



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

ÉDER GEOVANI DA PAZ OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DOS TRECHOS FINAL DO EIXO
LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
E INICIAL DO RIO PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE – PB
2017**

ÉDER GEOVANI DA PAZ OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DOS TRECHOS FINAL DO EIXO
LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
E INICIAL DO RIO PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional – PPGDR da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

Orientador: Prof. Dr. Hermes Alves Almeida

**CAMPINA GRANDE – PB
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da Dissertação.

O48d Oliveira, Éder Geovani da Paz.
Diagnóstico ambiental dos trechos final do eixo leste da transposição das águas do Rio São Francisco e inicial do Rio Paraíba [manuscrito] / Éder Geovani da Paz Oliveira. - 2017
80 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Departamento de Geografia - CEDUC."

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Água. 3. Segurança hídrica. 4. Desenvolvimento regional.

21. ed. CDD 338.9

ÉDER GEOVANI DA PAZ OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DOS TRECHOS FINAL DO EIXO LESTE DA
TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO E INICIAL DO RIO
PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Desenvolvimento Regional – PPGDR da Universidade
Estadual da Paraíba – UEPB, para obtenção do título de
Mestre em Desenvolvimento Regional.

Aprovada em: 16 de Maio de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Hermes Alves Almeida

Prof. Dr. Hermes Alves Almeida (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Angela Maria Cavalcanti Ramalho

Prof.^a Dr.^a Angela Maria Cavalcanti Ramalho (Examinadora Interna)
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Sérgio Murilo Santos de Araújo

Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo (Examinador externo)
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

DEDICATÓRIA

In memoriam de Raquel Paz e Nilza Guerreiro

AGRADECIMENTOS

Ao **Altíssimo** por mais uma grande realização e por ser presente na minha vida me ajudando –
a Ele toda honra e o louvor.

Para minha família, **Ana Paula, Eliabe e Eluzai**, minha gratidão e amor – obrigado minha
querida, fé e força meus filhos.

Ao meu **pai, irmãos, sogro, cunhados, parentes e amigos**, por serem o meu sustento durante
esta conquista, só a eternidade poderá lhes recompensar.

Ao professor **Dr. Hermes Alves de Almeida**, o senhor foi a *ajuda* que Deus enviou – Ele te
recompensará com mais saúde, paz e luz.

Aos **professores do MDR**, minha gratidão pelo profissionalismo, experiência e grande saber
compartilhados.

Aos professores **avaliadores**, Professora Dr. ^a Ângela Maria Cavalcanti Ramalho e Professor
Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo (UFCG), pela atenção e grande contribuição para a
conclusão deste trabalho.

Para **Fabricia**, secretaria do MDR: - Só tem você jovem! Saúde e muita felicidade.

E para **Turma 2015...** Grandes amigos e caras amigas. Levarei no coração as boas lembranças
das nossas gargalhadas, das nossas lágrimas e também das guloseimas compartilhadas.

Brilhem sempre!

OLIVEIRA, Éder G. da Paz. **Análise dos impactos ambientais causados pela Transposição do Rio São Francisco em Monteiro-PB**, Campina Grande, 2017, 83 p. Dissertação de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Pró-reitora de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Estadual da Paraíba / UEPB.

RESUMO

A irregularidade espacial e temporal no regime pluvial no semiárido nordestino contribui para crescente escassez de água, cuja insegurança hídrica impede o crescimento e o desenvolvimento econômico e social. Diante disto, houve a necessidade de fazer um diagnóstico ambiental no segmento final dos trechos final do Eixo Leste da Transposição das Águas do Rio São Francisco e inicial do Rio Paraíba, sendo essas determinações os objetivos principais. Para a execução deste trabalho foi utilizado o método de análise indutiva partindo das leituras e análises de documentos oficiais do Projeto de Integração do Rio São Francisco, além de visitação, in loco, com registros fotográficos das ocorrências de impactos e da degradação ambiental no referido segmento. A organização dos dados foi feita, utilizando-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e as análises espaciais através de imagens de satélites do Landsat 8, sensor Operacional Land Imager. A tecnologia do geoprocessamento de imagens de satélite permitiu confeccionar mapas temáticos, com os indicadores de uso do solo e cobertura vegetal. Cinco cidades localizadas no trecho inicial do Alto Curso foram escolhidas para análises de algumas características hídricas tais como: medianas anuais de chuvas, percentual individual de contribuição na bacia drenagem, vazão pluvial potencial e as suas respectivas produções de esgotos e evolução do saneamento básico. Os principais resultados mostraram diferentes impactos ambientais na construção do Eixo Leste, na degradação oriundas por ações antrópicas no leito do Alto Curso do rio Paraíba e nos seus afluentes, incluindo-se os despejos de lixo e esgoto das cidades que compõem a referida bacia de drenagem. O uso das tecnologias digital e de geoprocessamento permitiram confeccionar mapas temáticas de cobertura vegetal e de uso do solo, estimar alguns indicadores pluvial e hídrico, além da evolução do saneamento básico associado aos efeitos deletérios antrópicos ao ambiente aquático. O aporte das águas transpostas do Rio São Francisco é, sem dúvida, a segurança hídrica para o abastecimento público de água em Campina Grande e dos seus arredores, além de garantir água para fins de desenvolvimento sustentável local. No entanto, há necessidade de aplicar os critérios de gestão hídrica de forma integrada, eficiente e sustentável em todo o trecho do Alto Curso do rio Paraíba a fim de evitar o desvio e/ou o desperdício da água transposta.

Palavras-Chave: Água, Semiárido, Integração de Bacias, Segurança Hídrica, Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

The spatial and temporal irregularity in the rainfall regime in the northeastern semi-arid region contributes to increasing water scarcity, whose water insecurity impedes growth and economic and social development. In view of this, it was necessary to make an environmental diagnosis in the final segment of the final stretches of the East of the Transposition of the Waters of the São Francisco River and the initial of the Paraíba River, these determinations being the main objectives. For the execution of this work the method of inductive analysis was used starting from the readings and analyzes of official documents of the Project of Integration of the River São Francisco, besides visitation, in loco, with photographic records of the occurrences of impacts and the environmental degradation in said segment. The data was organized using the Geographic Information System (GIS) and the spatial analysis using satellite imagery from Landsat 8, Land Imager Operational Sensor. The technology of the geoprocessing of satellite images allowed making thematic maps, with the indicators of use of the ground and vegetal cover. Five cities located in the initial section of the high course were chosen to analyze some water characteristics such as: annual rainfall median, individual percentage of contribution in the drainage basin, potential rainfall and their respective production of sewage and evolution of basic sanitation. The main results showed different environmental impacts in the construction of the East axis, in the degradation caused by anthropogenic actions in the high river bed of the Paraíba River and its tributaries, including the garbage and sewage dumps of the cities that make up the referred drainage basin. The use of digital and geoprocessing technologies made it possible to prepare thematic maps of vegetation cover and land use, to estimate some pluvial and hydrological indicators, as well as the evolution of basic sanitation associated to the anthropic deleterious effects to the aquatic environment. The contribution of the transposed waters of the São Francisco River is undoubtedly the water security for the public water supply in Campina Grande and its surroundings, besides guaranteeing water for local sustainable development purposes. However, there is a need to apply the water management criteria in an integrated, efficient and sustainable way throughout the upper reaches of the Paraíba River in order to avoid diversion and/or waste of transposed water.

Key words: Water, Semi-arid, watershed integration, Water security, Sustainable development

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 Croquis mostrando os dois eixos (Norte e Leste) do projeto de Transposição do Rio São Francisco, p. 20.

Figura 2 Croqui do Projeto de Transposição do Rio São Francisco, p. 20.

Figura 3 Vista do canal do eixo Leste de transposição do Rio São Francisco, entre Custódia-PE e Monteiro-PB, p. 21.

Figura 4 Vista de uma estação de bombeamento da transposição (EBV) do Rio São Francisco, p. 21

Figura 5 Imagem da 1ª Estação de Bombeamento no Eixo Leste, na barragem Itaparica, PE, p. 22.

Figura 6 Fluxograma com a representação de dados espaciais em SIG, p. 32.

Figura 7 Croqui da divisão administrativa da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba, p. 35

Figura 8 Mapa de localização da Região do Alto Curso do rio Paraíba, p. 36

Figura 9 Fluxograma com estrutura geral do Sistema de Informação Geográfica (INPE, 2006), p. 38.

Figura 10 Mapa da Região do Alto Curso do rio Paraíba, p. 41.

Figura 11 Vista do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco, p. 44.

Figura 12 Vista do lago da barragem de Itaparica, Petrolândia, PE, com o canal de aproximação (à direita-D) e a EBV1 (à esquerda- E) do Eixo Leste da Transposição do PIRSF, p. 45

Figura 13 Vista do sistema hidráulico de uma estação da elevatória do Eixo Leste, com destaques para as bombas, p. 46.

Figura 14 Vista do canal de concreto (A) e do canal com água da chuva (B), do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco, próximos da cidade de Monteiro-PB, p. 46

Figura 15 Vista de frente do Túnel Eng. Giancarlo, município de Monteiro, que liga a uma galeria subsequente, p. 47.

Figura 16 Vista do desmatamento (A) para a construção da galeria (B), subsequente ao Túnel Giancarlo, do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco (B), p. 48

Figura 17 Vista do material retirado da escavação para construir a galeria (A) com a respectiva devolução (B), p. 48.

Figura 18 Vista do processo de degradação ambiental, provocada pela ocorrência de chuva, na saída da galeria, subsequente ao Túnel Giancarlo, p. 49.

Figura 19 Vista da saída da galeria (A), subsequente ao Túnel Giancarlo, com a respectiva degradação (B, seta), provocada pela ocorrência de chuva, p. 49.

Figura 20 Vista da construção do canal antes (D) e no perímetro urbano da cidade de Monteiro (E), do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco, p. 50.

Figura 21 Vista do final do canal do Eixo Leste da transposição das águas do Rio São Francisco e a desembocadura no leito do Alto Curso do rio Paraíba, p. 50.

Figura 22 Vista da desembocadura das águas do Rio São Francisco no leito rio Monteiro no Alto Curso do rio Paraíba, em Monteiro- PB, p. 51.

Figura 23 Vista parcial do Parque das águas, Monteiro-PB, p. 52.

Figura 24 Detalhe do barramento (A) e do sangradouro do reservatório do Parque das Águas (B), p. 52.

Figura 25 Detalhes do canal subsequente ao sangradouro barramento (A), e do encontro deles com o início da galeria para águas pluviais (B), p. 53.

Figura 26 Canal da rede de águas pluviais (A) e a presença de esgotos a céu aberto (B), em contato com os transeuntes, p. 53.

Figura 27 Vistas do canal da rede de águas superficiais (A), com a presença de esgotos (B), p. 54.

Figura 28 Vistas de uma galeria coletora de águas superficiais da cidade de Monteiro-PB, que deságua no leito do rio do Meio (A) e no canal da transposição (B), p. 55.

Figura 29 Vista do canal de drenagem de águas superficiais e de esgotos aos arredores da cidade de Monteiro (à direita) e o canal de Transposição e o esgoto lançado no Rio Monteiro, p. 56.

Figura 30 Vista do canal de drenagem de águas superficiais e de esgotos aos arredores da cidade de Monteiro e o encontro na desembocadura do canal de transposição (à direita), p. 56.

Figura 31 Vista de uma caixa coletora e de uma vala com esgotos que deságuam no Rio Monteiro, p. 57.

Figura 32 Vista da Serra de Jabitacá, com o Pico da Bolandeira ao fundo, em Monteiro, PB, nascente da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, p. 58.

Figura 33 Vista de eletrodomésticos descartados no leito do riacho da nascente do rio Paraíba (A), desmatamento da vegetação ciliar e um poço tipo amazonas (B), p. 59.

Figura 34 Áreas desmatadas para uso com pastagem (A) e plantio de cultivo de subsistência (B), p. 59.

Figura 35. Mapa da drenagem do Rio Monteiro até o Rio Paraíba, p. 60.

Figura 36. Mapa do uso dos solos da Região do Alto Curso do rio Paraíba, p. 61.

Figura 37. Distribuição do percentual de uso do solo no Alto Curso do rio Paraíba, p. 62.

Figura 38 Relação entre as medianas anuais de chuvas e áreas de contribuição individuais da bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba, p. 63.

Figura 39 Relação entre a as vazões potenciais- medianas anuais- e as áreas de contribuições da bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba, p. 64.

Figura 40 Relação entre a população e produção de esgotos que potencialmente drenam na bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba, p. 65.

Figura 41 Vista da degradação ambiental nas margens do Rio Sucurú, afluente do Alto Curso do rio Paraíba, e escoamento de águas residuárias (esgotos), oriundos da cidade de Sumé, PB, p. 66.

Figura 42 Evolução do saneamento básico, com os percentuais da população sem água encanada e banheiro, nas localidades do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba, p. 67.

Figura 43 Evolução do saneamento básico, com abastecimento de água e saneamento básico inadequado, nas localidades do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba, p. 67.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

- AESA** - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
- CAGEPA** - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
- C-BT** - Big Thompson Project Company
- COMASP** - Comitê de Meio Ambiente, Segurança e Produtividade do Sinduscon, São Paulo.
- CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- EBV** – Estação de bombeamento vertical
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografias e Estatística
- IVAS** - Soil Adjusted Vegetation Index
- IVDN** - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
- NASA** - National Aeronautics and Space Administration
- OLI** - Operacional Land Imager
- PERH-PB** - Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba
- PIRSF** - Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional
- PNRH** - Política Nacional de Recursos Hídricos
- RIMA** - Relatório de Impacto Ambiental
- SGI** - Geographic Information System
- SINGREH** - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- SMHS** - Sistema Hidrelétrico das Montanhas de Snowy
- SRTM** - Shuttle Radar Topography Mission
- USGS** - United States Geological Survey

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Transposição entre bacias hidrográficas: experiências Nacional e Internacional	14
2.2 Breve histórico da transposição do rio São Francisco.....	19
2.3 Aspectos técnicos do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PIRSF)	21
2.3.1 Eixo Norte da Transposição do rio São Francisco	24
2.3.2 Eixo Leste da Transposição do rio São Francisco.....	24
2.4 Bacias hidrográficas como unidade para promoção do desenvolvimento	25
2.5 Impactos e degradação ambiental nas bacias hidrográficas: impedimentos para o desenvolvimento regional.	29
2.6 Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto aplicado para estudos de impactos ambientais.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Caracterização da área de estudo.....	37
3.2 Procedimentos metodológicos.....	40
3.3 Aquisição das imagens de Satélite	40
3.4 Processamento Digital das Imagens de Satélite	41
3.5 Determinações das características hídricas e socioambiental do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 Transposição das águas do Rio São Francisco: Eixo Leste	46
4.1.1 Diagnóstico da degradação ambiental no final do canal da transposição e na desembocadura do Alto Curso do rio Paraíba.....	54
4.1.2 Diagnóstico da degradação ambiental da nascente a desembocadura (Eixo Leste).....	61
4.2 Características ambientais do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba	63
4.3 Algumas características hídricas do trecho inicial do Alto Curso	66
5. CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

Desde épocas remotas, o homem usa e degrada os mananciais hídricos, a fim de retirar a água para satisfazer às suas necessidades e viabilizar os seus usos múltiplos. Na maioria dos locais, as demandas de água necessária são, na sua grande maioria, menores que as ofertas. Por isso, alterações nos mananciais hídricos vêm sendo efetivadas, desde a acumulação de água em bacias artificiais, represamento de rios e/ou a transferência de águas de um rio para outro, mediante processo denominado de transposição de águas

A intermitência da maioria dos rios do semiárido nordestino e de outras com características climáticas semelhantes passa a não ser fontes hídricas seguras. Por isso, a principal alternativa para sê-la a de perenizar artificialmente e/ou a transposição e/ou a integração de uma ou mais bacias hidrográficas. No entanto, as intervenções antropogênicas, devido às obras hidráulicas, trazem impactos ao meio ambiente pela construção do “caminho” das águas entre a bacia hidrográfica doadora e a receptora.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), para a maioria da população nordestina, é a principal ou a única solução capaz de disponibilizar água para abastecimento público e, portanto, a segurança hídrica para a região.

As primeiras ideias de integrar as águas da bacia hidrográfica do Rio São Francisco com as bacias do nordeste setentrional surgiram a quase dois séculos, na época do Imperador Pedro II, sendo materializada por volta da década de 1850, cujo plano básico era o de construir dois imensos canais ligando o rio São Francisco às bacias hidrográficas menores do Nordeste, sendo barradas em médios e grandes açudes

Estudos realizados à época, pelo Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (IHGB), mostravam que haveria necessidade de se construir estruturas de condução (canais) e de armazenamento de água (médios e grandes açudes). No entanto, essa obra não saiu do papel e, por isso, a solução foi a de construir pequenos, médios ou grandes reservatórios, em alguns dos estados nordestinos, embora os volumes de águas não fossem suficientes para garantir abastecer a população do semiárido, além da má gestão desses recursos hídricos.

O projeto de transposição das águas do Rio São Francisco, em execução desde 2010, consta de dois eixos: o eixo norte, que deságua em São José de Piranhas (PB) e o eixo Leste, que capta na barragem de Itaparica, Petrolândia, PE, e termina em Monteiro, PB, onde inicia o Alto Curso do rio Paraíba.

Em virtude de uma estiagem prolongada, nos últimos cinco anos (2012-2106), as obras de transposição das águas do Rio São Francisco, em especial, as do Eixo Leste, trazem esperança e segurança hídrica para quase um milhão de habitantes do compartimento da Borborema, que continuarão a ser abastecida pelo açude Epitácio Pessoa (Boqueirão). Para evitar um colapso no abastecimento, essa população foi submetida a um rigoroso racionamento, desde dezembro de 2014, com apenas dois dias de água por semana. Mesmo assim o referido reservatório atingiu o menor volume da sua história (menos de 3,0 %).

Diante disto, houve a necessidade de se efetiva um diagnóstico dos impactos da referida obra, no trecho final do Eixo Leste e a degradação ambiental no início do Alto Curso do rio Paraíba, utilizando-se ferramentas da geotecnologia, associadas às visitas in loco, sendo essas determinações os objetivos principais.

Tendo, ainda os seguintes objetivos específicos:

- a). Diagnosticar a degradação ambiental e os riscos ambientais nos trechos iniciais do Alto Curso do rio Paraíba;
- b). Mapear com modelo digital de elevação do Alto Curso do rio Paraíba, o uso do solo e da cobertura vegetal da superfície drenante, utilizando-se imagens de satélite Landsat 8, sensor Operacional Land Imager;
- c). Determinar o potencial pluvial de vazão e despejos de esgotos no trecho de cinco cidades cujo deflúvio deságua no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba;
- d). Analisar a evolução do saneamento básico nas referidas cidades.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Transposição entre bacias hidrográficas: experiências Nacional e Internacional

A água, além de ser um recurso essencial à vida, ela é um fator importante para o desenvolvimento econômico e social. Essa condição constitui a fonte principal de discussão, conflitos e de interesses não somente de quem tem maior disponibilidade hídrica e menor consumo, como por exemplo, a região amazônica comparada com a do nordeste setentrional, que concentra cerca de 30% da população do país e, em contrapartida, tem apenas 3% dos recursos hídricos.

O povoamento brasileiro, no século XVI, foi se aglomerando nas faixas de terras litorâneas próximas ao oceano Atlântico, onde se desenvolveu o cultivo da cana-de-açúcar no Nordeste e a pecuária, que antes se praticava na Zona da Mata para o sertão.

Numa escala menor (local), os recursos hídricos favorecem a instalação de indústrias e de empresas de prestação de serviços, de sistemas de geração de energia elétrica. Por isso, as primeiras civilizações surgiram às margens de rios e começaram a desenvolver técnicas de hidráulica que permitissem usar água para consumo humano, dessedentação animal e a irrigação.

Do ponto de vista da vida humana, as limitações impostas tanto pelo excesso quanto pela falta de água podem ocorrer em qualquer lugar, por motivos sazonais ou ocasionais. Desde o surgimento do homem na Terra, existe uma modificação na natureza, ou seja, o processo de degradação ambiental.

Ao caminhar por nossa história percebe-se que os problemas socioambientais da atualidade são, na verdade, resultados de um longo processo. Teve início a partir do momento em que “alguns seres humanos se sentiram em condições de subjugar as florestas e os povos que as habitavam a fazer prevalecer seus modos de ser e fazer a vida” (Mendonça, 2005).

Desde épocas mais remotas, o homem atua sobre o sistema hídrico, buscando satisfazer às suas necessidades e viabilizando os seus usos múltiplos. Alterações nos mananciais hídricos vêm sendo efetivadas, desde a acumulação de água em bacias artificiais, represamento de rios e/ou a transferência de águas de um rio para outro, processo esse denominado de transposição de águas.

Nas regiões semiáridas os rios são, em grande escala, intermitentes ou mesmo efêmeros, por isso não são fontes hídricas garantidas. No entanto, os rios podem ser

perenizados, isto é, tornados artificialmente perenes mediante a transposição de bacias (González Cabrera, 2011; citado por Gheyi et al., 2015).

A transposição de águas e/ou de bacias hidrográficas é uma tecnologia que vem desde épocas remotas, cuja finalidade principal é aumentar a oferta de água, viabilizar o uso múltiplo e garantir a segurança hídrica local e regional. Os procedimentos tecnológicos são, em sua maioria, muito complexos para os mananciais hídricos doadores e as alterações nos receptores, desde a acumulação de água em bacias artificiais, no represamento de rios, ou mesmo, na transferência de águas de um rio para outro.

As intervenções antropogênicas no ambiente, com a construção de obras hidráulicas, permitem a “transferência” das águas de uma bacia hidrográfica doadora para uma receptora. Esse procedimento é denominado de transposição de águas, considerada como sendo decisiva para muitas regiões, por permitir e garantir a oferta hídrica (De Villers, 2000).

No Brasil existem vários casos de transferência de água entre bacias. Entre eles, citam-se: (a) a inversão do curso do rio Alto Tietê para a Baixada Santista, executada pela antiga Companhia Light na década de 50; (b) a transposição das águas das cabeceiras do rio Piracicaba para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, executada pelo antigo Comitê de Meio Ambiente, Segurança e Produtividade do Sinduscon/SP – COMASP na década de 70; (c) o sistema Coremas - Mãe d'Água no estado da Paraíba; (d) a transposição do rio Paraíba do Sul, executada também pela Light na década de 50, (e) a transposição de águas da bacia do rio Jaguaribe para a Região Metropolitana de Fortaleza, e (f) a transposição das águas do rio Paraguaçu para abastecimento da Região Metropolitana de Salvador, no estado do Bahia (Azevedo et al., 2005).

Na década de 50, o rio Guandu foi transformado na foz mais recuada do Paraíba, conduzindo considerável parte das águas para a baía de Sepetiba. A mais nova foz foi constituída pelo canal do Vigário, que liga o rio Paraíba, pela margem esquerda, à lagoa do Campelo, que escoas as águas pela foz do rio Guaxindiba. Assim sendo, o rio Paraíba passou a ter uma foz natural e quatro artificiais, criadas para beneficiar interesses econômicos e políticos (SOFFIATI, 2003).

Para enfrentar o problema hídrico da região metropolitana de São Paulo, há quatro pequenas obras de transposição concluídas e/ou em andamento, para aportar água para a bacia hidrográfica do sistema Cantareira. O sistema contará com o aporte das bacias dos Rios Guaió e Grande e da represa de Guarapiranga, com vazão de cerca de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A quarta transposição é o da Bacia do Rio Paraíba do Sul, que é uma pequena obra estruturante, com apenas 19 quilômetros de extensão e vazão mínima de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Esse aporte hídrico dobrara a capacidade

de reserva do sistema Cantareira e, conseqüentemente, aumentara a segurança hídrica da região metropolitana de São Paulo.

A transposição de águas é uma das opções para aumentar a disponibilidade hídrica de uma bacia mediante a importação para uma outra. As transferências entre bacias hidrográficas normalmente têm uma série de dificuldades, que envolvem elevados custos nas obras hidráulicas, impacto e gestão ambiental, além da componente política.

A integração e/ou a transposição entre bacias hidrográficas podem ter implicações positiva e/ou negativa, impactos ambientais, sociais, culturais e econômicos nas bacias doadoras e receptoras. Os aspectos econômicos e ambientais são os mais relevantes, cujos procedimentos estimulam novas abordagens na gestão dos recursos hídricos (Azevedo et al., 2005).

O interesse na construção de sistemas de transferências de água aumenta na medida em que sua disponibilidade diminui. Por isso, projetos dessa natureza existem desde o século XV, como por exemplo, na Espanha (Lund e Israel, 1995).

Tundisi (2003) cita três grandes sistemas de transposição de águas do interior para a costa em funcionamento, consideradas de larga escala espacial, que são os da Califórnia, Israel e Líbia.

Embora exista pouca informação na literatura sobre projetos de transposição, registra-se o da década de 70, pela grande repercussão internacional relacionada à degradação ambiental dos grandes projetos transposição de bacias, destacando-se o de Luxemburgo, em 1977.

Mesmo assim, grandes obras de transposição foram realizadas no mundo, no século XX, as mais emblemáticas foram as do Projeto Colorado-Big Thompson, EUA, realizadas no período da crise econômica norte-americana. Em síntese, o projeto dispõe de 12 reservatórios, 56 quilômetros de túneis e 153 quilômetros de canais para transpor águas do Rio Colorado, a oeste das Montanhas Rochosas para sua vertente leste, em direção ao Rio Big Thompson. A construção durou mais de 20 anos e custou cerca de 1,4 bilhão de dólares (Ministério da Integração Nacional, 2017).

Na Europa, a transposição das águas do Rio Tejo-Segura, na Espanha, para a bacia do Rio Segura, demorou 40 anos (1933 a 1973).

O projeto Chavimochic, no Noroeste do Peru, é uma obra complexa de engenharia hidráulica composta por barragens, túneis, canais abertos, adutoras e sifões enterrados sob as montanhas que transportam água para os locais mais elevados, onde estão os rios que ficam próximos da costa norte peruana. O projeto tem objetivos variados, baseado na derivação de

uma parte das vazões do Rio Santa para incorporar terras novas e a melhoria da irrigação nos vales e intervalos de Chao, Virú, Moche e Chicama, com extensão de cerca de 280 km, com investimentos de cerca de US\$ 960 milhões (Chávez, 2014).

Dentre as grandes obras hídricas mundiais, uma ainda em execução merece destaque, por ser considerada a maior, é a transposição dos rios Yang Tsé, Amarelo, Huaihu e Haihe na China. A vazão prevista para ser transposta é da ordem de 45 bilhões de metros cúbicos de água por ano, cujos canais e outras obras hidráulicas seguem do Sul do continente chinês para o Norte, onde se concentra a maior parte da população, incluindo a capital Pequim.

Atualmente, a busca entre a segurança hídrica de uma região e a tentativa de se garantir o direito, muitas vezes constitucional, do acesso à água vem ditando os projetos de transposição entre bacias. As experiências mundiais, seus acertos e erros, contribuíram para estabelecer padrões técnicos, ambientais e sociais (Azevedo et al., 2005).

Para o referido autor, as peculiaridades geográficas do estado do Colorado, EUA, favoreceram a construção de vários sistemas de transferência de água entre bacias situadas a oeste das Montanhas Rochosas (região mais úmida) para o leste, caracterizadas por escassas precipitações e maiores demandas. A mais antiga das transposições, por gravidade em canais, é a do Grand River Ditch Project, construída em 1892, do rio Colorado para o rio Cache La Poudre.

O Big Thompson Project (C-BT) inclui um conjunto de 12 reservatórios, 56 km de túneis, 153 km de canais e transpõe as águas do rio Colorado para sua vertente leste em direção ao rio Big Thompsoné. Para Porto (2000), citado por Azevedo et al., (2005) é um importante exemplo de sucesso em gestão de recursos hídricos.

O Sistema Hidrelétrico das Montanhas de Snowy (SMHS), na Austrália, foi construído entre 1949 e 1974, e tem a finalidade de coletar e armazenar água, que normalmente fluiria do leste para o litoral, sendo desviada do rio Snowy para os Murraye Murrumbidgee. O objetivo principal é para irrigação, geração de energia e o abastecimento urbano do sudeste australiano. O SMHS consta de 16 reservatórios, 7 usinas, 1 estação de bombeamento, 145 km de túneis e 80 km de adutoras. Atualmente o sistema continua a exercer um papel vital no crescimento e no desenvolvimento da economia nacional, abastecendo mais de 70% de toda a energia renovável disponível para o leste do país (SHRE, 2017).

O projeto de Transferência de Água de Wanjiashai “Wanjiashai Water Transfer Project”, na China, foi construído com o objetivo de melhorar o abastecimento e a qualidade da água, reduzir o consumo de água subterrânea, aumentar o desenvolvimento econômico, atenuar a pobreza e aliviar a escassez hídrica de três áreas industriais: Taiyuan, Pingsuo e

Datong. Desde os primeiros estágios de implantação, em 1998, o projeto contou com a realização de reformas institucionais, medidas de controle da poluição, manejo de resíduos industriais, coleta de esgoto e estratégia de tratamento (WBG, 2017).

Um acordo binacional, celebrado entre os governos de Lesotho e o da África do Sul, em 1986, viabilizou a implementação do “Lesotho Highlands Water” com o objetivo de exportar $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ de água, até 2020, do rio Senqu em Lesotho, para a bacia do rio Vaal, localizada na província industrial de Gauteng, na África do Sul.

Com o descreveram Azevedo et al., (2005), o projeto foi inovador na criação do Fundo de Arrecadação pela Água das Montanhas de Lesotho, onde, inicialmente, toda arrecadação proveniente dos royalties recebidos era destinada ao fundo que financiava projetos de desenvolvimento e combate à pobreza nas áreas afetadas.

Na Europa, onde o direito de uso da água superficial é concedido pela autoridade da bacia ou agência pública, tem sido desenvolvidos acordos de transferências envolvendo fluxos de água em larga escala. Citam-se, como exemplos, Rhone-Barcelona e Tajo-Segura, na Espanha, ambas para abastecimento urbano e irrigação (Ballester, 2004). Novos projetos de transposição estão sendo propostos para atender à crescente demanda da costa mediterrânea da Espanha e estão refletidos no novo Plano Hidrológico Nacional (Azevedo et al., 2005)

Nas várias regiões aonde existe integração de bacias tem-se resultados satisfatórios, embora haja também críticas. Mas o fato é que regiões semiáridas os rios são em grande maioria temporários por isso não oferecem a segurança hídrica para a população que deles dependem porém é possível perenizá-los artificialmente mediante a interligação com rios perenes. Uma das técnicas se dá por meio da transposição de águas entre bacias hidrográficas (González Cabrera, 2011; citado por Gheyi et. al., 2015).

Sabe-se que a integração entre bacias hidrográficas acarreta implicações de ordem positiva e negativa, ocasionando impactos nas bacias doadoras e receptoras, mas, os aspectos econômicos são os mais relevantes, cujos procedimentos estimulam novas abordagens na gestão dos recursos hídricos (Azevedo et. al., 2005).

Grandes obras de transposição já foram realizadas no mundo, principalmente no século XX. A principal delas é o Projeto Colorado-Big Thompson, EUA, que foi realizada no período da crise econômica norte-americana. O projeto é composto por reservatórios, 56 quilômetros de túneis e 153 quilômetros de canais para transpor águas do Rio Colorado, no oeste das Montanhas Rochosas para sua vertente leste, em direção ao Rio Big Thompson.

O projeto levou mais de 20 anos para ser concluído e custou para o governo norte-americano cerca de 1,4 bilhão de dólares (BRASIL, 2017).

Outro grande projeto hídrico que está sendo realizado aqui na América do Sul é o projeto de Transposição do rio Huancabamba. Localizado nos Andes Peruano, a obra consiste de um túnel de 20 quilômetros, escavado na rocha, para transportar as águas do rio Huancabamba para região de Lambayeque, uma das mais pobres do Peru.

Uma que merece destaque é a transposição dos rios Yang Tsé, Amarelo, Huaihu e Haihe na China. Os canais e outras obras hidráulicas vão do Sul do território chinês para o Norte, no litoral onde se concentra a maior parte da população, transportando 45 bilhões de metros cúbicos de água por ano para abastecer a economia e a população que mais cresce no mundo.

As primeiras ideias de integração das águas do Rio São Francisco para as bacias do nordeste setentrional já têm quase dois séculos. A prioridade é aumentar a disponibilidade de água para consumos humano e animal, ficando a gestão para os Estados que irão estabelecer quem poderá usar a água para irrigação. Esta concepção baseia-se na do Projeto de Transposição do Rio Colorado, Estados Unidos (SMITH, 2000).

2.2 Breve histórico da transposição do rio São Francisco

No Brasil, desde os tempos coloniais, que a construção de açudes, barragens, cisternas entre outros são utilizadas em grande escala. No entanto, nenhuma obra foi tão polêmica que a transposição das águas do Rio São Francisco.

A primeira ideia de projeto foi da época do Imperador Pedro II, por volta de 1840, e somente no ano de 2017 que a obra começa a ser entregue (BRASIL, 2004; ARAÚJO NETO, 2014).

O Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (IHGB), em 1859, fez o primeiro relato científico para apontar as soluções para amenizar os efeitos da seca no Nordeste. Desses estudos, concluiu-se na época, que para melhorar a vida da população local seriam necessárias construir estruturas para o transporte e armazenar água, por meio de canais e açudes no Nordeste (ARAÚJO NETO, 2014).

Henkes (2014) cita que a primeira ideia proposta pelo ouvidor José Raimundo dos Passos Barbosa, em 1818, foi a de uma abertura (canal) que levasse água do rio São Francisco ao Rio Jaguaribe no Ceará. Os elevados custos das obras, a ideia foi abandonada.

Em 1847, essa ideia foi novamente retomada pelos intelectuais do Império Brasileiro de Dom Pedro II, ao comentar, mais uma vez, a transposição das águas do Rio São Francisco é a solução da seca do nordeste brasileiro. No entanto, somente em 1856, uma comissão

científica, liderada pelo Barão de Capanema, foi enviada para estudar o problema da seca e, portanto, a ideia ficava mais nítida da necessidade da execução da obra. Mesmo que tenha se debatido as sugestões da referida comissão, não há registros técnicos e/ou orçamentários.

Um dos primeiros registros do Governo Imperial, sobre o Rio São Francisco, foi publicado em 1860, com o título “Atlas de relatório concernente à exploração do rio São Francisco desde a cachoeira da Pirapora até ao Oceano Atlântico” (VILLA, 2004, citado por Henkes, 2014).

Neste estudo, o Engenheiro Halfeld defendeu a ideia de transpor as águas do rio São Francisco para o rio Jaguaribe, identificando o ponto para a retirada das águas em Cabrobó (PE) (LEITE, 2005, p. 7, citado por Henkes, 2014).

O tema da transposição voltou à discussão em 1886, quando o engenheiro cearense, Tristão Franklin Alencar, reativou a ideia, mas foi novamente abandonada (Castro, 2011).

Decorridos quase um século depois, já no século XX (1985), o projeto foi oficialmente concebido pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Em agosto de 1994, no governo do presidente Itamar Franco, os estudos sobre o potencial hídrico das bacias das regiões semiáridas dos estados do Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba eram de interesse da União.

Uma década após, pouco ou nada foi feito, mas repassava-se a responsabilidade pelo projeto para o Ministério da Integração Nacional em 1999, com a participação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (HENKES, 2014).

O Ministério da Integração Regional iniciou o processo de licenciamento ambiental, através do termo de referência para a elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental, previstos pela Legislação Ambiental Brasileira. Em junho de 1996, o Ministério do Planejamento e Orçamento requereu a concessão da licença prévia para o empreendimento (licenciamento iniciado no Governo Itamar).

No governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso (1995), foi assinado o documento "Compromisso pela Vida do São Francisco" que propôs a revitalização do rio e a construção dos canais de transposição: o Eixo Norte, o Eixo Leste, Sertão e Remanso. Ainda, foi criado em seu governo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) e o Projeto de Conservação e Revitalização da Bacia Hidrográfica do São Francisco (BAHIA, 2006, VILLA, 2004, citado por Henkes, 2014).

Devido às várias falhas encontradas no EIA/RIMA, o Ministério Público atendendo a representação criminal e ação por improbidade administrativa no Ministério Público Federal do Distrito Federal contra o presidente e o diretor do licenciamento do Ibama, o projeto de

transposição e o licenciamento foi embargado (BAHIA, 2006, p. 1-4, citado por Henkes, 2014).

O presidente Luiz Inácio Lula da Silva (2003-2006), incorporou a ideia da transposição e o elegeu como a principal obra do seu governo. Um novo Estudo de Impacto Ambiental foi apresentado pelo Ministério da Integração Nacional ao Ibama, em 2004. Mesmo contendo pontos convergente e divergente, o principal documento do Projeto de Transposição do Rio São Francisco estava pronto.

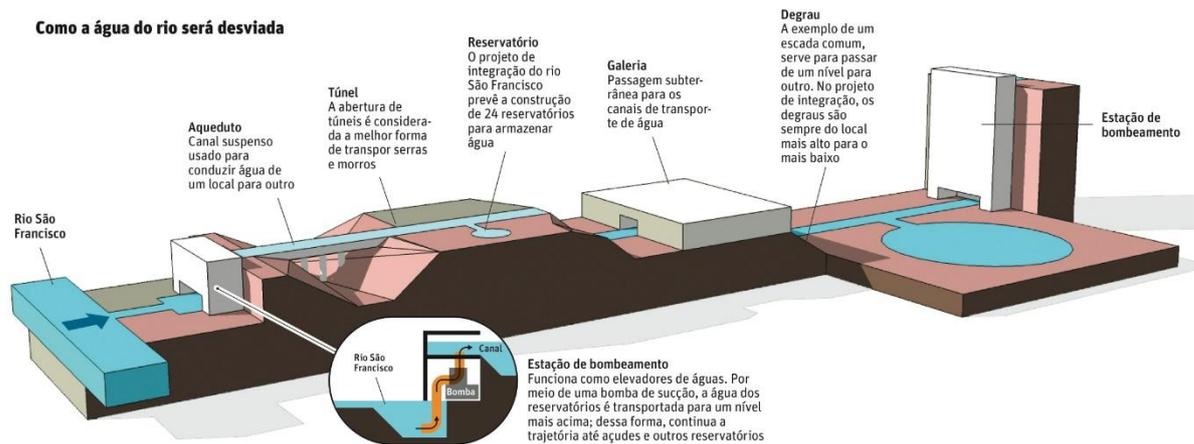
Henkes (2014) relata que a diferença na execução do projeto foi à decisão política do Governo Federal e de alguns governos estaduais, da necessidade da execução da obra não somente pelas boas condições econômicas nas quais o país passava, mas pelas novas tecnologias.

Mesmo assim, as obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) só foram iniciadas em 2007, apesar das duras críticas, obstáculos e protestos. Acredita-se que a conclusão ainda dura, pelo menos, mais um ano, mas há trechos parcialmente concluídos, como o Leste, inaugurado em março de 2017.

2.3 Aspectos técnicos do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PIRSF)

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PIRSF) é a maior obra da Política Nacional de Recursos Hídricos, com o objetivo de garantir a segurança hídrica para mais de 390 municípios do Nordeste Setentrional, que enfrentam dificuldades de abastecimento de água para consumo humano e animal.

O PIRSF, além de recuperar 23 açudes do entorno das bacias receptoras, construirá outros 27 reservatórios, quatro túneis, 14 aquedutos e 9 estações de bombeamento, no trecho de 477 quilômetros de extensão, denominados de eixos Norte e Leste (Figura 1).



Fonte: RIMA 2004.

Os canais dos dois eixos deságuam no território paraibano, o eixo norte, o ponto de captação é no município de Cabrobó (PE) deságua em São José de Piranhas (PB), e o Leste, inicia na barragem de Itaparica (Petrolândia, PE) e termina em Monteiro, PB (BRASIL, 2004).

A Figura 3 exemplifica a forma de construção dos canais de concreto impermeável abertos, no formato trapezoidal. Essas estruturas hidráulicas conduziram água até um reservatório, onde será armazenada.

Figura 3. Vista do canal do eixo Leste de transposição do Rio São Francisco, entre Custódia-PE e Monteiro-PB.



Fonte: site: <http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/09/>. Acesso em: em 12/05/2016.

Nas proximidades dos seis reservatórios há as respectivas estações de bombeamento vertical de água (EBV), que capta do canal de aproximação e eleva a uma altura necessária a fluir por gravidade até a EBV seguinte (Figura 4).

Figura 4. Vista de uma estação de bombeamento da transposição (EBV) do Rio São Francisco.



Fonte: site: <http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/09/>. Acesso em: em 13/04/2017.

2.3.1 Eixo Norte da Transposição do rio São Francisco

Os canais de transposição das águas do Rio São Francisco preveem retirar uma vazão de apenas 1,4% da vazão de 1 850 m³/s do São Francisco, têm 477 quilômetros de extensão em dois eixos: Norte e Leste.

O Eixo Norte tem um percurso de cerca de 260 km, com ponto de captação de água próximo à cidade de Cabrobó, PE. As águas serão transpostas aos rios Salgado e Jaguaribe até os reservatórios de Atalho e Castanhão no Ceará; no Rio Apodi, Rio Grande do Norte; Rio Piranhas-Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte, chegando aos reservatórios de Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, na Paraíba, e Armando Ribeiro Gonçalves, Santa Cruz e Pau dos Ferros, no Rio Grande do Norte.

2.3.2 Eixo Leste da Transposição do rio São Francisco

O Eixo Leste foi projetado para ampliar a oferta hídrica e garantir abastecimento a cerca de 4,5 milhões de pessoas em 168 municípios nos estados de Pernambuco e da Paraíba. O sistema de adução do referido eixo é composto por seis estações de bombeamento (EBV), cinco aquedutos, um túnel, uma adutora e 12 reservatórios (Ministério da Integração, 2017).

No eixo leste há outros ramais que transpõem água para as bacias dos rios Pajeú e Moxotó, no agreste de Pernambuco, com 70 km de extensão e interliga o Eixo Leste à bacia do rio Ipojuca. A vazão máxima prevista para o referido eixo é de 28 m³. s-1, embora a vazão média operacional seja de 10 m³. s-1. Da captação na barragem de Itaparica, a água é elevada

a uma altura de 61 metros na primeira estação de bombeamento (EBV-1, Figura 5), passa pelo aqueduto na BR-316 e é barrada no reservatório de Areias.

Figura 5. Imagem da 1ª Estação de Bombeamento no Eixo Leste, na barragem Itaparica, PE.



Fonte: site: <http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/09/>. Acesso em: em 13/04/2017.

A EBV-2 eleva, novamente, a água a altura de 43,1 m, onde a água escoa por gravidade até os reservatórios Braúnas e Mandantes, na terceira estação de elevação. O procedimento continua na EBV-3, elevando 63,0 m e seguindo por gravidade até o município de Betânia. A quarta e quinta estação elevatória (EBV-4 e EBV-5), eleva 59 m e 41,0 m, passa por vários reservatórios até o reservatório Barreiro.

A última EBV-6 eleva 63,0 m de altura, permitindo que água escoe passando pelos reservatórios Campos e Barro Branco, Túnel Engenheiro Giancarlo e pela Adutora Monteiro, até chegar ao fim do Eixo Leste do Projeto de Integração.

O canal de transposição do eixo Leste tem uma extensão de 217 km, dos quais 202 km se estendem pelo território pernambucano, e a captação da água é na barragem de Itaparica, município de Floresta, PE. Na Paraíba, o final desse canal deságua no leito do Alto Curso do rio Paraíba, em Monteiro, a partir deste ponto as águas fluirão por gravidade e serão interceptadas pelos açudes de Poções (Monteiro), Camalaú (Camalaú) e Eptácio Pessoa (Boqueirão).

2.4 Bacias hidrográficas como unidade para promoção do desenvolvimento

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação pluvial que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Por isso, uma bacia hidrográfica resulta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formadas por cursos de água que confluem num leito único (principal) denominado de exutório (TUCCI,

2006). Na realidade, uma bacia resulta de um sistema unitário de interação da água com o meio físico, biótico, social, econômico e cultural (Yassuda, 1993).

As bacias separam-se uma das outras pelos divisores de água, que são elevações (interflúvios) que dividem sub-bacias hidrográficas. Dessa forma, cada bacia é interligada à outra de ordem hierárquica superior, constituindo-se, em relação à última, em uma sub-bacia (ARAÚJO, 2005, p. 59).

A função social e econômica de uma bacia hidrográfica deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do estado da Paraíba, perdendo apenas para a do Rio Piranhas e abrange 38% do território paraibano. Nasce na Serra de Jabitacá (pico da Bolandeira), com altitude de 1079 m, com o nome de Rio do Meio, localizada na divisa entre os municípios de Monteiro, PB, e Sertânia, PE.

As abordagens de planejamento e gestão dessa bacia hidrográfica, como unidade básica de estudo, são mais adequadas para compatibilizar a produção com a preservação ambiental; por ser unidade geográfica natural, cujos limites geográficos são os divisores de água. Por isso, as populações residentes as suas margens são, ao mesmo tempo, causadoras e vítimas da própria degradação ambiental (SOUZA, 2000).

Na realidade há dificuldades para gerir o espaço geográfico no entorno da bacia hidrográfica. Assim sendo, o principal fator desta dificuldade é a gestão compartilhada com a administração pública, os órgãos de saneamento e as demais instituições relacionadas às atividades agrícolas e ambientais (PORTO e PORTO, 2008).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (Teodoro et al., 2007) e inicia-se pela hierarquização fluvial, para então determinar-se a análise dos aspectos linear, areal e hipsométrico (Christofolletti, 1980).

No entanto, para fins de estudo de dimensionamento geoespacial, recomenda-se uma área menor, denominada de sub-bacia (SOUZA, 2002) ou um outro modelo de divisão, como a do trecho do alto curso da Bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Essas subdivisões de acordo com Christofolletti (1974) são importantes para analisar a hierarquização de uma bacia hidrográfica. A rede fluvial ou rede de canais é o padrão inter-relacionado de drenagem formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura, da referida rede

A gestão dos *recursos hídricos*¹ para ser efetiva, deve ser integrada aos demais recursos naturais e considerar além do aspecto ambiental os aspectos físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração se sugere que a gestão se baseia em estudo ambientais levando em consideração as características morfométricas das bacias hidrográficas.

De acordo com a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), “*a bacia hidrográfica é sistema de administração de recursos hídricos que irá atender as necessidades regionais*”.

Portanto, a análise da disponibilidade qualitativa e quantitativa, bem como do papel da água em bacias hidrográficas próximas a aglomerados urbanos apresenta aspectos importantes a serem considerados. (REBOUÇAS, 2006).

Segundo Magalhaes Jr:

As bacias hidrográficas vêm sendo adotadas como preferenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, cuja modernização dos modelos de gestão, a partir de 1980, passou a incorporar o conceito de sustentabilidade, fazendo com que a gestão ambiental e da água tivessem sua importância reforçada nas políticas públicas de desenvolvimento (MAGALHÃES JR. 2007).

Corroborando com a perspectiva de integração, Rodriguez, Silva e Leal (2011), relataram que o planejamento das bacias hidrográficas vem se alterando conceitualmente, primeiro com o enfoque no manejo de águas, depois com uma concepção da bacia como a conjunção de fatores ambientais e, mais recentemente, com uma visão de planejamento ambiental integrado.

A reflexão deve partir sempre de uma abordagem, na qual, para qualquer realidade estudada, pode-se conceber uma estrutura de análise sistêmica, considerando categorias como estrutura, elemento, meio, relações, intensidade (RODRIGUEZ, 2008).

O horizonte para o qual o autor sugere é “para um estudo integrado de bacias hidrográficas, deve levar em consideração todos os componentes do meio - como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima”. A partir dessa interação e incluindo-se aqui o elemento social, permite estudar e compreender a dinâmica ambiental e, conseqüentemente, a proposição de mecanismos de planejamento e gestão ambiental.

A bacia hidrográfica surge como a unidade territorial ideal para a gestão das águas no Brasil e se deu a partir da Lei Federal 9.433/97, tendo a sua importância, segundo Tucci (1997), quando afirma:

¹ Água e recursos hídricos neste trabalho são considerados sinônimos segundo o texto da Lei 9.433, de 1997.

É sobre o território da bacia hidrográfica que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos, que veio a partir da Lei 9433/97, busca assegurar a disponibilidade hídrica para todos os seus usuários de forma racional, sempre evitando o desperdício e procurando minimizar os conflitos através da gestão descentralizada e participativa.

A PNRH, através do seu Art. 5º pauta-se nos seguintes instrumentos:

I - Os Planos de Recursos Hídricos (PRH);

II - O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos Preponderantes da água;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - A cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - A compensação a municípios;

VI - O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

O desenvolvimento sustentável, de acordo com Sachs (2004), é estruturado a partir de cinco bases: o Social, o Ambiental, o Territorial, o Econômico, e a Política.

Neste sentido, o desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem, que orientado por políticas públicas por meio de um plano de desenvolvimento nacional. Sendo assim, os diversos interesses da sociedade (os agentes sociais) podem gerar limitações para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário um planejamento que direcione de forma participativa poder público e sociedade, por meio de ações conscientes uso dos recursos naturais finitos de forma racional.

Nesse entendimento o desenvolvimento sustentável, por meio desta política, irá contribuir positivamente para o crescimento ordenado de uma determinada região. Desde que se busque trabalhar de forma integrada os valores econômicos, sociais e ambientais, visando desenvolvimento social e/ou humano com a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

Compreendendo o conceito de desenvolvimento fica mais fácil a elaboração e implementação de um plano de desenvolvimento regional. Defendemos aqui, que as dimensões (o Social, o Ambiental, o Territorial, o Econômico, e a Política) de Sachs estão presentes nas ações sociais sobre o território, e este na área da bacia hidrográfica.

Dessa forma, para haver a firmação do desenvolvimento regional é necessária a participação efetiva dos atores sociais onde os mesmos possam construir uma relação socialmente justa e ambientalmente equilibrada.

Para isso, Sánchez (2006, p. 21), relata que:

“Ambiente é o meio de onde a sociedade extrai os recursos essenciais à sobrevivência e os recursos demandados pelo processo de desenvolvimento socioeconômico. Esses recursos são geralmente denominados naturais, por outro lado, o ambiente é também o meio de vida, de cuja integridade depende à manutenção de funções ecológicas essenciais à vida”.

No entanto essa ideia de desenvolvimento está ligada ao nível de crescimento econômico e da exploração dos recursos naturais disponíveis. Esse entendimento é percebido nos múltiplos usos da área da bacia hidrográfica.

O uso e o descarte inapropriado da água nos cursos da bacia, o uso do solo e da vegetação disponível da bacia onde são descartados os resíduos produzidos pela sociedade no seu entorno.

O desenvolvimento sustentável é uma prioridade do século XXI, mas sua total apreensão pelos membros de cada comunidade que formam a grande comunidade global necessita de conhecimentos que contribuam para melhorar das suas percepções com relação aos problemas ambientais, sociais e econômicos que os envolvem. Ao atingirem tal nível de conhecimento, será possível modificar as suas atitudes.

2.5 Impactos e degradação ambiental nas bacias hidrográficas: impedimentos para o desenvolvimento regional.

O conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental resulta do conhecimento das relações entre as suas características morfométricas e a quantidade e qualidade da água que é barrada superficialmente.

Impacto ambiental numa bacia hidrográfica é a alteração no meio ambiente ou em algum de seus componentes por ação ou atividade humana. Já, o estudo de impacto ambiental é um relatório técnico onde se avaliam as consequências para o ambiente decorrente de execução de um determinado projeto.

A degradação ambiental é o processo no qual acarreta a diminuição da capacidade do ecossistema em sustentar a vida, ou seja, está relacionado às alterações biofísicas que afetam o equilíbrio ambiental, modificando a fauna e flora natural. Trata-se de uma terminologia usada para classificar e qualificar os danos causados ao ambiente, por ação natural ou

antrópica, fazendo com que este ambiente sofra a perda de suas propriedades naturais e produtivas (MEDEIROS, 2008).

Tais impactos podem ser induzidos pela ação antrópica, por práticas de desmatamentos, da agricultura predatória, do mau uso dos recursos naturais, especialmente, pela retirada da mata ciliar. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 001/86 art. 1º), o define como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas da ambiência, causadas por atividades humanas.

As microrregiões do Cariri e Seridó do Estado da Paraíba são recortes territoriais com limitações ecológica, econômica e susceptível à degradação ambiental. Embora seja o estado com maior percentual de áreas com degradação muito grave (Oliveira et al, 2009), a microrregião do Seridó, por exemplo, apresenta índices de 44,86% de gradação grave e de 2,24% muito grave (Candido, Barbosa & Silva, 2002).

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba, em particular, a do Alto curso tem características morfométricas diversificadas, cuja forma geométrica desse seguimento é retangular (figura geométrica de área mínima) e, portanto, menos suscetível às enchentes. As altitudes aumentam gradualmente tanto no sentido leste/oeste quanto sul e comprimento do rio principal é de 198 km (Marinho e Almeida, 2013).

O referido trecho do alto curso é o mais vulnerável aos impactos ambientais e antropogênicos, por ser o que apresenta maior variabilidade no regime pluvial e o mais seco, condições essa que favorecem a degradação ambiental, além de ser a mais afetada pelas ações antrópicas.

De uma forma geral, o nível de degradação ambiental das bacias hidrográficas brasileiras, decorre da falta de comprometimento ambiental e da inadequação de políticas públicas. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no seu artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, considera a necessidade de se estabelecer as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e Avaliação de Impacto Ambiental, como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Na Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, considera impactos ambientais, de acordo com o Artigo 1º, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;

IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - A qualidade dos recursos ambientais

O processo de ocupação do Alto Curso do rio Paraíba é marcado, historicamente, pela intensa exploração dos recursos naturais e da supressão da vegetação nativa e ciliar, com destaque para a agropecuária e expansão da urbanização. Além disso, agrava-se ainda pela constituição geológica, o regime irregular de chuvas e o uso inadequado da prática da irrigação (AESAs, 2006).

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação pluvial que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Por isso, uma bacia hidrográfica resulta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formadas por cursos de água que confluem num leito único (principal) denominado de exutório (TUCCI, 2006). Na realidade, uma bacia resulta de um sistema unitário de interação da água com o meio físico, biótico, social, econômico e cultural (Massuda, 1993).

De uma forma geral, o nível de degradação ambiental das bacias hidrográficas brasileiras, decorre da falta de comprometimento ambiental e da inadequação de políticas públicas. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no seu artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, considera a necessidade de se estabelecer as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e Avaliação de Impacto Ambiental, como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Nesse sentido, o estudo de impacto ambiental é um relatório técnico que serve como um meio de se avaliar as principais causas e os efeitos/consequências para o meio ambiente decorrente dessa alteração, no caso de grandes empreendimentos ou, alterações que geralmente ocorrem por meio das ações de ordem social e econômicas por determinado período ou por um longo e lento processo de ocupação e exploração dos recursos naturais disponíveis na bacia hidrográfica.

O processo de ocupação do Alto Curso do rio Paraíba é marcado, historicamente, pela intensa exploração dos recursos naturais e da supressão da vegetação nativa e ciliar, com destaque para a agropecuária e expansão da urbanização. Além disso, agrava-se ainda pela constituição geológica, o regime irregular de chuvas e o uso inadequado da prática da irrigação (PERH-PB, 2006).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do estado da Paraíba, perdendo apenas para a do Rio Piranhas e abrange 38% do território Paraibano. Nasce na Serra de Jabitacá (pico da Bolandeira), com altitude de 1079 m, com o nome de Rio do Meio, localizada na divisa entre os municípios de Monteiro, PB, e Sertânia, PE.

As abordagens de planejamento e gestão dessa bacia hidrográfica, como unidade básica de estudo, são mais adequadas para compatibilizar a produção com a preservação ambiental; por ser unidade geográfica natural, cujos limites geográficos são os divisores de água. Por isso, as populações residentes as suas margens são, ao mesmo tempo, causadoras e vítimas da própria degradação ambiental (SOUZA, 2000).

Na realidade há dificuldades para gerir o espaço geográfico no entorno da bacia hidrográfica. Assim sendo, o principal fator desta dificuldade é a gestão compartilhada com a administração pública, os órgãos de saneamento e as demais instituições relacionadas às atividades agrícolas e ambientais (PORTO e PORTO, 2008).

A gestão para ser efetiva, deve ser integrada aos demais recursos naturais e considerar além do aspecto ambiental os aspectos físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração se sugere que a gestão se baseia em estudo ambientais levando em consideração as características morfométricas das bacias hidrográficas.

De acordo com a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), “*a bacia hidrográfica é sistema de administração de recursos hídricos que irá atender as necessidades regionais*”.

Portanto, a análise da disponibilidade qualitativa e quantitativa, bem como do papel da água em bacias hidrográficas próximas a aglomerados urbanos apresenta aspectos importantes a serem considerados. (REBOUÇAS, 2006).

Segundo Magalhaes Jr:

As bacias hidrográficas vêm sendo adotadas como preferenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, cuja modernização dos modelos de gestão, a partir de 1980, passou a incorporar o conceito de sustentabilidade, fazendo com que a gestão ambiental e da água tivessem sua importância reforçada nas políticas públicas de desenvolvimento (MAGALHÃES JR. 2007).

Corroborando com a perspectiva de integração, Rodriguez, Silva e Leal (2011), relataram que o planejamento das bacias hidrográficas vem se alterando conceitualmente, primeiro com o enfoque no manejo de águas, depois com uma concepção da bacia como a conjunção de fatores ambientais e, mais recentemente, com uma visão de planejamento ambiental integrado.

A reflexão deve partir sempre de uma abordagem, na qual, para qualquer realidade estudada, pode-se conceber uma estrutura de análise sistêmica, considerando categorias como estrutura, elemento, meio, relações, intensidade (RODRIGUEZ, 2008).

O horizonte para o qual o autor sugere é “para um estudo integrado de bacias hidrográficas, deve levar em consideração todos os componentes do meio - como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima”. A partir dessa interação e incluindo-se aqui o elemento social, permite estudar e compreender a dinâmica ambiental e, conseqüentemente, a proposição de mecanismos de planejamento e gestão ambiental.

Neste contexto, percebe-se o que motivou a legislação ambiental brasileira o considerar a bacia hidrográfica como unidade primeira de estudos ambientais.

As microrregiões do Cariri e Seridó do Estado da Paraíba são recortes territoriais com limitações ecológica, econômica e susceptível à degradação ambiental. Embora seja o estado com maior percentual de áreas com degradação muito grave (Oliveira et. Al., 2009), a microrregião do Seridó, por exemplo, apresenta índices de 44,86% de gradação grave e de 2,24% muito grave (Candido, Barbosa & Silva, 2002).

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba, em particular, a do Alto curso tem características morfométricas diversificadas, cuja forma geométrica desse seguimento é retangular (figura geométrica de área mínima) e, portanto, menos suscetível às enchentes. As altitudes aumentam gradualmente tanto no sentido leste/oeste quanto sul e comprimento do rio principal é de 198 km (Marinho e Almeida, 2013).

O referido trecho do Alto Curso é o mais vulnerável aos impactos ambientais e antropogênicos, por ser o que apresenta maior variabilidade no regime pluvial e o mais seco, condições essa que favorecem a degradação ambiental, além de ser a mais afetada pelas ações antrópicas.

2.6 Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto aplicado para estudos de impactos ambientais.

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para armazenar e analisar a evolução temporal dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem e no uso da terra.

Uma das maiores dificuldades para a gestão de uma bacia hidrográfica é a conciliação entre os programas conservação e a exploração econômica. Muitas vezes, os proprietários ribeirinhos, salvo raras exceções, são pouco sensíveis aos aspectos da conservação do solo e da água (VALENTE e CASTRO, 1983).

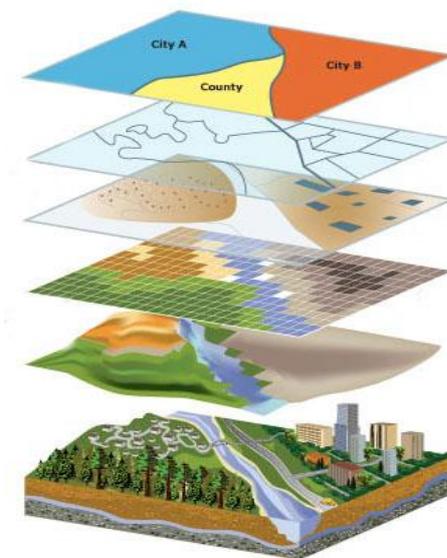
As geotecnologias como sendo um conjunto de tecnologias (Geoprocessamento, sensoriamento remoto, SIG, cartografia digital, dentre outras), têm como fundamentos principais a coleta, o processamento e análise com referência geográfica (Guerra, 2006; Marques, 2007), embora o Sensoriamento Remoto e SIG, por exemplo, sejam cada vez mais interligadas (Florenzano, 2002).

O geoprocessamento surgiu como uma tecnologia para manipular dados espaciais georreferenciados em sistemas computadorizados, utilizando-se as ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (CÂMARA et. al., 1998).

O termo GIS, na língua portuguesa é uma tradução de SGI (*Geographic Information System*), advém de “um sistema de informação geográfica” que utiliza uma base de dados computadorizada com informação espacial (Teixeira et. al., 1992), mas nem todas as informações processadas por um sistema GIS são geográficas.

Bossle (2015) demonstra que existe uma série de dados que vão além das informações geográficas que podem ser usados em SIG, tais como fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas, enquadradas na primeira categoria e as tabelas e planilhas, na segunda. Os dados gráficos são representados no SIG de duas formas distintas: raster (matricial) e vetorial, como mostra o fluxograma da Figura 6.

Figura 6. Fluxograma com a representação de dados espaciais em SIG.



Fonte: <http://engtec.srv.br/images/sig.jpg>

No SIG existem diferentes técnicas de análise de dados espaciais (seleções), buscando obter respostas para questões cruciais: localização, condição, tendências e predição ou modelagem (Bossle, 2015). Inúmeras pesquisas têm dado ênfase em técnicas de análise

integrada visando à gestão de recursos naturais, tais como: zoneamentos ambientais, planejamento da expansão urbana, mapeamentos geológicos e geomorfológicos, dentre outros.

Nessa perspectiva, tem-se tornado cada vez mais reconhecido o Sensoriamento Remoto como importante ferramenta de análise ambiental, uma vez que seu uso se constitui numa maneira produtiva e econômica de obtenção de dados do espaço geográfico, em diferentes escalas de análise.

Com base no desenvolvimento dessa técnica, MENESES e ALMEIDA (2012) aplicaram no estabelecimento da caracterização ambiental de uma área, mediante a geração de vários produtos como modelos digitais de elevação (MDE), estimativa da vegetação e outros. As imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) são amplamente difundidas e utilizadas como método de análise e resultam em modelos tridimensionais com amplitude da grade de 30 m (SRTM 1) e 90 m (SRTM 3), com 90% de confiança (MEDEIROS et. al., 2009)

SINGH (1989) detectou a mudança e identificou as alterações na superfície terrestre, utilizando-se imagens de satélite em diferentes datas, por que alterações na cobertura terrestre alteraram os valores de irradiância detectadas pelos sensores presentes nos satélites.

O satélite Landsat 5, lançado pela NASA e *United States Geological Survey* (USGS), em 1 de março de 1984, utiliza os sensores TM e *multispectral scanner* (MMS). De acordo com a NASA (2010), as imagens provenientes do sensor TM, são processadas em três bandas no espectro do visível (1 a 3), uma no infravermelho próximo (4), duas no infravermelho médio (5 e 7) e uma no infravermelho termal (6).

As técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) podem ser divididas em três passos: Pré-processamento, realce e classificação das imagens. O pré-processamento consiste na maior parte das transformações da imagem visando à melhoria de contraste e remoção de ruído, entre outros. O realce visa a melhoraria da qualidade visual e as técnicas de classificação, que permitem a identificação automática de objetos a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza, sendo comumente utilizado Índices de Vegetação para detecção de mudança (BITTENCOURT, 2011).

Os Índices de Vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo, do espectro eletromagnético que visam minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos. Os mais comuns utilizam a informação contida nas refletâncias de dosséis, combinadas sob a forma de razões (EPIPHANIO et. al., 1996).

As faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas por conterem mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação (ROSA, 2003). Contudo, a quantidade de radiação refletida no vermelho e no infravermelho próximo que chega ao sensor, originária da vegetação, muda conforme a irradiância solar, estrutura e composição do dossel, substrato, além das condições atmosféricas (EPIPHANIO et. al., 1996).

Como não é indicado usar somente a medida da energia refletida para quantificar parâmetros biofísicos da vegetação (SILVA, 2004), a reflectância espectral tem sido transformada e combinada em vários índices (PONZONI, 2007).

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) tem sido usado para minimizar os efeitos solo, no sinal captado pelo sensor da vegetação, pois esse tem influência direta na radiação proveniente dos dosséis. Esse índice possui um fator L de ajuste no denominador da equação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) que é responsável por várias características da reflectância do solo, de acordo com a densidade da vegetação (HUETE, 1988).

Como o bioma Caatinga a densidade é de baixa a intermediária, o IVAS é o Índice que melhor se adequa diante das variabilidades descritas de densidade, tal como demonstram os estudos de Silva et. al. (2004).

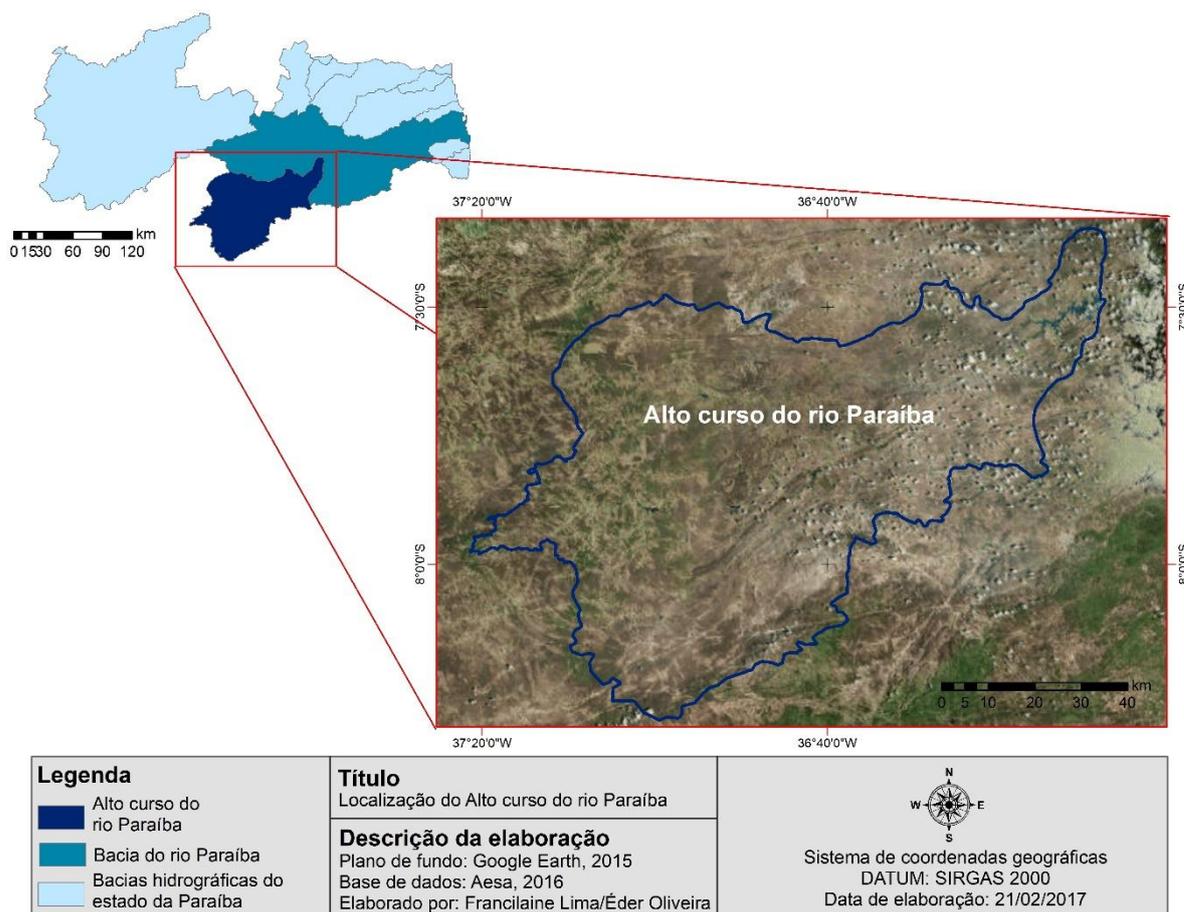
O planejamento e a gestão de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem e não apenas o hídrico, adotando uma abordagem de integração dos aspectos ambientais, sociais e econômicos, procurando aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, diminuir os impactos e riscos ambientais (LORANDI e CANÇADO, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior e uma das mais importantes do Estado, com uma área de drenagem de cerca de 20 mil km², compreende a sub bacia do Rio Taperoá e três regiões hidrográficas denominadas de Alto, Médio e Baixo Paraíba (Figura 7), e representa 38% da área do estado.

Figura 7. Croqui da divisão administrativa da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba.



O solo da Região do Alto Curso do rio Paraíba é um composto rochoso de várias rochas formadas nas Eras Neoproterozóicas, Paleoproterozóicas e Arqueano. De acordo com o Serviço Geológico do Brasil, órgão da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2002), os solos da Alto Curso do rio Paraíba são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas por meio de processos físico-químico, mais conhecido como intemperismo.

A vegetação é típica de Caatinga, com a presença marcante de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte. Nas regiões mais elevadas do relevo da região em estudo serras e sopé destas serras, a vegetação predominante são árvores de baixo e médio porte, com forte presença das espécies de médio porte. Os arbustos são mais presentes nas proximidades dos mananciais e partes mais aplainadas. O solo exposto com rochas em pleno processo de intemperismo é predominante na paisagem do semiárido. Nas margens dos rios da região são encontradas vegetação de pequeno porte e arbustiva.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o tipo de clima predominante na região do Alto Curso do rio Paraíba é o semiárido quente (BSh), com temperatura média

acima de 18 C°, a precipitação pluvial média anual varia de 400 a 600 mm e com estação seca de 8 a 10 meses (ALMEIDA e MARINHO, 2013).

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a execução deste trabalho, utilizou-se a análise linear, areal e Hipsometria e ambiental da Bacia do Alto Curso do rio Paraíba, com o auxílio do software ArcGis 10.3, do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Já, a configuração da obra do Projeto de Integração das Águas do Rio São Francisco, o método de análise indutiva dos documentos oficiais pertinentes.

Para complementação, foi feito trabalhos de campo, com visitação, medição, registro e análise “*in loco*” das ocorrências de impactos e/ou de degradação ambiental na obra e/ou no leito original do Alto Curso do rio Paraíba, com as respectivas coletas e registros. As análises dos dados foram feitas utilizando-se uma planilha Excel, a organização com o SIG, incluindo-se a confecção de mapas temáticos.

A evolução espacial e temporal da vegetação no Alto Curso do rio Paraíba foi feita utilizando-se imagens de satélites do Landsat 8 TM OLI, técnica essa conhecida como foto interpretação que possibilita a detecção de mudanças ambiental e permite mapear a vulnerabilidades da área estudada.

Para caracterizar a superfície do Alto Curso do rio Paraíba com relação à cobertura vegetal, relevo e drenagem, como resposta a carência de dados relativos a essa. Para isso, utilizaram-se imagens multiespectral do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI) e do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponíveis no site do United States Geological Survey (USGS), com tradução livre.

3.3 Aquisição das imagens de Satélite

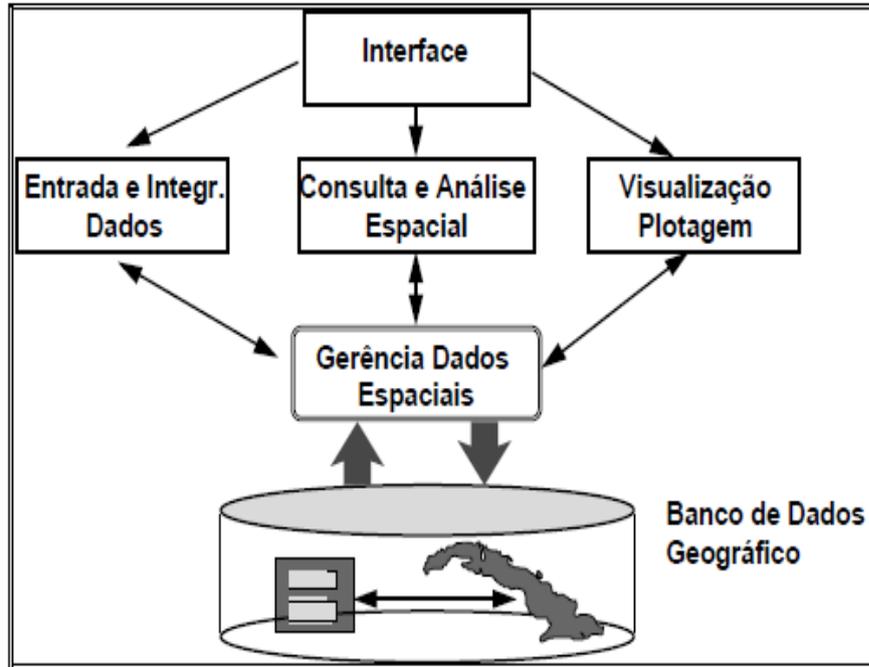
As imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto 232/65, foram acessadas na página do United States Geological Survey (USGS), que faz parte do Serviço Geológico dos Estados Unidos. O critério de escolha da imagem foi a que mostrava a melhor visualização da paisagem da cobertura vegetal e/ou da recuperação da folhagem do dossel vegetativo.

As cartas digitais SC-24X-B e SB-24Z-D do radar SRTM foram extraídas no site da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa), na aba do projeto Brasil em relevo, com resolução de 90 metros.

3.4 Processamento Digital das Imagens de Satélite

O processamento e análise do Sistema de Informação Geográfica, foram feitos com base no fluxograma da Figura 9, proposto pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, que inclui uma interface com o usuário, a entrada de dados e as demais funções de processamento gráfico e de imagens.

Figura 9. Fluxograma com estrutura geral do Sistema de Informação Geográfica (INPE, 2006).



Fonte: INPE, 2006.

Para efetivar o processamento digital das imagens de satélites, utilizaram-se os softwares Erdas Imagine 2010 e ArcGis 10, com acesso aberto na Web no Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS), do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O empilhamento das imagens do Landsat 8 OLI consistiu na sobreposição das bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho Próximo) e a imagem reprojeta foi obtida como referência a WGS 1984 UTM Zona Sul, do DATUM *World Geodetic System* (WGS).

A refletância foi determinada, utilizando-se os metadados da imagem (USGS, 2015) através

da Equação:

$$\rho\lambda' = \frac{Mp * Qcal + Ap}{CosZ}$$

Sendo: $\rho\lambda'$ = a refletância planetária, com correção para o ângulo solar;

Mp = fator multiplicativo (disponível no metadados);

Qcal= os valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

Aρ= fator aditivo (disponível no metadados);

O índice de vegetação ajustado para efeitos do solo (Soil Adjusted Vegetation Index-SAVI) busca amenizar os efeitos do background do solo, foi calculado pela equação proposta por (Huete, 1988), adotando-se o fator de densidade da vegetação (L) igual a 0,5, bandas do infravermelho (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), mediante a expressão:

$$IVAS = \frac{(1 + L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)}$$

Para efetivar o recorte espacial, utilizaram-se os arquivos *shapefile* da bacia, disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), sendo recortada utilizando-se o ArcGis 10, Extraction by Mask. O recorte foi inserido o arquivo *shapefile*, cuja imagem completa formou um polígono.

O produto do recorte foi classificado de forma manual no ArcGis 10, partindo do histograma da imagem para possíveis ajustes, quando necessário.

Como cada pixel da imagem tem dimensão de 30 x30 m, multiplicou-se o valor total de pixels por classe pelo tamanho da área de um pixel, obtendo-se assim o valor da área em metros quadrados por classe e posteriormente convertendo esse valor em quilômetros quadrados.

Para diagnosticar o impacto ambiental das obras do final do Eixo Leste, a partir do Túnel Engenheiro Giancarlo, até a zona urbana de Monteiro, foram feitos registros de imagens da construção e do meio ambiente, das condições da vegetação nativa das margens e de uma visualização da degradação ambiental.

O registro da degradação ambiental foi realizado a partir da nascente do Rio Paraíba, denominado de Rio do Meio ou Rio Monteiro, que se localiza na Serra de Jabitacá, no Pico da Bolandeira. O ponto de referência foi o Sítio Jabitacá, as margens do Rio do Meio, georeferenciando com um aparelho GPS Garmin modelos GPSMap 60cx. Ao longo do trecho entre o referido Sítio e o Canal de transposição foram registradas as principais formas antrópicas (degradação ambiental) no manancial.

Para elaborar o Modelo Digital de Elevação (MDE), da área de estudo, foram utilizadas duas imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponíveis no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Essas imagens foram “mosaicadas” por meio

da ferramenta *Mosaic Pro* do software *Erdas Imagem*, para produzir os arquivos de saída no formato do tipo geotiff (.tiff).

Seguido a este procedimento foi realizado o recorte da área de estudo escolhida por meio de arquivos do tipo *shapefile* disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), no programa ArcGis 10. Para se alcançar a altitude, ainda no software ArcGis, os arquivos .tiff, e usando a ferramenta, “*Properties...*” na opção *Symbolology* e em conseguinte *Stretched*, classificando e colorindo a imagem para análise.

Continuando o procedimento, para conseguir a Declividade, foi necessário adotar os seguintes procedimento no ArcGis. Selecionou-se a ferramenta *Arctoolbox*, consecutivamente os itens *3D analyst tools*, depois *Raster surfasse; segue para Slope 3D*, depois *Imput para inserir as duas imagens SRTM* da área de estudo, e na saída do produto foi escolhida a opção *Output*, que gradua a altitude de acordo. Em seguida, utilizou-se em *Properties* a opção *Symbolology* e por fim, *Stretched*, para classificar a colorir a imagem para análise.

Para realizar a extração da drenagem da região em estudo no formato *shapefile* e produzir o mapa da drenagem principal foram realizados os seguintes procedimentos no ArcGis, selecionou a ferramenta *Fill*, depois *Arctoolbox, Spacial analyst tools, Hydrology*. Deste ponto inseriu-se na opção *Imput* as imagens SRTM e na saída *Output*, o produto *Enviroments, Workspace*. Em seguida foi realizada no ArcGis 10 a direção de fluxo acumulado, Extração de drenagem *raster*, Extração de drenagem no formato *shapefile* e a Extração de bacias.

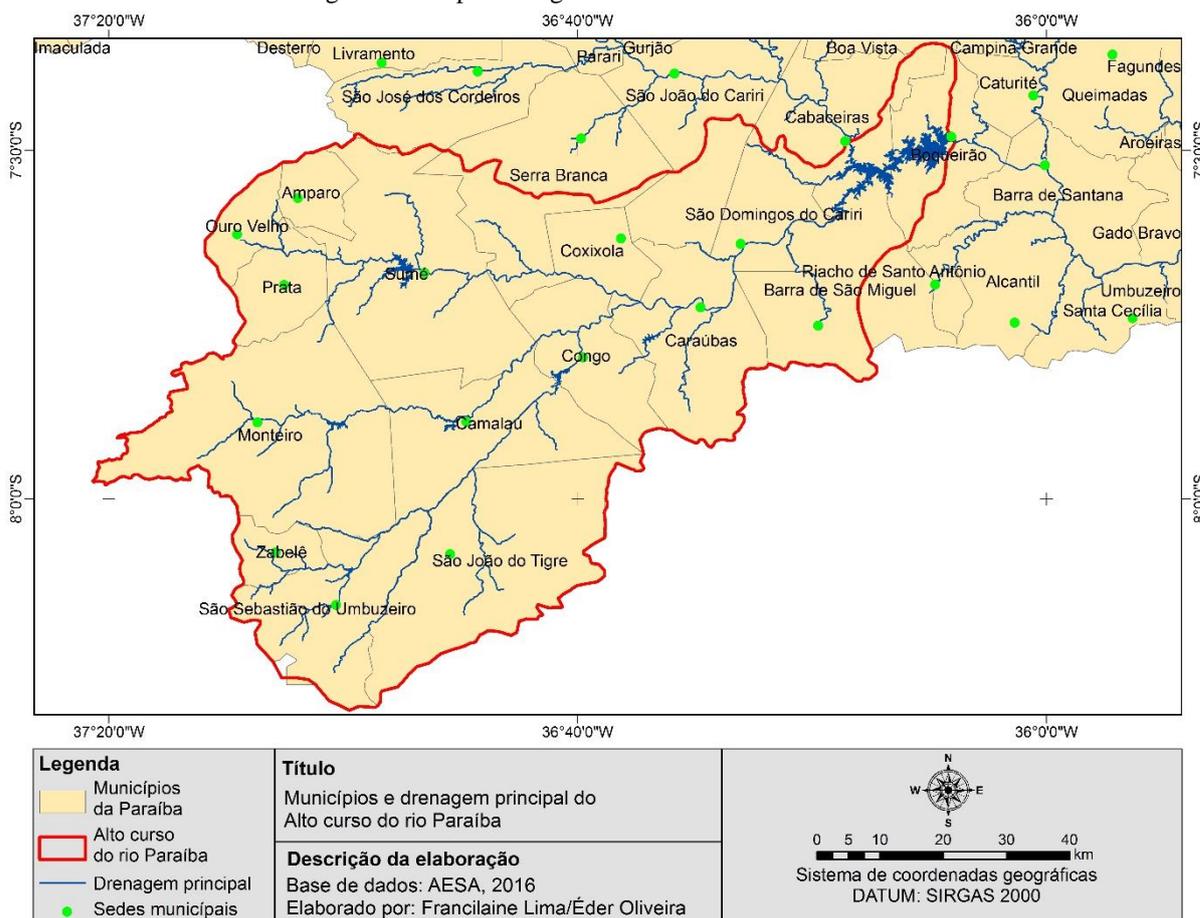
Para geração de um arquivo *shapefile* com a delimitação das bacias existentes na área de estudo, foi necessário realizar os seguintes processos. *Arctoolbox, Spacial analyst tools*, depois *Conditional, Com, Imput (Flow_ac, Expression (value > 1000), Imput true raster of constant value* com a altitude mínima (1) e máxima, *Output (Flow_ac_1000), Enviroments, Workspace*, por fim indica o local de saída.

Depois foram gerados os mapas da bacia em *Arctoolbox, Spacial analyst tools, Hydrology, Strem link, Imput (flow_ac_1000) Imput (Flow_di) (Strem_1000), Enviroments Workspace*, depois apenas indica o local de saída. Para transformar em *shapefile*, novamente *Arctoolbox, Conversion tools, From raster, Raster to polygon, Imput (bacias_1000), Output (bacias_1000.shp)*. Marcar a caixa *simplify polygon* e indicar o local de armazenamento.

3.5 Determinações das características hídricas e socioambiental do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.

As determinações hídricas, de esgotamento sanitário e socioambiental foram realizadas no trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba entre a desembocadura do eixo leste, em Monteiro, até Sumé, como mostra o mapa da Figura 10.

Figura 10. Mapa da Região do Alto Curso do rio Paraíba



Para estabelecer algumas características hídricas do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba foram utilizadas séries pluviiais ininterruptas, de cinco localidades (Camalaú, Congo, Caraúbas, Monteiro e Sumé), cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), em Campina Grande.

O agrupamento dos dados pluviiais foi feito utilizando-se a distribuição de frequência, obedecendo-se à sequência cronológica mensal e anual (somatório dos totais mensais). As medidas de tendência central: média e mediana, de dispersão (desvio padrão e amplitude).

Os dados anuais foram arranjados em classes, sendo o ponto médio de cada classe determinado através da média aritmética entre os limites inferior e superior da classe. A frequência da classe representou o número de anos pertencentes a cada uma das classes.

Após análises gráficas das médias anuais- das médias e medianas- da precipitação pluvial, constatou-se, que os valores das médias diferiam dos respectivos valores medianos. Por isso, os modelos de distribuição são assimétricos e, portanto, a medida de tendência central adotada foi à mediana e não a média.

A vazão de contribuição da precipitação pluvial (Q , em $m^3 \cdot ano^{-1}$), para cada local, foi calculada em função da área de drenagem superficial (AC , km^2) mediante a equação:

$$Q (m^3 \cdot ano^{-1}) = \text{mediana anual da chuva} (mm) \times AC (km^2) \times 1000$$

Os índices de saneamento básico das cinco cidades foram extraídos dos documentos do último censo demográfico do IBGE (2010), disponível no site IBGE cidades.

No cálculo da produção de esgoto, considerou-se um consumo per capto de 50 litros de água por dia e um coeficiente de retorno na forma de esgoto de 0,75.

As demais análises, cálculos e elaboração de Tabelas e Figuras foram feitos utilizando-se uma planilha Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Transposição das águas do Rio São Francisco: Eixo Leste

O Rio São Francisco, denominado de forma carinhosa de Velho Chico, tem aproximadamente 2.830 quilômetros de extensão. Nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e o seu curso natural corta quatro estados nordestino: Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe e deságua no Oceano Atlântico.

A primeira ideia do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PIRSF) com as bacias hidrográficas do nordeste setentrional foi da época do Imperador Pedro II, por volta de 1840. Embora várias tentativas fossem discutidas, prometidas ou tentadas, ao longo de quase dois séculos, somente em 2017 começa a se tornar verdadeira.

O PIRSF é uma obra de engenharia gigantesca e importante, por permitir levar água, inicialmente, para o consumo humano de cerca de doze milhões de nordestinos, além da segurança hídrica, para quase 400 municípios, que enfrentam de forma recorrente a falta de água até para o abastecimento humano e animal. Essa integração é, sem dúvida, uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, a segurança hídrica necessária para “alavancar” o desenvolvimento socioeconômico dessas localidades do semiárido nordestino.

As obras hidráulicas do PIRSF transporão águas do Rio São Francisco para os leitos naturais ressequidos das bacias hidrográficas receptoras, onde serão barradas por vinte e três açudes.

O complexo sistema de integração é composto por vinte e sete reservatórios, quatro túneis, quatorze aquedutos e nove estações elevatórias de bombeamento (EBV), ao longo do trecho de 477 quilômetros de extensão, denominados de Eixos Norte e Leste.

Os dois eixos deságuam no território paraibano, o Norte tem a captação no município de Cabrobó (PE) e deságua em São José de Piranhas (PB). Já, o Eixo Leste, com 217 km de extensão, seis EBV, inicia no canal de aproximação da barragem de Itaparica (Petrolândia, PE) e termina em Monteiro, PB.

A configuração apresentada do Eixo Leste, cujo desenho esquemático é apresentado na Figura 11 mostra, de forma resumida e simplificada, a sua trajetória e extensão, as diferentes estruturas hidráulicas e tipos de canais (aberto, fechado e túnel).

Figura 11. Vista do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco



Fonte: Adaptado do Rima, 2004.

A construção de doze reservatórios, para armazenar as águas transpostas, e as suas interligações com o canal e as EBVs, para elevação água para fluir por gravidade até a próxima EBV, as vazões projetadas por trecho, uma adutora, identificados por três planos de metas (1, 2 e 3). As Figuras 12 a 22 apresentam as estruturas hidráulicas e alguns dos impactos ambientais advindos da construção e/ou degradações no leito do Rio, desde o ponto de captação (barragem de Sobradinho) até desemboque no leito do Alto Curso do rio Paraíba, em Monteiro.

Figura 12. Vista do lago da barragem de Itaparica, Petrolândia, PE, com o canal de aproximação (à direita-D) e a EBV1 (à esquerda- E) do Eixo Leste da Transposição do PIRSF.



Fonte: Hermes A. de Almeida, 08.07.2016.

O sistema de adução de água em toda a trajetória do Eixo Leste (Figura 10) parte sempre, de um reservatório interligado a um canal de aproximação até a estação elevatória (EBV), semelhante ao da Figura 12. As águas para percorrerem os 217 km desse eixo, passarão de forma sequenciada pelas estações de bombeamento 1 (EBV1) para a EBV2, da EBV5 para EBV6. A água bombeada e elevada à altura de 61,0; 43,1; 61,0; 59,0 e 41,0 m, respectivamente.

O critério é semelhante para todo o trajeto do eixo. Na primeira estação de bombeamento (EBV1), a água é elevada a 61,0 m de altura, deságua no aqueduto da BR-316 e percorrerá por gravidade até o reservatório de Areias (Figura 10), que é conectado ao canal e a estação de bombeamento 2 (EBV2). O procedimento segue para as demais estações elevatórias seguintes, como consta no plano de meta da Figura 11.

A Figura 13 mostra um conjunto de bomba conectado às tubulações de elevação da água. As bombas fazem à adução da água do reservatório de acumulação, com uma vazão individual de $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, eleva-se pela tubulação e deságua no canal, fluindo por gravidade até a EBV seguinte.

Figura 13. Vista do sistema hidráulico de uma estação da elevatória do Eixo Leste, com destaques para as bombas.



Fonte: Hermes A. de Almeida, 08.07.2016.

Os canais em construção em concreto e no formato trapezoidal (Figura 14 A) e o com água da chuva (Figura 14 B) exemplificam as etapas seguintes da obra em todo trecho. É visível o impacto ambiental oriundo da construção da estação de elevação (Figura 13 D), da abertura do canal (Figura 14) e da degradação de terras as suas margens.

Embora haja impactos ambientais negativos na construção com a perda da vegetação nativa, como previstos pelo Rima (2004), eles são compensados pela contribuição positiva, expressa no aumento da oferta e garantia hídrica, na garantia da água para o abastecimento urbano, da dinamização da economia regional, etc.

Figura 14. Vista do canal de concreto (A) e do canal com água da chuva (B), do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco, próximos da cidade de Monteiro-PB.



Fonte: Hermes A. de Almeida, 08.07.2016.

De toda a extensão do Eixo Leste, apenas 35 km corta o Estado da Paraíba e a última estação de bombeamento é a EBV-6, em Sertânia, PE, e o reservatório é o Barro Branco. A

água recalçada na EBV6 escoar por gravidade e passa pelo túnel Eng. Giancarlo de Lins Cavalcanti (Figura 15), antigo túnel Monteiro, com 3 km de extensão, em Monteiro (PB).

Figura 15. Vista de frente do Túnel Eng. Giancarlo, município de Monteiro, que liga a uma galeria subsequente.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Percebe-se que houvera impacto ambiental causado pela escavação da obra, limpeza com retirada da vegetação nativa, dentre outros. Nesse processo de escavação, desde o início da obra, foi detectada a existência de mina de água (seta vermelha), que aflora desde as proximidades até a parede do referido túnel, ou seja, olho d'água pressiona a parede, além de a água ser altamente salobra.

As Figuras 16 e 17 mostram alguns indicativos de impactos ambientais na construção do túnel Giancarlo e do canal, com a retirada da vegetação nativa (Figura 16 A) e construção de estrada vicinal e na escavação do canal com a retirada de material (Figura 16 B).

Figura 16. Vista do desmatamento (A) para a construção da galeria (B), subsequente ao Túnel Giancarlo, do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco (B).

(A)

(B)



Fontes: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Figura 17. Vista do material retirado da escavação para construir a galeria (A) com a respectiva devolução (B).
(A) (B)



Fontes: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Além do impacto ambiental, nota-se, também, que há sinais visíveis de degradação do solo e da vegetação, nas margens do canal devido à grande deposição do material retirado com a escavação que foi depositada sobre a vegetação (Figura 17 A). Parte do material retirado já começou a ser devolvido ao local de foi retirado (Figura 17 B).

Nos arredores do túnel Giancarlo é perceptível à degradação do solo, com o impacto das primeiras chuvas, ocorrida no mês de março de 2017, como pode ser visto na Figura 18.

Figura 18. Vista do processo de degradação ambiental, provocada pela ocorrência de chuva, na saída da galeria, subsequente ao Túnel Giancarlo.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Essa degradação e o assoreamento não se restringem apenas aos arredores do canal, mas no próprio canal, detectada na pequena parte danificada (Figura 19 B).

Figura 19. Vista da saída da galeria (A), subsequente ao Túnel Giancarlo, com a respectiva degradação (B-seta), provocada pela ocorrência de chuva.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

O canal de transposição na forma trapezoidal e aberto continua em direção a Monteiro, mas ao passar no perímetro urbano da cidade de Monteiro, o referido canal é fechado. A Figura 20 apresenta alguns detalhes da sua construção, com abertura do solo e colocação das placas de concreto e de fechamento do canal.

Figura 20. Vista da construção do canal antes (D) e no perímetro urbano da cidade de Monteiro (E), do Eixo Leste da Transposição das águas do Rio São Francisco.

(A)

(B)



Fonte: Hermes A. de Almeida, 08.07.2016.

As principais vantagens da cobertura do canal não são apenas as de diminuir as perdas por evaporação da água, mas para evitar a deposição de material descartado pela própria população e jogado no canal. A Figura 21 mostra o final o canal de transposição do Eixo Leste, com a desembocadura no leito do Alto Curso do rio Paraíba.

Figura 21. Vista do final do canal do Eixo Leste da transposição das águas do Rio São Francisco e a desembocadura no leito do Alto Curso do rio Paraíba.

(A)

(B)



Fonte: Hermes A. de Almeida, 08.07.2016.

As obras hidráulicas do Eixo Leste, no que se referem ao “caminho” das águas entre a bacia doadora, desde o ponto de captação da barragem de Itaparica (Petrolândia, PE) e a receptora, na desembocadura do Alto Curso do rio Paraíba, em Monteiro, inaugurada em 10.03.2017, como mostra a correnteza das águas, nesse ponto, na Figura 22.

Figura 22. Vista da desembocadura das águas do Rio São Francisco no leito rio Monteiro no Alto Curso do rio Paraíba, em Monteiro- PB.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 10.03.2017.

A partir do desemboque (Figura 22), as águas de velho Chico escoarão por gravidade, no leito dos rios o Alto Curso do rio Paraíba em direção ao Açude Epitácio Pessoa. Esse é o principal reservatório de recepção dessas águas e o responsável pelo abastecimento público por sistema adutor, para mais de 800 mil pessoas e cerca de 20 cidades do compartimento da Borborema.

Como o percurso das águas, a partir da desembocadura, será feito por gravidade e no leito natural do Alto Curso do rio Paraíba, os itens seguintes abordarão algumas de suas características físicas, ações de degradação ambiental no manancial e o perfil socioeconômico, temas esses que serão apresentados a seguir.

4.1.1 Diagnóstico da degradação ambiental no final do canal da transposição e na desembocadura do Alto Curso do rio Paraíba.

Atualmente, há uma série de procedimentos metodológicos para o estudo ambiental das bacias hidrográficas, partindo, sempre, numa perspectiva interinstitucional e interdisciplinar. O diagnóstico aqui apresentado exemplifica a degradação do meio físico-

natural, por atividades antrópicas. Utilizar-se-á nesta avaliação a cobertura vegetal, o uso do solo, dentre outros, por serem indicativo das condições do manancial e da qualidade da água.

O diagnóstico da degradação ambiental abrange desde o ponto de “entrega” no canal de transposição, com o encontro com os dejetos da cidade de Monteiro e dos seus arredores, da degradação antrópica, da nascente do Alto Curso do rio Paraíba a desembocadura, e ao longo do Alto Curso do rio Paraíba. A Figura 23 mostra um dos locais mais atrativos da cidade de Monteiro, denominado de Parque das águas.

Figura 23. Vista parcial do Parque das águas, Monteiro-PB.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 26.05.2016.

O reservatório existente no parque das águas é um lago antigo da cidade, que capta não somente águas pluviais, mas dejetos domésticos da parte central da cidade de Monteiro. Com o crescimento da cidade foi necessário fazer um barramento para evitar inundações, como mostra a Figura 24.

Figura 24. Detalhe do barramento (A) e do sangradouro do reservatório do Parque das Águas (B).
(A) (B)



Fonte: Éder. G. P. Oliveira, 26/05/2016

Verifica-se assoreamento próximo ao barramento e no sangradouro. A água e os esgotos que vertem no sangradouro percorrem por valas com entulhos e esgotos domésticos (Figura 24) e se juntam com os canais (Figura 25), que descem juntas e deságuam no curso do rio Monteiro, na desembocadura do canal de transposição.

Figura 25. Detalhes do canal subsequente ao sangradouro barramento (A), e do encontro deles com o início da galeria para águas pluviais (B).



Fonte: Éder. G. P. Oliveira, 26/05/2016.

Seguindo-se a trajetória do escoamento desde o parque das águas, as águas pluviais que escoam nos paralelepípedos das ruas próximas ao canal deságuam também na mesma, como exemplifica a Figura 26 B.

Figura 26. Canal da rede de águas pluviais (A) e a presença de esgotos a céu aberto (B), em contato com os transeuntes.

(A)

(B)



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 26/05/2016.

A continuidade do canal descrito anteriormente segue para os canais maiores como mostra a Figura 27. Observa-se que há vários pontos de ligação de esgotos domésticos, sem tratamento (Figura 27 B), que escoam na área urbana da cidade, carreando os dejetos para o Rio Monteiro, que deságua na desembocadura do Eixo Leste da Transposição.

Figura 27. Vistas do canal da rede de águas superficiais (A), com a presença de esgotos (B).
(A) (B)



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 26/05/2016.

Esse diagnóstico sucinto do lançamento de esgotos sem tratamento da cidade de Monteiro, na calha do Rio Monteiro, não difere muito do cenário de outros mananciais hídricos da região do Alto Curso, com relação à qualidade da água, especialmente, por que os piores índices são oriundos dos centros urbanos.

A falta de tratamento de esgotos e/ou do lançamento ilegal são as principais fontes de contaminação e poluição dos recursos hídricos.

Os dejetos, que na sua maioria são de esgotos domésticos (orgânico), provem de ligações clandestinas e de valas nas ruas, nos canais pluviais e o despejo direto em córregos que drenam para o rio Monteiro.

Na Figura 28 visualiza-se o declive da cidade de Monteiro que favorece o escoamento de águas pluviais e de esgotos para os respectivos canais.

Figura 28. Vistas de uma galeria coletora de águas superficiais da cidade de Monteiro-PB, que deságua no leito do rio do Meio (A) e no canal da transposição (B).



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 26/05/2016 e 15/02/2017.

A Figura 28 A, mostra um canal antigo e cheio de vegetação, com várias obstruções e degradações, que foi substituído por um canal, construído paralelo ao da transposição do Eixo Leste (Figura 28 B). O referido canal coleta águas pluviais e de esgotos e deságua diretamente no rio do Monteiro, afluente do Rio Paraíba e receptor das águas da Transposição do Rio São Francisco.

O canal novo (Figura 28 B) tem uma função semelhante ao do canal antigo, com uma diferença que os dejetos urbanos não são mais despejados no Rio do Meio, mas na desembocadura do Eixo Leste da transposição do Rio São Francisco.

Uma nova galeria foi construída em paralelo ao canal da Transposição do Rio São Francisco no Eixo Leste (Figura 29), junto com os dejetos escorrendo em direção ao Rio Monteiro. É visível nesse curso de água, sinais de assoreamento não somente pela deposição de material da obra, mas pela retirada da vegetação ciliar.

Com a construção desse canal, os dejetos não deságuam diretamente no leito do referido rio, mas são transferidos para a caixa de retenção, no final do canal.

Figura 29. Vista do canal de drenagem de águas superficiais e de esgotos aos arredores da cidade de Monteiro (à direita) e o canal de Transposição e o esgoto lançado no Rio Monteiro.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 15/02/2017.

Seguindo os dois canais, observa-se o encontro do canal de drenagem das águas superficiais da cidade de Monteiro com o ponto de desembocadura das águas da transposição do Eixo Leste (Figura 30), e o leito do rio Monteiro visivelmente degradado ao longo dos anos pela ocupação das suas margens. No ponto da desembocadura há o encontro das águas do velho Chico com o das águas pluviais mais os dejetos.

Figura 30. Vista do canal de drenagem de águas superficiais e de esgotos aos arredores da cidade de Monteiro e o encontro na desembocadura do canal de transposição (à direita).



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 15/02/2017.

Ainda se referindo ao Rio Monteiro (à direita do canal), que margeia a zona urbana, que recebe águas pluviais e dejetos dos Riachos do Fradinho (à esquerda) e do Mulungú (à direita).

Como pode ser visto na Figura 31, o Rio Monteiro continua recebendo e despejando os dejetos da cidade de Monteiro, na desembocadura do Eixo Leste, mesmo após a inauguração.

Figura 31. Vista de uma caixa coletora e de uma vala com esgotos que deságuam no Rio Monteiro.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Esse diagnóstico mostra que mudança foi apenas de ponto de chegada das águas, porque os dejetos continuam sendo despejados no Alto Curso do rio Paraíba.

Registros da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) mostram que há 6.500 ligações domésticas à rede de esgotamento sanitário. No entanto, a população da cidade de Monteiro é de cerca de 20 mil habitantes, ou seja, apenas algo em torno 30% das residências estão ligadas ao serviço público de esgotos, os 70,0 % restantes não estão.

É importante destacar que, não basta ter água se não for limpa e tratada. De acordo com a Lei do Saneamento Básico (lei de nº 11.445/2007), é dever de toda administração pública garantir o abastecimento e saneamento básico. O Plano Nacional de Saneamento Básico para o Brasil limita o prazo até o de 2020 para que todos os serviços de esgotos sanitários em áreas urbanas. Resta-nos menos de quatro anos, a cidade de Monteiro e outras as margens do Alto Curso do rio Paraíba ainda não fizeram os serviços de esgotamento sanitários de todas as áreas urbanas.

Na realidade, a maioria dos municípios brasileiros ainda não possui tratamento de esgotos domésticos. Assim sendo, os dejetos são substâncias orgânicas biodegradáveis e de nutrientes inorgânicos que provocam uma redução na qualidade da água, provavelmente pela presença de maior quantidade de material orgânico, com pH ligeiramente mais alcalino, indicativo de ambientes mais poluídos, com relata SILVA et. al., (1998).

Destaca-se, ainda, que além da contribuição de esgotos, sem tratamento, proveniente da área urbana de Monteiro, apresentado acima, há outras contribuições que vem desde a nascente da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba (Alto Curso) até a desembocadura do canal de transposição, assunto esse apresentado nos parágrafos seguintes.

4.1.2 Diagnóstico da degradação ambiental da nascente a desembocadura (Eixo Leste).

Para complementar o estudo relacionados com a degradação ambiental da bacia receptora, descreve-se nos parágrafos seguintes algumas das ações antrópicas (diagnóstico) que contribuem para degradar o referido manancial. Para isso, relatam-se algumas degradações pontuais entre o trecho da nascente do Alto Curso do rio Paraíba, no pico da Bolandeira, na Serra de Jabitacá (Figura 32), e a desembocadura do Eixo da Transposição do Rio São Francisco, na cidade de Monteiro.

Figura 32. Vista da Serra de Jabitacá, com o Pico da Bolandeira ao fundo, em Monteiro, PB, nascente da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Descendo da nascente em direção a Monteiro, observa-se (Figura 33) diversas ações antrópicas no leito do manancial que contribuem não somente para degradar o ambiente aquático, mas a própria água, como exemplifica a abertura de uma cacimba, conhecida na região como poços amazonas. Além da degradação ambiental, pela retirada de areia (na parte superior e antes da cerca) a procura de água para dessedentação animal. As duas situações distintas exemplificam de forma clara e sucinta, o que ocorre, certamente, no trajeto de todo curso de água.

Figura 33. Vista de eletrodomésticos descartados no leito do riacho da nascente do rio Paraíba (A), desmatamento da vegetação ciliar e um poço tipo amazonas (B).

(A)

(B)



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19.04.2017.

Outro destaque importante é a retirada da vegetação nativa, aos arredores do referido manancial, com a substituição da pastagem para alimentação de bovinos, ovinos e caprinos, como mostra a Figura 34.

Essas ações favorecem o carregamento de partículas em suspensão (solo, folhas e outros materiais) para o seu leito, contribuindo, portanto, para aumentar o assoreamento.

Figura 34. Áreas desmatadas para uso com pastagem (A) e plantio de cultivo de subsistência (B).



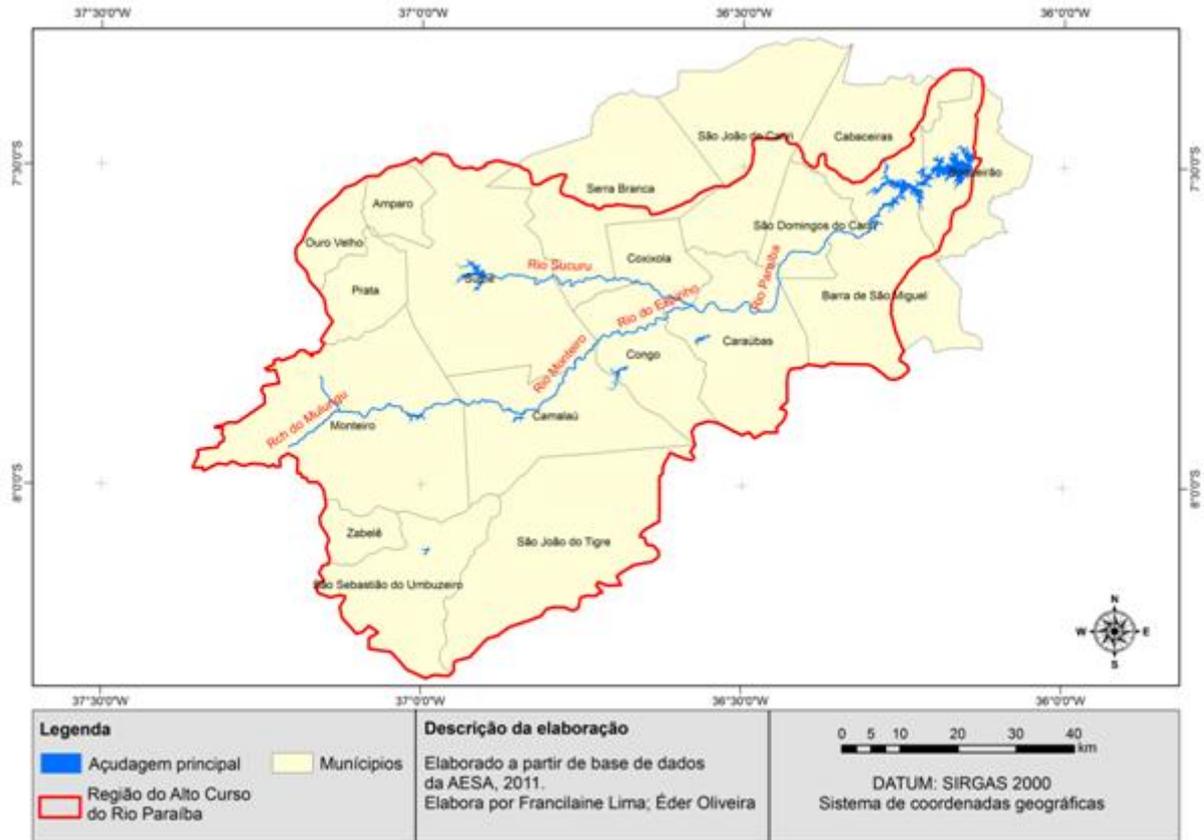
Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19/04/2017.

4.2 Características ambientais do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba

É oportuno descrever que o Rio Paraíba não nasce na Serra de Jabitacá. O rio que corta a zona urbana da cidade de Monteiro é o rio Monteiro, cujo sentido de fluxo é na direção ao litoral. O seu primeiro barramento é o da barragem São José e segundo, o Açude Poções, ambos no município de Monteiro.

A partir do açude Poções continua o segue por outros pequenos barramentos até se encontrar com o rio do Espinho, no município do Congo, esse se encontra com o rio Sucurú, entre os municípios de Coxixola e Caraúbas, para então formarem o Rio Paraíba (Figura 35).

Figura 35. Mapa da drenagem do Rio Monteiro até o Rio Paraíba.

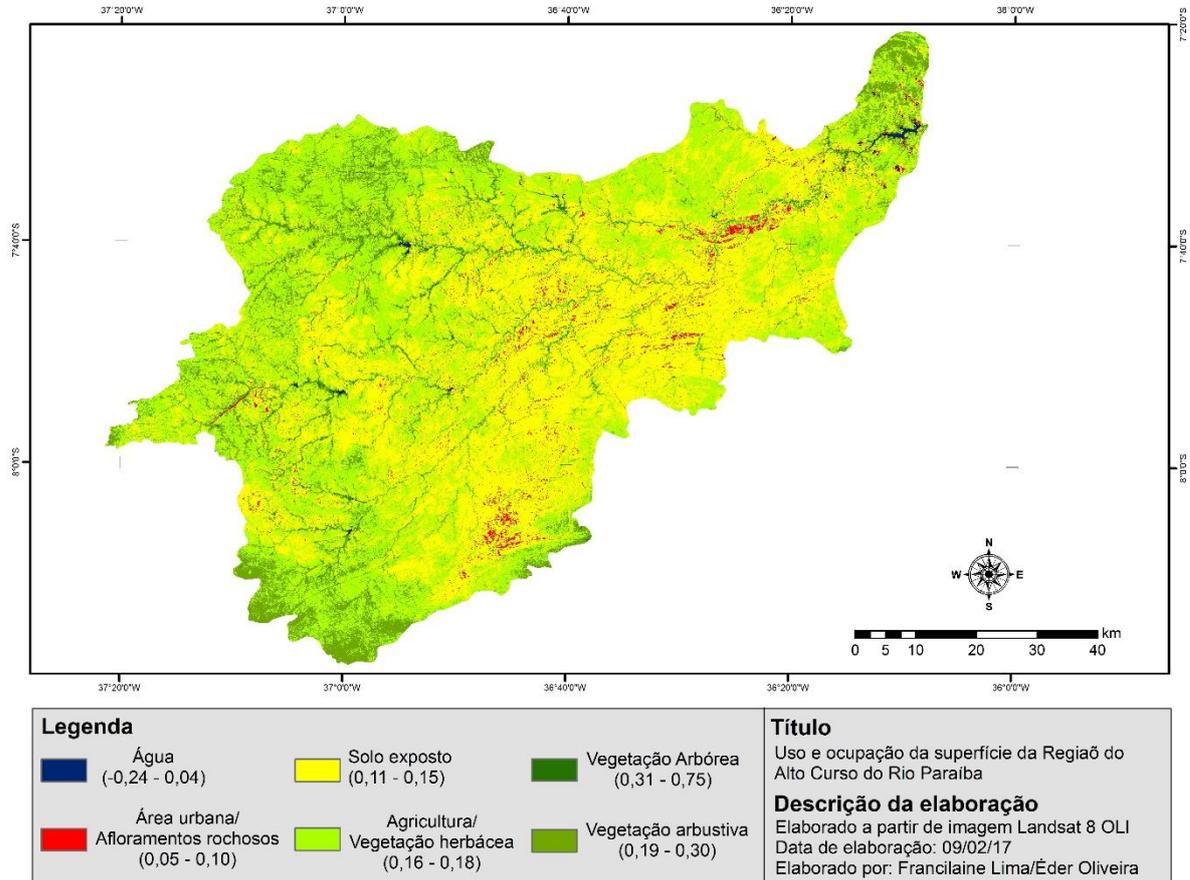


Os municípios que contemplam a região do Alto Curso do rio Paraíba (Figura 35), estão localizados na microrregião do Cariri ocidental, dos quais quatorze deles estão inseridas as suas áreas territoriais na bacia de drenagem desse trecho.

Há outros municípios, descrito no referido mapa, que as suas inserções na bacia de drenagem são parciais, tais como: Serra Branca, São João do Cariri, Cabaceiras e Boqueirão. Nota-se, entretanto, que as sedes desses municípios se localizam nas proximidades de um curso de água, lógica essa observada, também, em outras regiões do Brasil e do Mundo.

Antes desse diagnóstico, apresenta-se o mapa de uso de solo e ocupação da superfície da região do alto curso, determinado através do índice de vegetação normalizado (IVAS) mostrado na Figura 36.

Figura 36. Mapa do uso dos solos da Região do Alto Curso do rio Paraíba.

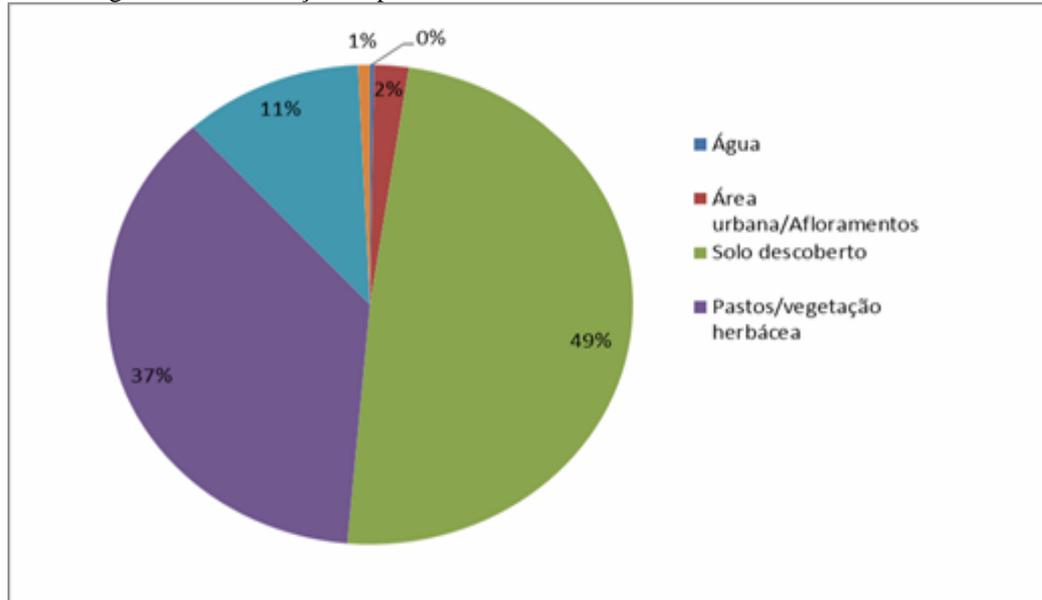


As amostragens dos pontos descritos na Figura 36 foram demarcadas para averiguar os resultados oriundos da análise de geoprocessamento com a constatação in loco.

O ponto 1 representa a categoria de solos descoberto, dois, três e quatro (2, 3 e 4), área urbana e afloramentos rochosos, o cinco (5) é o indicativo de corpos hídricos (água), os pontos seis e sete (6 e 7) representam vegetação arbustiva e arbórea, respectivamente.

A quantificação, em percentagem, do mapa de uso do solo (Figura 36), foi feita contando-se o número de pixels da imagem do radar (SRTM), aplicando-se o índice de vegetação acima do solo, cujos quantitativos são mostrados na Figura 37.

Figura 37. Distribuição do percentual de uso do solo no Alto Curso do rio Paraíba.



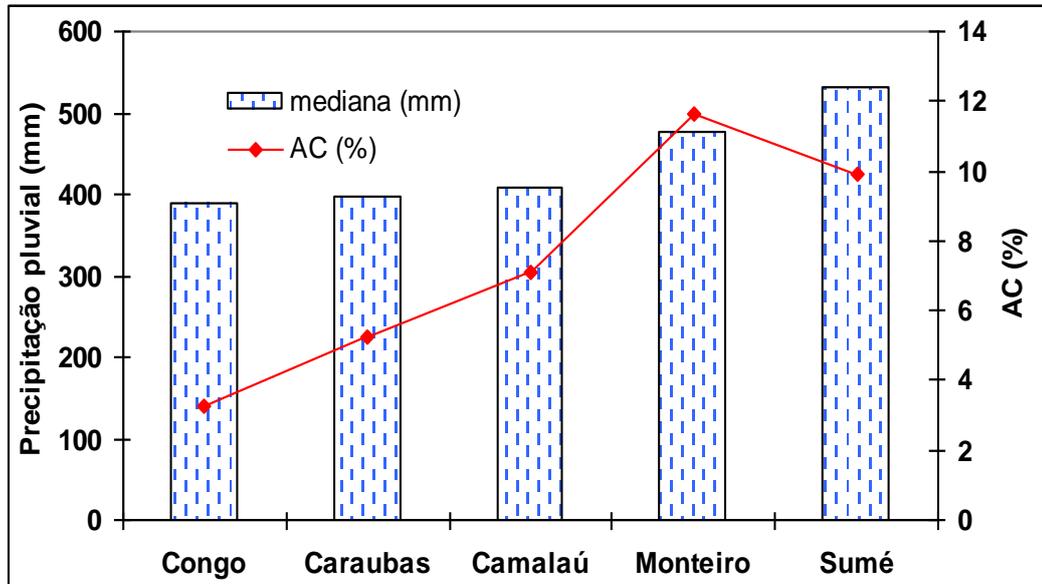
Observa-se que a maior predominância no uso do solo é na categoria de solo desnudo, ou seja, sem a vegetação nativa, substituída por outro tipo de vegetação, geralmente pastos. Assim, um solo desprotegido favorece ao transporte de sedimentos e outros dejetos para o interior da bacia de drenagem.

Constata-se que 11% da área da bacia de drenagem (cerca de 7000 km²), têm cobertura com água, incluindo-se, nesse percentual, as represas dos pequenos e médios açudes, dentre esses, o açude Epitácio Pessoa.

4.3 Algumas características hídricas do trecho inicial do Alto Curso

A Figura 38 mostra uma relação entre as medianas anuais de precipitação pluvial e o percentual individual de área de contribuição da bacia drenagem das cinco localidades do trecho inicial do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

Figura 38. Relação entre as medianas anuais de chuvas e áreas de contribuição individuais da bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010

Ao comparar as médias mensais ou anuais com as respectivas medianas, constatou-se que as médias foram sempre diferentes (maiores) que as medianas. Essa condição indica que o modelo de distribuição de chuva é assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo.

Para esse tipo de distribuição, a mediana é o valor mais provável de ocorrer e não a média, embora ela seja a medida de tendência central mais usada. Assim sendo, o uso da média aritmética, para esse tipo de distribuição, induz erros no valor da chuva esperada, porque a média não é o valor mais frequente de ocorrer.

Observa-se que as amplitudes das medianas de chuvas e os percentuais de áreas da superfície territorial de contribuição são de 141,0 mm e 8,4 %, respectivamente. Das cinco localidades analisadas (Figura 38), a do Congo é a que apresenta a menor mediana anual de chuva e, coincidentemente, a que tem o menor percentual de contribuição na drenagem do referido trecho.

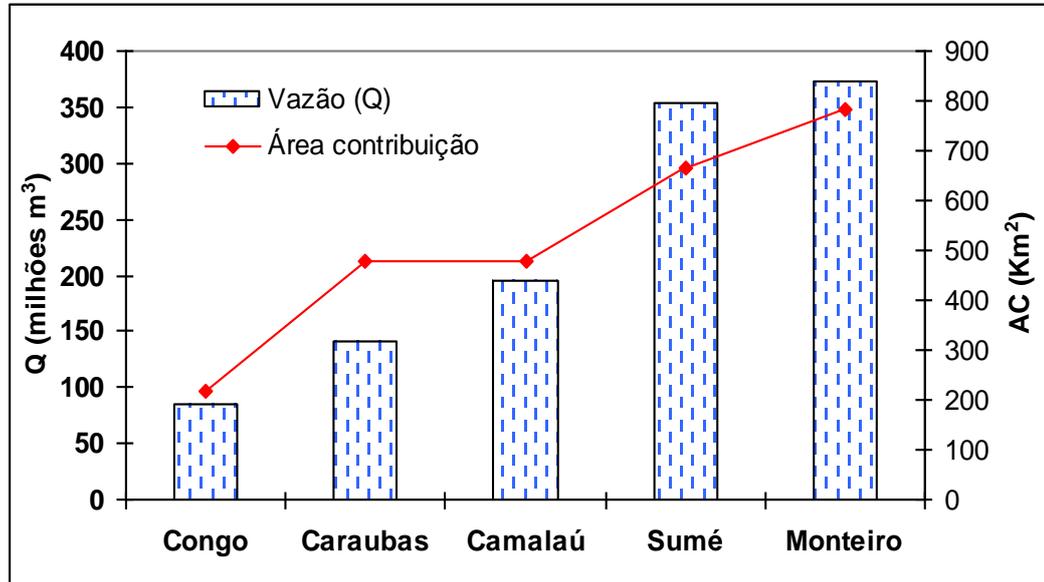
Em contrapartida, Monteiro é a que tem a maior contribuição percentual da superfície de drenagem, com cerca de 12,0 % da área, em relação a total do Alto Curso do rio Paraíba.

Outra característica importante do regime pluvial, mesmo em região úmidas, é o elevado desvio padrão da média, o que caracteriza uma irregularidade na distribuição espacial e temporal da precipitação pluviométrica das chuvas. Essa dispersão é bem similar à do semiárido paraibano, onde o modelo mensal e interanual de distribuição de chuvas é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço.

Além disso, na maioria dos anos, a chuva ocorre durante dois a três meses, em outros persistem por até nove ou chove torrencialmente num local e quase nada nos seus arredores como cita Almeida, Freitas & Silva (2013).

Fazendo a equivalência da altura de chuva (mediana) versus área de contribuição superficial de drenagem, de cada local, resulta na vazão potencial como mostra a Figura 39.

Figura 39. Relação entre a as vazões potenciais- medianas anuais- e as áreas de contribuições da bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010

Destaca-se, entretanto, que os volumes de água por unidade tempo expressos na aludida figura não significam os valores escoados diretamente no leito do alto curso, por que o maior percentual desses valores é infiltrado e/ou perdido por evaporação antes mesmo de chegar ao leito do alto curso.

Neste contexto, adotou-se a denominação vazão potencial da precipitação pluvial, por ser um quantitativo estimado a partir da mediana da chuva esperada captação na área superficial de drenagem. Observa-se (Figura 39), que Monteiro tem a maior área de captação ($\approx 780 \text{ km}^2$) e, conseqüentemente, a maior vazão potencial (≈ 370 milhões de $\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$), enquanto Congo, tem respectivamente, 217 km^2 e 84 milhões de $\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$.

A transferência de água da bacia hidrográfica do São Francisco, através dos Eixos Norte e Leste não terão um fluxo ou uma intensidade constante, por tempo indeterminado. A vazão não será um valor fixo, mas a que garanta o abastecimento, caso o volume de chuvas seja insuficiente para manter um nível de segurança hídrica dos principais reservatórios.

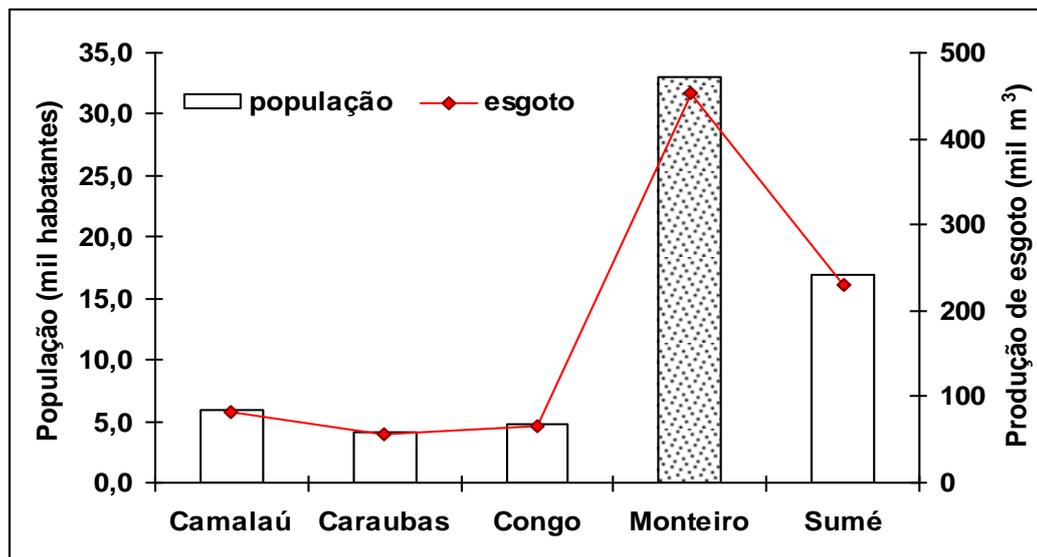
Os resultados referentes ao regime pluvial e da vazão são importantes, neste estudo, para auxiliar no entendimento que as ações antrópicas refletirão no assoreamento desse trecho do alto curso, mesmo com as águas do velho Chico, em virtude do carreamento de material em suspensão e/ou detritos para o seu leito.

Para complementar os possíveis danos ao meio ambiente e/ou o aquático, inclui-se a própria produção de esgotos domésticos lançados na bacia de drenagem que acabam degradando a própria bacia de drenagem e às águas sejam elas da chuva e/ou da transposição.

O consumo contínuo de água potável no desempenho diário das atividades domésticas produz águas residuárias. As vazões de contribuições são, normalmente, as maiores e as mais importantes do ponto de vista sanitário. Assim, os despejos deveriam ser tratados no sistema público de esgotamento sanitário, mas nem sempre isso ocorre.

Atribuindo-se um consumo per capta diário de 50 litros de água e em função da população de uma determinada cidade, pode-se estimar o volume de esgotos produzido, cuja relação entre a população e a produção potencial de esgotos é apresentada na Figura 40.

Figura 40. Relação entre a população e produção de esgotos que potencialmente drenam na bacia de drenagem do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010

Com os procedimentos metodológicos adotados, observa-se que a cidade de Monteiro, por exemplo, com uma população em torno de 33 mil habitantes, tem um potencial para produzir mais de 400 mil m³ de esgotos por ano. Se os dejetos não forem transportados por redes coletoras, como visualizado nas Figuras 24 e 25, degradam o meio ambiente urbano e rural, além de serem vetores principais para vários tipos de patologia.

O sistema de esgotamento sanitário deve existir nas cidades para afastar a possibilidade de contato direto das pessoas com os próprios dejetos, evitando, com isso, diversos tipos de doenças provocadas por contaminação por meio de águas e alimentos contaminados.

A deposição de esgoto bruto no solo ou em mananciais hídricos, tais como: lagoas, açudes, rios, dentre outros é uma prática ainda empregada com muita frequência. A depender da carga orgânica, os esgotos provocam a total degradação do ambiente, especialmente, o aquático.

Contudo esta não é a realidade do Alto Curso do rio Paraíba, onde grande parte dos os dejetos produzidos nas cidades (Figura 40) é lançada diretamente no leito dos rios. Apenas para fazer mais um registro de degradação ambiental, observa-se na Figura 41 a degradação das matas ciliar e a deposição de esgoto nas margens do Rio Sucurú, o principal afluente desse trecho do alto curso Rio Paraíba, na cidade de Sumé.

Figura 41. Vista da degradação ambiental nas margens do Rio Sucurú, afluente do Alto Curso do rio Paraíba, e escoamento de águas residuárias (esgotos), oriundos da cidade de Sumé, PB.



Fonte: Éder G. P. Oliveira, 19/04/2017.

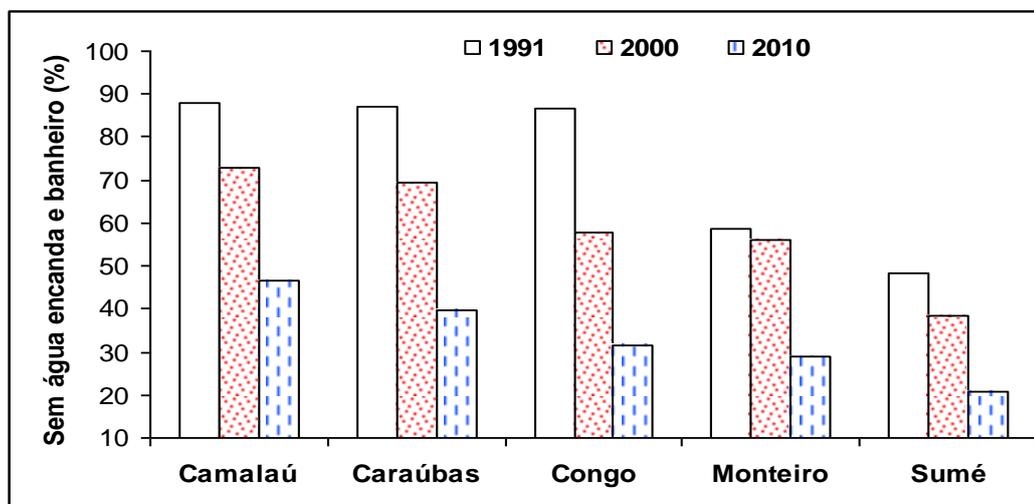
Esse tipo de prática antrópica (danosa) ocorre nas margens e nos leitos dos afluentes do Alto Curso do rio Paraíba tanto com lançamento de esgotos quanto pela retirada da mata ciliar e da vegetação nativa, em larga escala, para queima da lenha. Isso também ocorre com lançamento de resíduos sólidos, como se as margens de rios fossem depósitos de lixo.

O saneamento básico é uma atividade relacionada ao abastecimento de água potável, o manejo de água pluvial, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza urbana, etc., visando à saúde das comunidades.

Embora exista um grande avanço no Brasil, nos últimos 30 anos, um pouco mais da metade das cidades brasileiras tem rede coletora de esgoto. No entanto, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei do Saneamento Básico) prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água e tratamento da rede de esgoto.

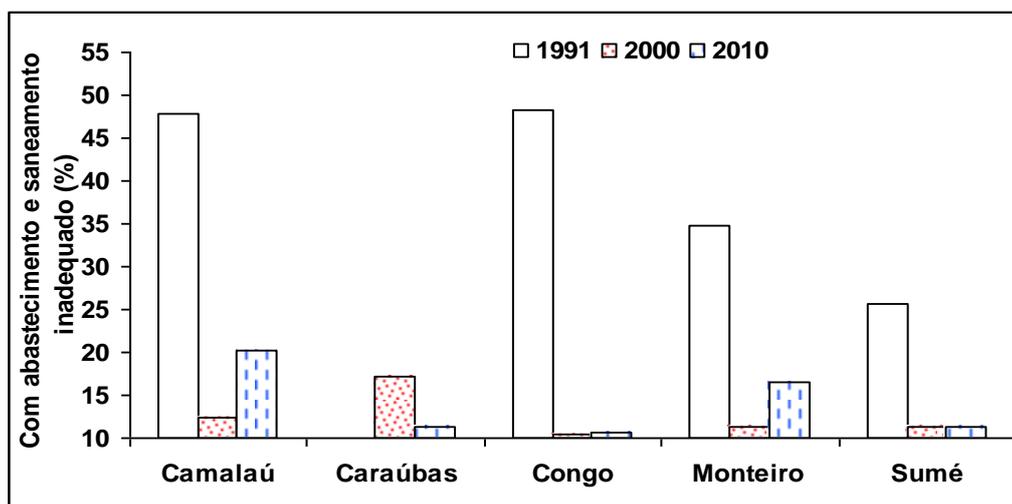
As Figuras 42 e 43 exemplificam e quantificam alguns dos itens relacionados ao saneamento básico com as suas respectivas evoluções temporais, para as cinco cidades localizadas no trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.

Figura 42. Evolução do saneamento básico, com os percentuais da população sem água encanada e banheiro, nas localidades do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010

Figura 43. Evolução do saneamento básico, com abastecimento de água e saneamento básico inadequado, nas localidades do trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010

Mesmo existindo avanços nessa atividade, ainda há na Paraíba, com em outros estados da federação, cidades com elevados percentuais de domicílios sem água encanada e sem banheiro, embora nos últimos trinta anos os percentuais sejam decrescentes (Figura 42).

Das cinco cidades analisadas em 1991, Camalaú, Caraúbas e Congo não tinha água encanada e/ou banheiros em mais de 80,0% dos domicílios. Nas duas maiores cidades (Monteiro e Sumé) esses indicativos são menores e vem evoluindo ao ponto de 2010, mais de 70,0 % das residências têm água encanada e banheiro. Isso demonstra, portanto, a necessidade de melhoria desses indicadores como garante a Lei 11.445.

O avanço existente no saneamento básico e, em especial, nas cinco cidades da microrregião do cariri paraibano, nem sempre atinge todos os itens, ou seja, mesmo existindo abastecimento de água, o saneamento é inadequado (Figura 43).

Verifica-se (Figura 43), que os percentuais são bem menores que os da Figura 41, mas as cidades de Camalaú e Congo continuam com quase 50,0 % das residências com saneamento inadequado. O avanço existente no saneamento básico e, em especial, nas cinco cidades da microrregião do cariri paraibano, nem sempre atinge todos os itens, ou seja, mesmo existindo abastecimento de água, o saneamento é inadequado (Figura 43).

Os rios são altamente capazes de depurar as águas e, por isso, podem transformar uma fonte poluída em um recurso hídrico puro. Mesmo com a evolução na melhoria nos indicadores de saneamento básico, mostrados nas Figuras 42 e 43, os córregos, rios que cortam as zonas urbanas se assemelham a grande porção de esgotos a céu aberto. O saneamento básico é fator de proteção à qualidade de vida, sua inexistência compromete a saúde pública e degrada o meio ambiente.

O diagnóstico ambiental proposto para o trecho final do Eixo Leste da transposição das águas do Rio São Francisco permitiu identificar os principais impactos da construção do Eixo Leste e os níveis de degradação da rede de drenagem da bacia receptora, através de visitas in loco e de técnicas de geoprocessamento.

Há na uma nova realidade na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, especialmente, no seu trecho inicial do alto curso, com a chegada das águas transpostas do Rio São Francisco. No entanto, urge a necessidade evitar a degradação ambiental, em todos seus aspectos, na referida bacia de drenagem, da adequabilidade do uso e cobertura do solo e na melhoria dos indicadores de saneamento básico.

A água é, sem dúvida, um recurso fundamental para os seres vivos e, portanto, uma necessidade social. A transposição das águas do velho Chico exige uma gestão eficiente e que

garanta ao mesmo tempo justiça social e segurança hídrica para o abastecimento público de água e o uso em atividades produtivas.

As obras de transposição dos eixos Norte e Leste têm impactos negativos, mas que são superados pelos positivos. A chegada das águas nas bacias receptoras é a esperança de dias melhores para os nordestinos.

O aspecto positivo supera o negativo, na busca de dinamizar a economia regional, de aumentar a oferta de água para abastecimento urbano e rural e reduzir o efeito da seca. Além disso, a certeza da existência da água significa dinamizar as atividades agrícolas e incorporar novas áreas ao processo produtivo, melhorar qualidade da água nas bacias receptoras e, especialmente, dotar de segurança hídrica para cerca de doze milhões de nordestino.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados alcançados, o diagnóstico permite concluir:

A água é uma necessidade social e, portanto, a transposição das águas do velho Chico exige uma gestão eficiente e que garanta ao mesmo tempo justiça social e segurança hídrica para o abastecimento público de água e o uso em atividades produtivas.

A chegada das águas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba é a garantia da segurança hídrica, ou seja, a certeza da oferta de água para abastecer cerca de 800 mil pessoas, residentes na cidade de Campina Grande e nos arredores, e para as atividades produtivas relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

As técnicas de geoprocessamento são ferramentas importantes para identificar, analisar e elaboração de mapas de cobertura vegetal, uso do solo e degradação ambiental. É explícito os efeitos deletérios das ações antrópicas no trecho inicial do Alto Curso do rio Paraíba tanto pelo uso inadequado do solo quanto pela retirada da cobertura vegetal, inclusive da mata ciliar

Os baixos indicadores de saneamento básico, das cinco cidades mais próximas à desembocadura do eixo leste da transposição, e outras ações antrópicas no recorte da bacia de drenagem contribuem tanto para degradar o alto curso quanto para influenciar na qualidade da água transposta.

Há necessidade urgente do tratamento de esgotos das cidades que compõem a bacia de drenagem do Alto Curso do rio Paraíba e não somente desviá-los e jogá-los nos mananciais que deságuam.

Há situações irregulares com relação à legislação e a preservação ambiental, tendo em vista a sustentabilidade da referida bacia hidrográfica, o que requer a aplicação de um planejamento ambiental e de uso eficiente da água eficiente.

A integração da bacia hidrográfica do Rio São Francisco com a do Paraíba requer uma gestão integrada e sustentável da água transposta, a fim de garantir o uso eficiente da água para fins de abastecimento e da produção e evitar o desperdício e/ou o desvio da água.

A população beneficiada com a transposição das águas do Rio São Francisco e o recorte geográfico do Alto Curso do rio Paraíba, como bacia receptora, precisam de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável local (convivência dos ribeirinhos) e não somente a água para abastecimento humano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. A, de; FARIAS, M. P. **Potential for rainwater catchment's as an alternative for human consumption in drier micro-region of the state of Paraíba, Brazil.** International Journal of Research in Geography (IJRG), v.1, n.2, p.32-37, 2015.

ALMEIDA, H. A. de, FREITAS, R. C., SILVA, L. **Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba através da técnica dos quantis.** Revista de Geografia (UFPE), v. 30, n. 1, p. 217-232, 2013.

ALMEIDA, H. A. de, MARINHO, C. F. C. E. Morfometria do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba e indicadores hídricos de susceptibilidade a erosão e à desertificação. In: **Aplicações ambientais brasileiras de geoprocessamento e sensoriamento remoto/Organizador, Bernardo Barbosa da Silva.** Campina Grande: EDUFPG, 2013, p.105-124.

ARAÚJO SEGUNDO NETO, F. V. de. **Análise Espacial das obras do Projeto de Integração do rio São Francisco (Eixo Leste) no estado da Paraíba.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

ARAÚJO, F. A. F. F. **Gestão da Água como um Bem Econômico: aplicação de Instrumentos Econômicos.** Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2013, 92 p.

AZEVEDO, L. G. T.; Porto, R. L. L.; MÉLLO JUNIOR, A. V.; PEREIRA, J. G.; ARROBAS, D. L. P.; NORONHA, L. C. P. **Transferência de Água entre Bacias Hidrográficas,** 1ª Edição, 1ª Reimpressão. Brasília, 2005, 93p.

BALLESTERO, E. **Inter-basin water transfer public agreements: a decision approach to quantity and price.** Water Resources Management. v. 18, p. 75-88, 2004.

BARROS, F. G. N., AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 4(1): 75-108, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Relatório de atividades: 2010**. Brasília: ANA, 2011.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Resultados Preliminares do Universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão Regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990, v 1: Brasil.

BRASIL; MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). **Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Integração do Rio São Francisco com o Nordeste Setentrional**. Brasília: MI, 2017.

BRASIL; MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): Projeto de Integração do Rio São Francisco com o Nordeste Setentrional**. Brasília: MI, 2004b.

BRASIL; MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO REGIONAL. **Decreto 94**, de 06 de julho de 1994. Brasília: MIR, 1994. www.codevasf.gov.br/principal/legislacao/decretos Acesso em: 06 do julho de 2013.

BOSSLE, R. C. QGIS. **Geoprocessamento na Prática**. Curitiba: Editora Ithala, 2015 1º ed.

BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon Press, Oxford. 193p, 1987.

CANDIDO, H. G.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 6(2):368-371, 2002.

CASTRO, C. N. **Transposição do rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto.** Instituto de Pesquisa Aplicada (IPEA), Texto para discussão (1577), 57p, 2011.

CHÁVEZ, L. P. **Concessão de Obras Hidráulicas Principais do Projeto Chavimochic**, 31 p, 2014. Disponível no site: www.proinversion.gob.pe.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

COELHO, Marco Antônio Tavares. **Projeto beneficia privilegiados**. Folha de S. Paulo, São Paulo. p. especial 5, 9 out.2005.

CONAMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em setembro de 2015.

CONAMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução nº 302 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em setembro de 2015.

DAVIS C.; MONTEIRO A. M. **Cartografia automatizada e GIS**. Fator GIS – A Revista do Geoprocessamento, Curitiba, ano 4, n.15, set. /out., 1996.

DE VILLERS, M. **Water the fate of our most precious resource**. Boston, New York: Houghton Mifflin Company, 2000.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão**. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 31, n. 6, 1996.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

GHEYI, H. R., PAZ, V. P. S., MEDEIROS, S. S., GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas /editores**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Degradação ambiental**. In: CUNHA, S.B; Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 337-339.

HENKES. S. L. **A política, o direito e o desenvolvimento: um estudo sobre a transposição do Rio São Francisco**. Revista Direito GV, São Paulo, 10(2): 497-534 2014.

HIDALGO, P. **Diagnóstico socioeconômico. João Pessoa: PRM/METROPLAN/AGP-RS**. 1992. 98p. Curso sobre Manejo Conservacionista de Bacias Hidrográficas. 1992.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI)**. Remote Sensing of Environment, 25, p.295-309, 1988.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa n. 118, p. 189-205, 2003.

LIMA, Francilaine Nóbrega de. **Diagnóstico ambiental da sub-bacia do rio Taperoá-PB**. Monografia do curso Geografia. Universidade Federal de Campina Grande, 2016, 67 p. – Campina Grande, 2016.

LORANDI, R.; CANÇADO, C.J. **Parâmetros Físicos para o gerenciamento de bacias hidrográficas**. In: **Conceito de bacia hidrográfica; teorias e aplicações**. Orgs: A. SCHIAVETTI e A.F.M. CAMARGO. Ilhéus, Ba: Editus, 2002. 236p.

MARINHO, C. F. C. E. **Caracterização hídrica e morfométrica do Alto Curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba**. In: Monografia do curso de especialização em GeoAmbiência e recursos hídricos do semiárido. Universidade Estadual da Paraíba, 2011, 67 p.

MARINHO, C. F. C. E.; ALMEIDA, H. A de. **Principais características morfométricas do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba**. Revista de Geografia (UFPE), 30 (2): 95-112, 2013.

MEADOWS, D. H. **The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. New York: Universe Books, 1972.

MEDEIROS, S. S. **Estudo da degradação ambiental da bacia do riacho Bodocongó, Campina Grande – PB**. 88 pg. Dissertação do Mestrado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

MENDONÇA, R. **Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade**. Editora Senac São Paulo. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, E.M.; SANTOS, M. J.; ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F. **Desertificação e seus impactos na região semi-árida do Estado da Paraíba**. *Ambiência*, V. 5, n. 1, p. 67 – 79, 2009.

OLIVEIRA, G. C. S.; NÓBREGA, R. S.; ALMEIDA, H. A. de. **Perfil socioambiental e estimativo do potencial para a captação de água da chuva em catolé de casinhas, PE**. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 29, no. 1, p. 75-90, 2012.

PERH-PB. **Plano estadual de recursos hídricos: Resumo executivo e atlas**. Governo Estadual da Paraíba: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão da água do Estado da Paraíba – AESA – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

PORTO, M. F. A., PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas. Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p- 43-60, 2008.

REBOUÇAS, A. C. **Águas subterrâneas**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Coord.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RIMA (2004) - **Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente do Projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional**, Brasília, Junho 2004. MI - Ministério da Integração Nacional.

ROCHA, J. S. M. da; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. P.13-120.

ROSA R. **Geotecnologias na geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, 16: 81-90, 2005.

SHRE. SNOWY HYDRO RENEWABLE ENERGY. **Snowy Mountains Scheme**. [on line]. <http://www.snowyhydro.com.au/>. 17. April. 2017.

SILVA, A. M. M.; HENRY, R.; CARVALHO, L. R.; SANTINI, J. A. J. **A capacidade de autodepuração de um curso de água: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu, SP)**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 10, n. 2, p. 83-99, 1998.

SILVA, J. X. DA; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368p.

SMITH, R. **Cuidados com a transposição**. Economia e Mais, Ceará, ano IV, n. 40, jun. 2000.

SOFFIATI, Artur. **As fozes do rio Paraíba do Sul**. Disponível em: http://www.cidadania.org.br/imprimir.asp?conteudo_id=1472&secao_id= Acesso em abril de 2017.

SOUZA, T.M. **Meio ambiente e gestão participativa: uma convergência**. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, 32 (1): p. 159-162, 1998.

SUASSUNA, J. **Semi-árido: Proposta de convivência com a seca**. FUNDAJ, 2002. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376. Acesso em fevereiro de 2017.

TEODORO, V. L.; 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.** In: REVISTA UNIARA: Revista do Centro Universitário de Araraquara, Araraquara/SP. n. 20, 2007, p. 137-156.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** IBGE, Rio de Janeiro, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977, 91 p.

TUCCI, Carlos E. M. Carlos André Mendes. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica** / Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, IIE, 2003, 248 p.

VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. **A bacia hidrográfica e a produção de água.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, p.54-6, 1983.

WBG. WORLD BANK GROUP. Wanjiazhai water transfer: Project Information Document. <http://documents.worldbank.org/curated/pt/562321468746682853/pdf/multi0page.pdf>. Acesso em 17 April de 2017.

WMO. **International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century.** 26-31 January 1992, Dublin, Ireland, 1992 55p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Manual On The Global Data-Processing And Forecasting System.** VOLUME I. Secretariat of the World Meteorological Organization – Geneva – Switzerland, 1992.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J. S.; BÚ, J. C. **Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba** – PB. Revista Tamoios, São Gonçalo, n. 2, p. 15-288, 2012.

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

ZAGO, V. C. P. **A valoração econômica da água** - uma reflexão sobre a legislação de gestão dos recursos hídricos do Mato Grosso do Sul. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*. 8(1), p. 27-32, 2007