Rio Almada/rio Carniça	Barragem de Nível	23.560
Itabuna	EMASA	Rio do Braço	Tomada Direta	190.562
Itajuípe	SAAE	Córrego União e ribeirão da fazenda Santa Rita	Barragem de Nível/Tomada Direta	20.034
Barro Preto	SAAE	Ribeirão do Boqueirão	Barragem de Nível	5.075
Uruçuca	EMBASA	Rio Almada/riacho Verde/rio Água Preta	Tomada Direta	21.300

Fonte: SRH, 2001.

A maior parte desta UG (528,25 Km²) drena uma depressão interplanáltica, a Depressão Itabuna-Itapetinga; este domínio geomorfológico é caracterizado por interflúvios formados por rampas de espraiamento e desnudação. As áreas dissecadas correspondem, de modo geral, a intrusões de rochas básicas e de granitos, encontrando-se acima do nível da superfície aplainada elaborada sobre os gnaisses e migmatizados do Pré-Cambriano (BRASIL, 1981). Apresenta ainda, elevações residuais, geralmente dissecados, em colinas e morros convexo-côncavos, eventualmente rochosos (BRASIL, 1981). A área leste está coberta pelos sedimentos dos Depósitos Inconsolidados do Quaternário que cobrem cerca de 38 Km².

Por ser uma área extensa e estar sob a ação de diferentes climas, relevos e declividades, a UG Depressão desenvolveu nove tipos de solos diferentes (classificados até o segundo nível categórico), a saber: Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Espodossolo Ferrihumilúvico, Luvisolo Crômico, Cambissolo e o Organossolo Háplico. Esta variedade de solos foi originada por litotipos variegados da Formação Uruçuca, Formação Itaparica, Complexo São José, Grupo Barreiras, Formação Candeiras, Formação Sergi, Suíte Intrusiva Itabuna, Complexo – Ibicaraí, Corpo intrusivo, Ibirapitanga – Ubaitaba e Metabasaltos.

A vegetação nativa é composta por Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre, Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Cerca de 458 Km² foram convertidos em cabruca (98%), pasto e áreas de influência urbana, restando apenas alguns fragmentos de remanescentes florestais (MMA, 2011).

3.4 Unidade Geossistêmica Tabuleiros Úmidos do Almada

A unidade geossistêmica Tabuleiros Úmidos do Almada localizada no baixo curso da BHRA possui uma área de 183,57 km² distribuída em cinco manchas que compreende parte dos municípios de Ilhéus e Uruçuca, onde estão presentes as nascentes dos rios Paraíso, Água Preta do Mocambo, Retiro, Inhaúpe, Caldeira, Pepite e outros pequenos afluentes que abastecem a Lagoa Encantada. Cortada por estradas vicinais da BA-262 tem Ilhéus como município de maior influência, com 65% de território inserido nesta unidade.

Esta UG é formada por planícies com cotas que vão de 0 m a 400 m, na mancha norte cerca de 90% da planície variam entre as cotas de 100 a 400 m, nas manchas menores ao sul, as cotas

podem chegar a 200 m entretanto, cerca de 80% da área ficam entre o nível do mar e 50 m.

A área desta UG possui paisagens com relevo de topos tabulares, capeados por sedimentos em patamares ligeiramente inclinados em direção ao litoral (FRANCO, 2010) e assentados discordantemente sobre os sedimentos da Bacia Sedimentar de Almada e sobre rochas do embasamento Pré-cambriano do Complexo São José, Suíte Intrusiva Itabuna, Corpo Intrusivo Ibirapitanga-Ubaitaba e Complexo – Ibicarai.

Os sedimentos Barreiras recobrem localmente rochas cratonizadas do Escudo Oriental lateritizados em superfície e entalhados por drenagem dendrítica ou paralelo-ramificada (SEI, 2003). Este espesso manto de alteração é composto por sedimentos da Formação Urucutuca, Grupo Barreiras, Formação Candeiras, Formação Sergi, Formação Itaparica além de Leucogabros, areias, argilas, siltes e cascalhos. Os solos aqui desenvolvidos são Latossolo Amarelo, Cambissolo Háplico, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Espodossolo Ferrihumilúvico e Gleissolo Háplico.

A Mata Atlântica vegetação nativa desta UG nesta região era composta por Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Aluvial (SEI, 2003). Parte dos remanescentes de mata localiza na área norte está resguarda dentro dos limites do Parque Estadual Serra do Conduru.

Grande parte das florestas foi convertida principalmente em cabruca (449,67 km²), solo exposto, pasto, policulturas permanentes como a banana, cacau, borracha, café e coco-da-baía, dendê, laranja, mamão, maracujá, palmito, pimenta-do-reino, borracha e lavouras temporárias como abacaxi, cana-de-açúcar, feijão, mandioca e milho (IBGE, 2012).

Os Tabuleiros Úmidos do Almada têm como limitações ocupação urbana desordenada, presença de atividades que impactem o lençol freático, presença de camadas coesas na subsuperfície dos solos, a conversão de florestas de áreas legalmente protegidas em outra forma de uso, solos com baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes queimadas, uso de agrotóxicos. Essa UG apresenta potencialidades para o turismo planejado, potencial agrícola expressivo e relevo plano a suave ondulado.

3.5 Unidade Geossistêmica Planície Litorânea

A unidade geossistêmica Planície Litorânea, área norte do município de Ilhéus, até o início da década de 70 tinha a península do São Miguel ocupada apenas por pescadores, sua ocupação se deu após a construção da ponte do Iguape sobre o Rio Almada e o asfaltamento da rodovia Ilhéus/Uruçuca. Estas duas obras juntamente com a implantação do loteamento Savóia e o Distrito Industrial foram vetores de desenvolvimento que contribuíram para o povoamento desta região. Na década de 80 já tinham surgido os loteamentos de Jóia do Atlântico e São Miguel (MMA, 2007).

A unidade geossistêmica Planície Litorânea localizada no baixo curso da BHRA perfaz uma área de 116,52 km², onde 99,98% da sua área é composta por parte do município de Ilhéus. É a única UG que possui terras banhadas pelo Oceano Atlântico.

As cotas de altitudes variam entre o nível do mar e 400 m. Drenada por dois dos principais rios que abastecem a Lagoa Encantada, os rios Pepite e o rio Caldeira, assume um padrão geral dentrítico. Próximo a Sambaituba o rio Almada que percorria no sentido oeste-leste encontra com a falha de Aritaguá e sofre um desvio mudando seu curso para norte-sul. Neste percurso pequenos afluentes que brotam localmente deságuam no rio Almada. Próximo à foz do rio Almada o rio Fundão lança parte de suas águas por um canal artificial construído, para evitar a chegada das canoas, carregadas de cacau, à baía do Pontal por mar aberto.

Outra particularidade é que o extremo sul desta UG é ocupado por parte da área urbana de

Ilhéus, pelos bairros São Miguel, São Domingos, Savóia e Iguape, além das áreas urbanizadas de Areal, São João, Sambaituba e Aritaguá. O trecho urbanizado apresenta processo de densificação com problemas de ocupação desordenada, ocupação em áreas de preservação permanente e erosão em função das obras do Porto do Malhado (MMA, 2007).

Nesta unidade há presença de fragmentos de restinga herbácea e a arbustiva, manguezais, Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Submontana, pastagens e agricultura (cacau, mandioca, banana, coco-da-baía, abacaxi) (IBGE, 2012). Além da agricultura, a pesca artesanal, mariscagem e atividades voltadas ao turismo complementam as atividades econômicas desta UG.

4. CONCLUSÃO

A análise integrada dos elementos formadores da paisagem da bacia hidrográfica do rio Almada possibilitou identificar 5 unidades geossistêmicas, que permitiram compreender a dinâmica da paisagem bem como as suas potencialidades e limitações.

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram essenciais para o cumprimento dos objetivos propostos, mostrando uma importante aplicabilidade nas pesquisas voltadas para análise da paisagem.

A unidade geossistêmica Cadeias de Serras Altas apresenta uma paisagem marcada por grandes altitudes e declividades com uso do solo sem manejo adequado, está presente a nascente do rio Almada, principal afluente da BHRA. As Cadeias de Serras Baixas apresentam relevo de colinas baixa, declividade média e a presença de áreas em processo de erosão ocasionados pela falta de manejo adequado às pastagens.

A Depressão Pré-Litorânea é a unidade mais expressiva com 605,83 Km² marcada pela presença da Lagoa Encantada e por resguardar a nascente do rio do Braço responsável pelo abastecimento de água de oito municípios da região. Os Tabuleiros do Almada estão distribuídos em manchas descontínuas que apresentam importantes fragmentos de matas, alguns resguardados dentro dos limites do Parque Estadual Serra do Conduru.

A Planície Litorânea é marcada pela forte intervenção antrópica através de áreas urbanizadas que apresentam processo de densificação com problemas de ocupação desordenada e a construção de um canal artificial que interliga o rio Fundão ao Almada. Os Fundos de Vales / Planícies Fluviais localiza-se às margens dos rios que compõem a BHRA perpassando por todos os municípios.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.C.de P. MARQUES, A.C., SOUZA, P. S. V. N. Pagamento por serviços ambientais: uma proposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Almada no sul da Bahia. **Bahia anál. dados**, Salvador, v. 23, n. 2, p.383-396, abr./jun. 2013

ARAÚJO, L., SOUSA, F., MORAES NETO, J., SOUTO, J., & REINALDO, L. BACIAS HIDROGRÁFICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v.8, n.1. 2009. Disponível: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/399>. Acesso em 15 de Junho de 2015.

BARROS, S. R. **Avaliação espaço-temporal de parâmetros microbiológicos na Lagoa Encantada – Bahia**. 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2005.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M.Guimarães.

Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13. São Paulo, 1971. p. 1-17.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences. **Maringá**, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. SD24 Salvador. Rio de Janeiro, 1981. 623 p

CAMPOS, D.O. **Unidades ambientais, uso da terra e áreas prioritárias à conservação da Mata Atlântica na bacia hidrográfica do rio Santana, sul da Bahia** Dissertação (mestrado em Solos) – Universidade Federal de Viçosa. – Viçosa: UFV, 2003. Vi, 75f.

DI MAURO, J. Vocabulário português – tupi e curso de tupi antigo. Disponível em: <http://www.painet.com.br/joubert>. Acesso em: 07 junho 2013

EGLER, M. **Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos no Estado do Rio Janeiro: Ensaio de Indicador para o Estabelecimento da Avaliação das Relações entre Qualidade da Água e Cobertura Vegetal**. Tese (doutorado). Programa de Planejamento Energético Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012 XVIII, 315 p. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Produção de Informação**, 2006. 412 p

FARIA FILHO, A. F.; ARAÚJO, Q. R. **Planejamento agroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada - sul da Bahia, com ênfase ao meio físico**. Itabuna, BA: CEPLAC, 2002. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Antonio%20Fontes%20Faria%20Filho.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

FERNANDES, A. S. A. Manejo integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Almada. Programa Gestão Pública e Cidadania. São Paulo, 1998. 15p.

FRANCO, G. B. **Fragilidade Ambiental e Qualidade da Água na Bacia do Rio Almada – Bahia**. Tese (Doutorado em Geotecnia Ambiental) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. 2010, 217p.

GOMES, R. L. Implantação do laboratório de análise e planejamento ambiental da UESC: projeto piloto - avaliação da qualidade ambiental da bacia do Rio Almada e área costeira adjacente. **Relatório Final**. Ilhéus: FAPESB, 2010. 104p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=202>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2012.

Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia (IESB). Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade Biológica brasileira – PROBIO: Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica. **Relatório Final**. Rio de Janeiro. 2007 84p.

Instituto Floresta Viva – IFV. Biodiversidade, Ecoturismo, e Agroflorestas no Litoral Sul da Bahia.

Programa Integrado da Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade. **Relatório Final**. Ilhéus 2005 258p.

MANOSSO, F. C. Estudo integrado da paisagem nas regiões norte, oeste e Centro-sul do Estado do Paraná: relações entre a estrutura geocológica e a organização do espaço. **Bol. geogr., Maringá**, v. 26/27, n. 1, p. 81-94, 2009

Ministério do Meio Ambiente – MMA **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização** - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. (1980) - **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia**, Texto Explicativo. 60p., Secretária de Minas e Energia / Coordenação de Produção Mineral, Salvador, BA, Brasil.

PEREIRA, A. D. C. **Lagoa Encantada - testemunho de uma Baía Quaternária Ilhéus-Bahia-Brasil**. 2001. 291p. Tese (Doutorado em Geologia) - Escola de Ciências, Universidade do Minho, Portugal, 2001

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens**: visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 222 p.

ROEDER, M. **Reconhecimento Climatológico**. Diagnóstico Sócio-Econômico da Região Cacaueira Rio de Janeiro: Cartografia Cruzeiro do Sul, 1975.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**. São Paulo, v. 9. 1994.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (Salvador, BA) **Diagnostico ambiental: Litoral Sul da Bahia**. Salvador: SEI, 1999 120p.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. Métodos em questão, 16. **IG-USP**. São Paulo, 1977.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: Guia para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais. São José dos Campos (INPE). 2008. 44 p.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

Uso do Sensoriamento Remoto em Bacias Hidrográficas

J.M.O.SILVA
M.T.B.LIMA
M.A.PINHEIRO

Resumo

O trabalho foi desenvolvido na microbacia do rio Granjeiro, localizada no município do Crato, sul do Estado do Ceará, e teve por objetivo calcular o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e associar estes índices aos distintos tipos de cobertura vegetal e uso do solo encontrado na área de estudo. Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 8TM do ano de 2015 adquiridas no site do Serviço Geológico Americano, referentes as bandas 4 (infravermelho) e 5 (infravermelho próximo), posteriormente, calculou-se a reflectância de cada banda utilizando-se a calculadora raster do software Qgis 2.8. Em seguida aplicou-se a fórmula do NDVI proposta por Rouse et al (1973), com índices que podem variar de -1 e +1. A microbacia apresentou valores que oscilaram entre -0,084 a 0,83. O setor com maiores índices de vegetação indicando um elevado grau de cobertura vegetal, localizou-se no alto curso do rio e com índice negativo de vegetação foi representado pelo baixo curso do rio, onde foi possível encontrar áreas desprovidas de vegetação e com grande adensamento urbano.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, vegetação, ocupação.

Abstract

The work was developed in the watershed of Granjeiro river, located in Crato county, south of Ceará State, the objective is to calculate the Vegetation Index by Normalized Difference (NDVI) and associate these indexes to the different types of vegetation and use of soil found in the studied area. For the development of the research were used images from the Landsat 8TM for the year 2015 acquired at the US Geological Survey website, regarding the bands 4 (infrared) and 5 (near infrared), subsequently, it was calculated the reflectance of each band using up the calculator raster of Qgis 2.8 software. Then we applied to the NDVI formula proposed by Rouse et al (1973) with rates that can vary from -1 to +1. The watershed showed values that ranged from -0.084 to 0.83. The sector with the highest vegetation index, indicating a high degree of vegetation cover, it was located on the upper course of the river, and with a negative index of vegetation was represented by the lower course of the river, where it was possible to find areas devoid of vegetation and large urban densification.

Keywords: geotechnology, satellite, vegetation, occupation.

1. Introdução

A vegetação, assim como os outros objetos terrestres, de acordo com as suas características físicas, químicas e biológicas podem refletir, absorver e transmitir a radiação eletromagnética de diversas formas. Segundo Ponzoni et al (2012), a baixa reflectância das folhas na região do visível é decorrente da absorção da radiação solar pela ação dos pigmentos fotossintetizantes, enquanto a alta reflectância na região do infravermelho próximo decorre do espalhamento (reflectância e transmitância) da radiação no interior das folhas. Com o aumento do uso das imagens de satélites nos estudos ambientais, é possível aplicar algumas metodologias para o mapeamento do grau de cobertura vegetal e, nesta perspectiva, alguns índices de vegetação foram elaborados com base na resposta espectral encontradas nas vegetações, dentre eles, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Para Ponzoni et al (2009), este índice é amplamente usado e foi elaborado por Rouse et al (1973), com valores variando de -1 a + 1, utilizando os dados das regiões do vermelho e do infravermelho próximo.

A cobertura vegetal apresenta uma importância para as bacias hidrográficas, pois tem a função de proteger as margens de rios e riachos, evitando o assoreamento, conserva as nascentes, favorece a infiltração, protege ainda, os solos dos efeitos erosivos causado pelas chuvas, pois ameniza o impacto das gotas das chuvas de caírem diretamente no solo, causando o espalhamento de suas partículas.

Este trabalho teve por objetivo calcular o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a microbacia do Rio Granjeiro (figura 01) e associar estes índices aos diferentes tipos de cobertura vegetal e uso do solo encontrado na área de estudo. O Rio Granjeiro faz parte da sub-bacia do rio Salgado, possui suas nascentes na Chapada do Araripe e durante o seu percurso drena a cidade do Crato, sul do Estado do Ceará, e no seu baixo curso deságua no rio Batateiras. A Sub-bacia Hidrográfica do rio Salgado, importante rio da região do Cariri, possui uma delimitação oficial de 05 microbacias, e dentro delas existem várias outras microbacias, como a do Batateiras, Salamanca, Vargem, Carás e no caso da área de estudo deste trabalho, a microbacia do rio Granjeiro com área de 22,08km².

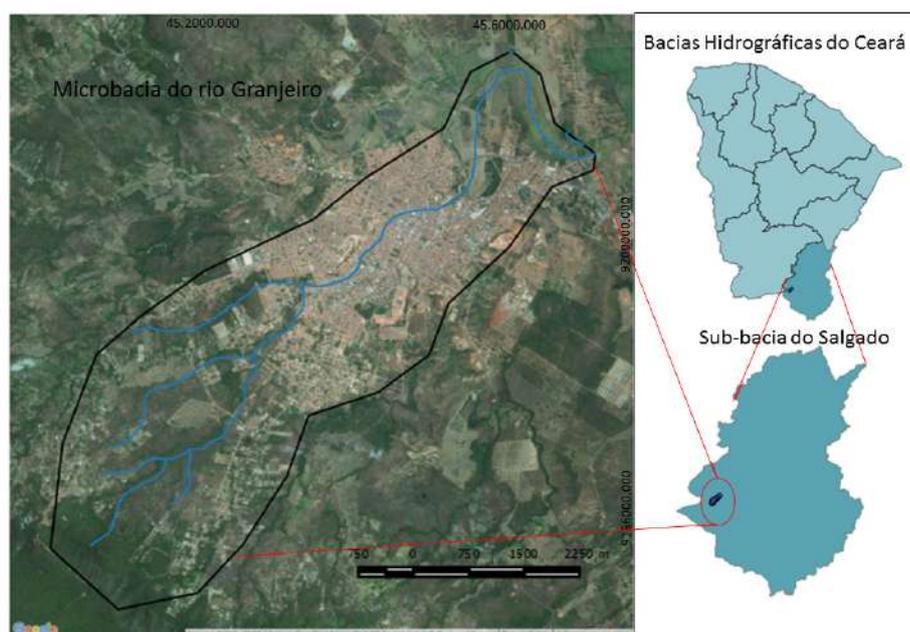


Figura 01: Localização da área de estudo

Fonte: Google Earth, 2016

Elaborado por Mayra Alves Pinheiro

2. Metodologia

2.1 Sensoriamento Remoto no estudo da Vegetação

O sensoriamento remoto utiliza-se de fontes de energia que podem ser naturais ou artificiais. A radiação eletromagnética é a forma de energia usada no registro das informações que os objetos emitem em direção aos sensores, que são equipamentos instalados a bordo dos satélites, para capturar essa energia. As duas principais fontes de energia eletromagnética aproveitadas pelo sensoriamento remoto são o Sol e a Terra (FLORENZANO, 2011).

A radiação é difundida através das ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo a uma velocidade da luz, sendo medida por meio da frequência e comprimentos de onda. O espectro eletromagnético, conforme Florenzano (2011), representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência, e o espectro abrange desde curtos comprimentos de onda (raios cósmicos e raios gama) até longos comprimentos de onda como as ondas de rádio e tv.

O sol e a terra são fontes de energia eletromagnética utilizadas no sensoriamento remoto, sendo o sol a fonte mais forte da radiação do que a terra. Meneses e Almeida (2012) explicam que isso deve-se ao fato de que o Sol possui alta temperatura de superfície, próxima a 6000°C e a Terra com temperatura média de apenas 27°C, por isso, uma temperatura interna muito mais baixa que o núcleo solar, transmitindo calor para a superfície por radioatividade. A terra, portanto, emite a radiação eletromagnética na faixa espectral do termal, por meio de ondas longas e o sol por meio de ondas curtas.

A radiação solar constitui, então, a principal fonte de energia eletromagnética que chega à terra. A energia ao atravessar a atmosfera até atingir a terra não chega com a mesma intensidade, pois a atmosfera interfere através dos processos de absorção, reflectância e espalhamento.

Absorção é o processo pelo qual a energia radiante é absorvida ou convertida em outras formas de energia, podendo ocorrer na atmosfera ou superfície (JENSEN, 2011). Para Meneses e Almeida (2012) a absorção é o efeito mais prejudicial ao sensoriamento remoto, pois em vários intervalos de comprimentos de onda a atmosfera mostra-se parcial ou totalmente opaca às passagens da radiação solar e da radiação emitida pela Terra, em razão da absorção pelos gases nela presentes.

A reflectância ocorre quando um feixe de luz que chega à superfície de um objeto não transparente é redirecionada (LIU, 2015).

O espalhamento é um processo físico que resulta da obstrução das ondas eletromagnéticas, por partículas existentes em suas trajetórias ao atravessarem a atmosfera terrestre (MOREIRA, 2012). Este espalhamento pode ser de três tipos, conforme o tamanho das partículas que estão presentes na atmosfera, a saber: Rayleigh, Mie e não seletivo. Jensen (2009) aborda os três tipos de espalhamento: o espalhamento de Rayleigh ocorre quando o diâmetro da matéria (moléculas de ar, como o oxigênio e nitrogênio) é muitas vezes menor que o comprimento de onda da radiação eletromagnética. O espalhamento de Mie abrange as partículas com tamanho igual ao comprimento de onda da radiação. O espalhamento não seletivo ocorre nas porções mais baixas da atmosfera com partículas 10 vezes maiores do que o comprimento de onda da radiação incidente.

A presença de nuvens na atmosfera interfere na incidência da luz, pois acabam por refletir a radiação, por isso, ao se utilizar das imagens de satélites, é necessário observar a quantidade de nuvens na cena, pois isso poderá alterar os dados provenientes das imagens. Para Barry e Chorley (2013) a proporção da radiação incidente que é refletida chama-se albedo, ou coeficiente de reflexão e os tipos de nuvens existentes afetam o albedo.

As janelas atmosféricas são porções da atmosfera em que a radiação não é totalmente ab-

sorvida, e, através desses espaços os satélites são colocados a fim de se capturar as informações que são utilizadas no sensoriamento remoto. Liu (2015) aborda que as faixas de comprimentos de onda, incluindo ultravioleta e visível (0,30 a 0,75 μm), infravermelha próxima (0,77 a 0,91 μm), infravermelho termal (8 a 9,2 μm e 10,2 μm a 12,4 μm) e microondas (7,5mm e > 20mm), são chamadas de janelas atmosféricas.

A radiação solar depois que atravessa a atmosfera, ao chegar à terra também interage através dos fenômenos da absorção, reflexão e transmissão dos objetos.

A passagem da radiação eletromagnética através de um meio, sem alterar a frequência das radiações que a compõem, é denominada transmissão, podendo ser entre objetos ou intraobjeto (MOREIRA,2012).

A fração da radiação eletromagnética refletida pelos alvos da superfície terrestre é muito importante para o sensoriamento remoto, pois um grande número de aplicações de imagens e dados de satélites ou de outras formas de coleta se dá através da radiação refletida pelos alvos (MOREIRA,2012).

A interação da radiação com a vegetação dependerá de cada região do espectro eletromagnético. Para Moreira (2012), cerca de 50% do total de energia que chega até a planta é absorvida pelos pigmentos contidos na folha. A figura 02 ilustra o espectro de reflectância de uma folha de vegetação.

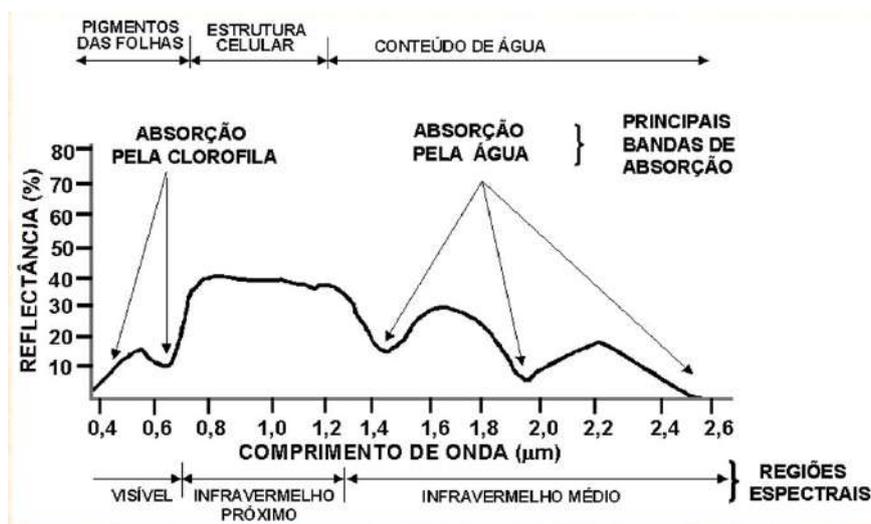


Figura 02: Reflectância de uma folha verde e sadia

Fonte: Moreira (2012) adaptada de Hoffer, 1978.

Na região do visível, a energia radiante interage com a estrutura foliar por absorção e por espalhamento. A energia é absorvida seletivamente pela clorofila e convertida em calor ou fluorescência (PONZONI et al, 2012).

Na região do infravermelho próximo ocorre absorção pequena da radiação e considerável espalhamento interno da radiação na folha (PONZONI et al, 2012). Segundo Moreira (2012), nessa região o comportamento da radiação eletromagnética quanto à reflexão, transmissão e absorção é dominado pelas propriedades ópticas da folha, que dependem das estruturas celulares internas.

Na região do infravermelho médio a absorção decorrente da água líquida afeta a reflectância das folhas. A água absorve consideravelmente a radiação na região espectral compreendida entre 1,3 μm e 2 μm (PONZONI et al, 2012). Existem alguns fatores fisiológicos que podem afetar a reflectância de uma folha, como os citados por Liu (2015): maturidade da folha, pigmentos, folhas no sol ou na sombra, folhas danificadas, nutrientes, salinidade, dentre outros.

Ao se trabalhar com imagens orbitais cujo ND's foram convertidos para reflectância aparen-

te, é possível realizar operações aritméticas utilizando dados de imagens de diferentes bandas espectrais, mas ainda não é possível a caracterização espectral de um objeto, pois os valores de reflectância encontram-se os efeitos da atmosfera (PONZONI et al, 2012).

Devido a atmosfera interferir nos produtos do sensoriamento remoto através dos processos citados anteriormente como a absorção, reflectância e espalhamento, é necessário, em alguns casos, realizar a correção atmosférica para minimizar os efeitos na radiância dos objetos. Nem sempre se torna obrigatório essa correção, se o trabalho apresentar características mais qualitativas, a correção não se apresentará tão imprescindível. Agora, se o trabalho tiver como objetivo uma análise temporal de dados, é indispensável deixar os dados na mesma escala radiométrica. Como exemplo, temos os dados gerados através de NDVI, que tem por objetivo estimar o grau de cobertura vegetal por meio da combinação dos valores de reflectância em duas bandas espectrais (vermelho e infravermelho). Devido a utilização dessas bandas em comprimentos de ondas diferentes, a correção atmosférica neste caso é importante. Para Ponzoni et al (2012), existem duas formas de se realizar a correção atmosférica, uma delas é a aplicação de um método proposto por Chavez (1988), denominado de "Pixel Escuro" (ou Dark Object Subtraction – DOS), e a outra trata-se dos modelos de transferência radiativa, como o Moderate Spectral Resolution Atmospheric Transmittance Algorithm (Modtran) e o Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S). O método utilizado neste trabalho para a correção atmosférica foi o DOS (pixel escuro).

O método DOS considera que em toda e qualquer cena e banda espectral existem pixels que deveriam assumir o valor "0", seja nas imagens originais em ND's, seja naquelas já convertidas para reflectância aparente, nesse caso, a correção é feita utilizando os dados da própria imagem (PONZONI, et al 2012).

2.2 Procedimentos Técnicos

O download das imagens do satélite Landsat 8 ocorreu através da homepage do Serviço Geológico Americano (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) referente ao período de agosto de 2015, e as bandas utilizadas foram a 4 (infravermelho) e a 5 (infravermelho próximo). As imagens do Landsat 8 são disponibilizadas em WGS 84 e orientadas para o Norte. Como estamos no hemisfério Sul e o datum utilizado no Brasil é o SIRGAS 2000, foi necessário a reprojeção das imagens no software Qgis 2.8 para o nosso hemisfério e para o datum adotado no país (SIRGAS 2000, zona 24S – caso da área de estudo).

A correção atmosférica para o método de Pixel Escuro (DOS) utilizou-se um "plugin" disponível no Qgis 2.8 (Semi-Automatic Classification Plugin ou SCP). Este plugin realiza a transformação de números digitais em reflectância no topo da atmosfera (TOA), essencial para o método DOS, utilizando as imagens Landsat (neste caso as bandas 4 e 5) juntamente com um arquivo MTL (metadados) que vem com o download das imagens. Após a correção, aplicou-se a fórmula do NDVI (equação 01) na calculadora raster do Qgis, utilizando-se as reflectâncias das bandas 4 e 5, calculadas na etapa anterior. Com o raster criado dividiu-se em cinco classes de NDVI: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. O layout final do mapa foi realizado no Arcgis 10.2, disponível e com licença no Laboratório de Geomorfologia e Pedologia da URCA.

Equação 1 - $NDVI = (pivp - pv) / (pivp + pv)$, , onde: pivp (reflectâncias da banda do infravermelho próximo) e pv (reflectância da banda do vermelho).

O mapa de uso e ocupação foi utilizado a partir da vetorização realizada por Lima e Carvalho-Neta (2014), no software QGIS 2.8, que através do plugin "OpenLayers plugin", foi possível carregar o Google Earth como uma camada do QGIS. Por conseguinte, criou-se uma camada de "shapefile"

para iniciar o processo de vetorização da área de estudo. Realizou-se também uma atualização da vetorização através dos levantamentos de campo. As classes de uso e ocupação adotadas neste trabalho foram: Água, vegetação densa (Mata Úmida), Vegetação menos densa (Subcaducifólia, Caatinga), Urbanização e Agropecuária e/ou solo exposto.

3. Resultados e discussões

3.1 Características geoambientais da microbacia do Rio Granjeiro - Crato/ceará

Geologia-Geomorfologia

A microbacia em análise encontra-se inserida na bacia do Araripe, uma bacia sedimentar paleo-mesozóica (abrangendo partes dos estados de Pernambuco, Piauí e Ceará), circundada por terrenos datados do pré-cambriano e de depósitos sedimentares. Assine (2007) discorre que a bacia do Araripe é caracterizada por sequências de deposição e cada uma com suas litoestratigrafias representando cada estágio de evolução geológica: Sequência Paleozóica (Formação Cariri), Supersequência Pré - Rifte (Formações Brejo Santo e Missão Velha), Supersequência Rifte (Formação Abaiara), Supersequência Pós-Rifte I (Formação Barbalha e Formação Santana) e a Supersequência Pós-Rifte II (Formação Exu).

A principal forma de relevo é a Chapada do Araripe, uma superfície tabular, com altitudes que podem chegar a 900m e declives acentuados. O topo da chapada encontra-se conservado devido os arenitos da Formação Exu, que possuem porosidade e permeabilidade, favorecendo a infiltração da água, o que não permite a ação erosiva e de entalhe da água no topo da chapada. Ribeiro (2004) compartimentou a chapada em 04 zonas geomorfológicas: topo da chapada (ou zona de chapada), a encosta ou vertente da chapada (subdividida em alta e baixa encosta, de acordo com a declividade) e o pediplano. A autora comenta que o topo da chapada apresenta pouca expressividade territorial na microbacia do Granjeiro, mas tem papel fundamental na captação da água que origina as fontes responsáveis por seus rios e riachos.

Condições Hidroclimáticas

O município do Crato, onde está inserida a microbacia em análise, localiza-se a barlavento da Chapada do Araripe, sendo favorecido pela ocorrência de chuvas orográficas, por isso, os valores pluviométricos são mais elevados se compararmos com outras áreas localizadas à sotavento ou mais distante da chapada. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), as chuvas orográficas ocorrem pela ação física do relevo, que atua como uma barreira à advecção livre do ar, forçando-o a ascender. O ar úmido e quente, ao ascender próximo às encostas, resfria-se adiabaticamente devido à descompressão promovida pela menor densidade do ar nos níveis mais elevados.

De acordo com dados na área de estudo ocorrem chuvas que anualmente apresentam uma média de 1.154,6mm, no posto pluviométrico de Crato, e no posto Lameiro 1.241,7mm (BRITO e SILVA, 2012) conforme o gráfico 01.

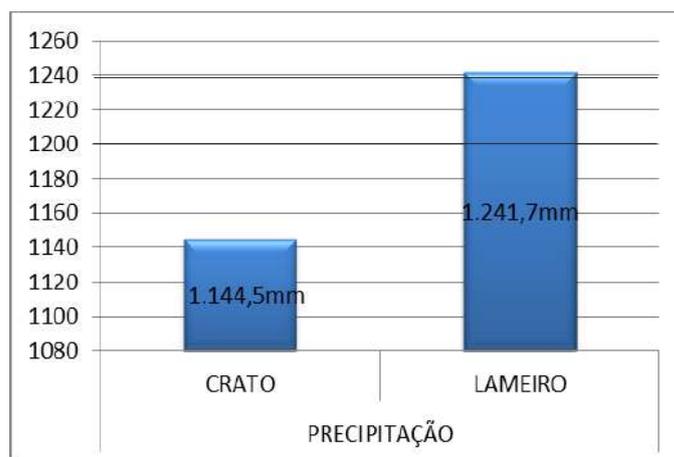


Gráfico 01: Média pluviométrica anual na área de estudo.

Fonte: Brito e Silva, 2012

O Posto Lameiro possui maiores índices pluviométricos do que o do Crato, isto pode ser justificado pela altitude em que se encontra o posto, já que o Lameiro corresponde a uma área mais elevada da cidade na encosta da Chapada, já o Posto Crato localiza-se mais abaixo do que o Lameiro, de topografia mais plana.

As chuvas se concentram no primeiro semestre do ano, que corresponde a quadra chuvosa, são os meses de janeiro (pré-estação), fevereiro, março e abril. O mês que apresenta maior índice pluviométrico é o de março, tanto para o posto Crato (252 mm) como também para o posto Lameiro (253mm). Esse fato é explicado pela forte ação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) nesse período do ano.

As condições hídricas provêm das ressurgências das fontes de água na escarpa da chapada, no contato entre as Formações Exu e Arajara. Segundo a Cogerh (2009) são 256 fontes que drenam a região do Cariri. Desse total, 76 fontes são encontradas no município do Crato. O Rio Granjeiro, principal rio da microbacia em estudo, drena a parte urbana da cidade e no seu baixo curso se une ao rio da Batateiras.

Solos e Cobertura Vegetal

As principais classes de solos e coberturas vegetais encontrados na área com base em estudos realizados pela Funceme (2006) e Ribeiro (2004) foram os Latossolos, Neossolos Litólicos, Argissolos e Neossolos Flúvicos. No topo da chapada do Araripe encontram-se os Latossolos, que são predominantemente arenosos. Os Neossolos Litológicos podem ser encontrados nos patamares da Chapada e no pediplano. Os Neossolos Flúvicos abrangem a planície fluvial do rio.

A vegetação da área se diferencia em relação a condições de altitude, pois na área da encosta da chapada encontra-se uma vegetação mais desenvolvida denominada de Mata Úmida, com porte arbóreo e densidade alta, em direção ao pediplano uma vegetação menos densa, com espécies da Caatinga, Mata seca e Mata Ciliar. A Mata Úmida ocupa as áreas do alto curso do rio, ao longo da escarpa da Chapada, a altitude e umidade das fontes de água favoreceram o desenvolvimento deste tipo de vegetação. Uma vegetação do tipo Mata Seca recobre as encostas das serras secas e rebordos de chapadas geralmente entre as cotas de 500 até 600 metros de altitude (MAGALHÃES, 2006). A Mata Ciliar se desenvolve no médio e baixo curso do rio, especialmente na área de planície fluvial.

3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O mapa 01 (figura 03) ilustra a distribuição do NDVI para o ano de 2011 na microbacia do rio Granjeiro dividida em cinco classes: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

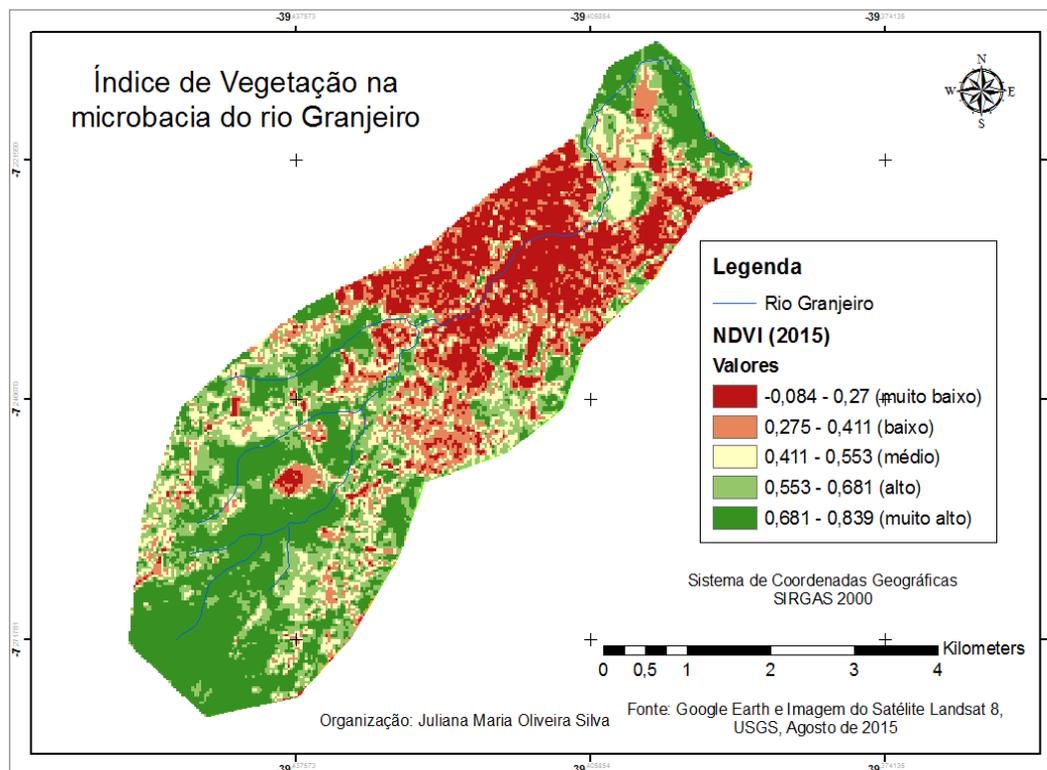


Figura 03: Distribuição do NDVI na microbacia do rio Granjeiro.

O índice “Muito Alto”, com valores entre 0,68 e 0,83 e área de 7,03km², corresponde às áreas com vegetação densa, que corresponde aos locais com maiores graus de cobertura vegetal do tipo Mata Úmida e alguns setores de vegetação menos densa, como a Mata Ciliar. A mata úmida é um tipo de vegetação que se desenvolve na encosta da Chapada, no alto curso do rio Granjeiro, com um estrato arbóreo. A ocorrência deste tipo de vegetação é favorecida pelo relevo que proporciona as chuvas orográficas, além das fontes que ressurgem na encosta, que oferecem uma maior umidade. O índice muito alto ainda aparece, em pequenas proporções, no médio e baixo curso do rio. No médio corresponde a uma pequena parte da área que se localiza o Sítio Fundão, um parque estadual, com vegetação bem conservada. No baixo está associado a setores preservados de mata ciliar do rio.

O índice “Alto” com valores entre 0,55 e 0,68 com área de 3,97km², corresponde a locais do médio e baixo curso, com vegetação menos densa, representado por espécies da Caatinga Arbórea, que se mantém mais preservada perto da encosta, uma vegetação de transição entre a mata úmida e a caatinga, apresentando uma mistura de espécies tanto de porte arbóreo e arbustivo, e da mata ciliar que acompanha o baixo curso do rio.

O valor “Médio” com índices variando de 0,41 e 0,55 e área de 3,37km² se apresentou em locais com uma vegetação menos densa, caracterizada por uma Caatinga arbustiva aberta, solos expostos, mas com uma pequena cobertura de gramíneas localizada no médio e baixo curso do rio e áreas com densidade de ocupação mais baixa.

O índice “Baixo” com valores de 0,27 e -0,411 e área de 3,39km² foi identificado também em

áreas com Caatinga arbustiva aberta, solos expostos, mas com uma pequena cobertura de gramináceas no médio e baixo curso, e a setores de mata ciliar mais degradada no baixo curso do rio. Segundo Ribeiro (2004), a cobertura vegetal original da microbacia, e em especial de seu baixo curso, encontra-se majoritariamente substituída por culturas permanentes e temporárias, em especial cana-de-açúcar, capim e consórcios de feijão-milho.

O índice "Muito Baixo" entre -0,084 e 0,27 e área 4,21km² apresentou-se como áreas desprovidas de vegetação, onde pode-se encontrar solo exposto destinado a atividades agropecuária ou a loteamentos e uma maior densidade de ocupação.

O mapa 02 (figura 05) espacializa as principais formas de ocupação e cobertura vegetal na área. Através do campo foi possível observar quais os tipos de cobertura vegetal e uso representavam cada índice de vegetação do mapa.

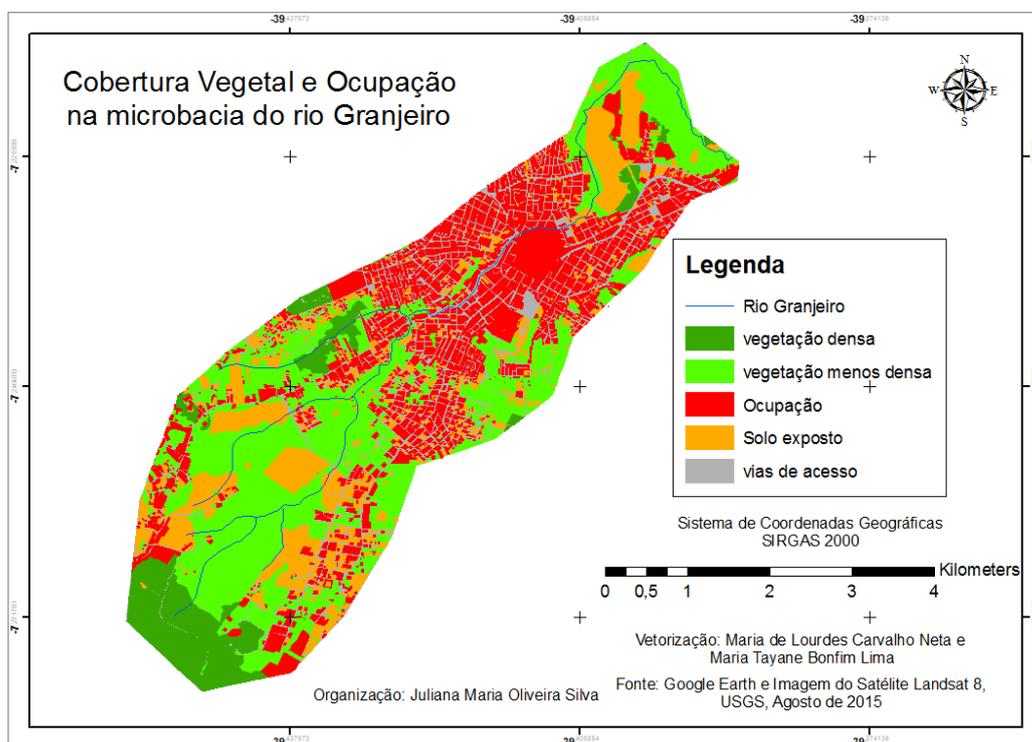


Figura 04: Cobertura vegetal e tipos de uso na microbacia do rio Granjeiro.

As classes de vegetação e tipos de uso são representadas por:

Vegetação densa: Representa um tipo de vegetação que predominantemente ocupa a encosta da Chapada (Mata Úmida), figura 05. A ocorrência dessa vegetação é propiciada pela ressurgência das fontes que brotam da escarpa favorecendo a umidade. Segundo a FUNCEME (2006), esta unidade vegetacional possui uma fisionomia onde predomina o estrato arbóreo com alturas superiores a 15 metros, formando uma cobertura vegetal bastante densa, a exemplo do que se verifica na área da Floresta Nacional do Araripe.

A Floresta Nacional do Araripe foi criada pelo Decreto nº 9.226, de 02/05/1946, corresponde a uma área de, aproximadamente, 38.626,32 hectares, abrangendo parte dos municípios de Santana do Cariri, Crato e Barbalha (MAGALHÃES, 2006). No topo da Chapada do Araripe o uso do solo é bem menor, devido esta unidade de conservação federal. A vegetação densa aparece em outros setores da microbacia, onde a vegetação encontra-se bem conservada, com porte arbóreo e densidade alta.



Figura 05: Mata Úmida na encosta da Chapada.
Fonte: Denise da Silva Brito (2013)

Vegetação menos densa: Devido às dificuldades em mapear uma divisão clara entre a mata úmida e outros tipos de vegetação encontradas na área de estudo, incluiu-se nessa área formações vegetais com estrato arbustivo, densidade média ou baixa e com cobertura de gramíneas. Na área de estudo encontra-se espécies tanto da caatinga, mata seca e mata ciliar (esta vegetação é bem desenvolvida no baixo curso, figura 06). Este tipo de vegetação encontra-se mais abaixo da encosta em direção ao pediplano.



Figura 06: Aspectos da Mata Ciliar no baixo curso do rio Granjeiro.
Fonte: Denise da Silva Brito, 2012.

As áreas desmatadas destinadas a agropecuária, loteamentos e/ou outras atividades foram consideradas como uma mesma classe temática: **solo exposto**. Esta classe se distribui de uma forma abrangente, perto dos núcleos urbanos, corpos d'água, na encosta e nos pedimentos dissecados.

As **ocupações** referem-se a todos os tipos sejam eles: residencial, comercial, serviços, industrial e áreas de lazer. O que se observa no alto e médio curso do rio, em direção a encosta, é a expansão urbana entre os bairros Granjeiro e Lameiro, bairros onde pode-se encontrar casas luxu-

osas, hotéis e uma parte da população com poder aquisitivo mais elevado. Segundo Magalhães (2006), a ocupação dessa área se deu, efetivamente, a partir da instalação do Clube Recreativo Granjeiro construído nos patamares da Chapada do Araripe, que valorizou os terrenos vizinhos transformados posteriormente em loteamentos, vivendas, chácaras etc.

Conforme Menezes (1985), a construção dos balneários e clubes recreativos na baixa encosta da Chapada do Araripe, preferencialmente nos terrenos dotados de fontes, foi o principal fator de expansão urbana do Crato. A partir daí a baixa encosta da Chapada do Araripe, se tornou valorizada, com a penetração da urbanização no campo, sendo loteada para a implantação de granjas, chácaras, casas de veraneio ou moradias de pessoas pertencentes à elite da cidade do Crato. Na margem esquerda do rio Granjeiro (bairro França Alencar) está localizada a indústria de calçados Grendene que se instalou na região em 1997.

A ocupação mais expressiva na microbacia é no seu médio e baixo curso, especialmente ao longo do canal do rio (figura 07), na avenida José Alves de Figueiredo. Nessa área encontra-se também o centro da cidade, onde em períodos pluviais intensos, já se registrou o transbordamento do canal do rio. No baixo curso do rio perto do seu encontro com o rio Batateiras, identifica-se algumas atividades agrícolas e pecuárias que segundo Ribeiro (2004), a cobertura vegetal original da microbacia, e em especial de seu baixo curso, encontra-se majoritariamente substituída por culturas permanentes e temporárias, em especial cana-de-açúcar, capim e consórcios de feijão-milho.



Figura 07– Canal do rio Granjeiro e as áreas construídas em entorno.
(Av. José Alves de Figueiredo, no bairro do Pimenta).

Fonte: Maria Tayane Bonfim Lima, 2014.

4. Considerações Finais

Através do NDVI foi possível caracterizar a microbacia quanto a sua distribuição vegetação. O índice com maior área foi o Muito Alto (7,03km²) que pode ser encontrado no alto e médio curso do rio, e o índice com menor área foi o Médio (3,37km²) que está mais restrito ao baixo curso do rio.

Observou-se que o baixo curso possui as áreas mais desprovidas de vegetação, o que fa-

voreceu a ocorrência de índices de NVDI negativo. É onde se localiza uma maior densidade de ocupação, e ainda, o curso do rio foi transformado em um canal, que recebe muitos esgotos das residências, e em épocas de períodos pluviais intensos, já foram identificados eventos como enchentes e inundações.

Referências

- ASSINE, M. L. **Bacia do Araripe**. Boletim de Geociências da PETROBRAS (Impresso), v. 15, p. 371-389, 2007.
- BARRY,R;CHORLEY,R.J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. Porto Alegre: Bookmam, 2013. 9ªedição.
- BRITO, D.S ; SILVA, J. M. O. Estudo dos impactos pluviométricos e os eventos extremos no município do Crato-Ceará. **Revista Geonorte**, v. Único, p. 964-976, 2012.
- COGERH. **Caderno Regional da Sub-bacia do Salgado**. Fortaleza: Inesp, 2009.
- FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 3ª ed. Ampliada e atualizada.
- FUNCEME. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará: Parte II – Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza: Funceme, 2006.
- JENSEN, JOHN R. **Remote Sensing of the environment an earth resource perspective**. 2 ed. Upper saddle river (nj): Prentice Hall, 2007.
- LIMA, M. T. B. ; CARVALHO-NETA, M. L. As geotecnologias na representação cartográfica dos padrões de uso e ocupação do solo na área da microbacia do Rio Granjeiro, Crato/CE. In: VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais-CIETA, 2014. **Anais do VI Congresso Ibero-americano de Estudos Territoriais e Ambientais-CIETA**. São Paulo, 2014.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2015.
- MAGALHÃES, A. O. **Análise Ambiental do Alto Curso da Microbacia do Rio Batateira no Município de Crato/CE: Subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. (Dissertação de Mestrado). UFC, 2006.
- MENDONCA, F. A. ; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.
- MENEZES, E. O. **O uso do solo na área dos patamares da Chapada do Araripe no Município do Crato**. Crato: Faculdade de Filosofia do Crato/ Universidade Federal do Ceará, 1985. Monografia.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4ª edição. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa. 2012.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E; K.T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1. 176p
- RIBEIRO, S. C. Susceptibilidade aos processos erosivos superficiais com base na dinâmica geomorfológica na microbacia do rio Granjeiro, Crato/CE. **Dissertação de mestrado** em Geografia na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ: 2004.