



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**ENISVALDO CARVALHO DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS,  
MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM, BAHIA**

**Salvador**  
**2015**

**ENISVALDO CARVALHO DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS,  
MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM, BAHIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gisele Mara Hadlich

**Salvador**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca do Instituto de Geociências - UFBA

S586 Silva, Enivaldo Carvalho da.  
Caracterização de nascentes da sub-bacia do Rio Barrocas,  
Município de Senhor do Bonfim, Bahia / Enivaldo Carvalho da  
Silva.- Salvador, 2015.  
102 f. : il. Color.

Orientador: Profa. Dra. Gisele Mara Hadlich.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.  
Instituto de Geociências, 2015.

1. Hidrologia - Senhor do Bonfim (BA). 2. Bacias hidrográficas.  
3. Nascentes - Geologia. I. Hadlich, Gisele Mara. II. Universidade  
Federal da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 556.38(813.8)

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**CARACTERIZAÇÃO DE NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO  
BARROCAS, MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM, BAHIA.**

**ENISVALDO CARVALHO DA SILVA**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dra. Gisele Mara Hadlich**  
Doutora em Geografia  
Departamento de Geografia, UFBA, Brasil.

**Dr. Mario Jorge de Souza Gonçalves**  
Doutor em Geografia  
Departamento de Geografia, INEMA, Brasil.

**Dr. Antonio Puentes Torres**  
Doutor em Ciências Florestais  
Departamento de Geografia, UFBA, Brasil.

**Aprovada em Sessão Pública de 30/03/2015.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer àqueles a quem dedico este trabalho: minha família, por permitir que tudo isto acontecesse. Aos meus pais, pelos ensinamentos que contribuíram para minha emancipação; aos meus irmãos Ronivaldo Carvalho, Alexandrina Carvalho e Reginaldo Carvalho, pela preocupação e incentivo; aos meus tios e primos, pelo apoio; aos meus avôs e avós, não mais vivos, pelas sólidas pilastras construídas; à minha esposa Cícera e mãe dos meus filhos, pelo apoio incondicional, pelo cuidado com as crianças nos momentos que estive ausente, por trazer tranquilidade necessária para a conclusão deste trabalho.

Agradeço à Professora Gisele Mara Hadlich, pela orientação, compreensão e apoio nos momentos mais difíceis do caminho para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, que contribuíram de forma decisiva, em cada momento desta pesquisa: Marcio Lima Rios, Radamés Benevides, Vagson Luiz, Juraci Lima e Patrícia Santos. Aos grandes companheiros de campo, verdadeiros guerreiros: José Celestino, Márcio Cruz, Nivaldo Fernandes e Ariosvaldo Fernandes, além das famílias da comunidade Barroca do Faleiro, por me receberem de braços abertos.

Agradeço também ao Professor Antonio Puentes, pelas contribuições, pela confiança no trabalho e participação na banca examinadora. Deixo aqui um agradecimento especial aos colegas e professores das turmas de Mestrado e Doutorado do ano 2013 do Instituto de Geociências da UFBA, pelos momentos de alegria, companheirismo e aprendizado.

Ao Instituto Federal Baiano pelo apoio à qualificação dos seus profissionais, ao Instituto Nacional do Meio Ambiente, pelo fornecimento de informações e dados para o desenvolvimento da pesquisa, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, pela bolsa de estudo concedida, que viabilizou grande parte da pesquisa.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, em algum momento, mesmo que por pouco tempo, cooperaram para a realização deste sonho.

Espero ter contribuído com o enriquecimento do conhecimento científico, sobre o tema nascentes de rios, e que a pesquisa esteja à altura da confiança daqueles que acreditaram nela.

Obrigado!

## RESUMO

As nascentes emergem como sistemas essenciais na manutenção do equilíbrio hidrológico e, desta forma, são elementos fundamentais em bacias hidrográficas sob o ponto de vista geossistêmico. A importância das nascentes é indiscutível, levando-se em consideração a contribuição que esses sistemas dão aos canais de drenagem, fonte principal de abastecimento de água para população, sobretudo em ambientes inseridos no semiárido. O objetivo desta pesquisa é caracterizar as nascentes da sub-bacia do rio Barrocas, situada no terço superior do curso do rio Itapicuru, no município de Senhor do Bonfim, Bahia, no que se refere à hidrografia, hidrologia e condições ambientais. O trabalho está fundamentado na espacialização e caracterização física das nascentes localizadas no rio Barrocas, além da análise da dinâmica e da classificação, levando em consideração a magnitude e a persistência de seus fluxos. Após discussão e adoção do conceito acadêmico de nascente, foi possível a identificação e mapeamento das nascentes em campo. Foi feita uma caracterização do município de Senhor do Bonfim para contextualizar a sub-bacia do rio Barrocas, considerando aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, vegetação e uso do solo. O contexto hidrográfico também foi descrito e uma análise morfométrica da sub-bacia do rio Barrocas foi realizada. O traçado da rede de drenagem da sub-bacia foi checado em campo e corrigido/detalhado sobre mapa pré-existente. Foram realizadas duas campanhas em campo para mapear nascentes e medir suas vazões. Ao todo, foram mapeadas 42 nascentes, e medidas as vazões de 10 nascentes, nas duas campanhas. Segundo a classificação de Faria (1977), foram encontradas 3 nascentes móveis e 7 fixas, considerando-se o critério de migração. De acordo com a classificação de Meinzer (1927), 2 nascentes apresentaram magnitude 7 e 8, magnitude 8, sendo consideradas de débito baixo, porém dentro dos padrões de vazão das nascentes encontradas no Brasil. Com respeito à morfologia e ao tipo de exfiltração, características físicas que merecem destaque na caracterização das nascentes, foram encontradas na sub-bacia do rio Barrocas seis formas diferentes: 21 em concavidade, 5 em cavidade, 2 em afloramento, 2 em olho, 1 em duto e 3 em talvegue. Representando os pontos de exfiltração, tem-se 21 nascentes difusas, 19 nascentes pontuais e 2 nascentes múltiplas. Em relação às condições ambientais nas nascentes, a maior parte delas está protegida, sobretudo pelo fato de a sub-bacia se encontrar na Serra da Jacobina, local com elevadas declividades e difícil acesso, porém algumas nascentes já estão em fase de degradação pela ação humana.

Palavras-chave: Nascentes, classificação tipológica, hidrologia, bacia hidrográfica, morfometria, Senhor do Bonfim.

## ABSTRACT

Springs emerge like essential systems in maintaining the hydrological balance and, therefore, they are key elements in river basins under the geosystemic point of view. The importance of springs is undisputed, taking into consideration the contribution that these systems give to water course drainage, the main source of water supply for the population, especially in inserted in the semiarid environments. The objective of this research is to characterize the springs of the sub-basin of the Barrocas River. Situated in the upper third of the course Itapicuru river in the town of Senhor do Bonfim, Bahia State, with regard to hydrography, hydrology and environmental conditions. The work is based on the spatial and physical characterization of springs located in Barrocas basin, beyond the analysis of the dynamics and their classification, taking into account the magnitude and persistence of their flows. After the discussion and adoption of the academic concept of spring, it was possible to identify and map the springs in the field. It was made a characterization of the town Senhor do Bonfim to contextualize the sub-basin of the Barrocas river, considering geological features, geomorphology, soil, vegetation and land use. The hydrographic context has also been described and it was made a morphometric analysis of the sub-basin of the Barrocas River. The design of the drainage system of the sub-basin was checked in the field and detailed on pre-existing map. Two campaigns were carried out in the field to map springs and measure their flow. 42 springs in total were mapped, and measures flow were made in 10 springs in both campaigns. According to Faria classification (1977), there were founded three movable springs and seven fixed springs, taking into consideration the migration criteria. According to the classification of Meinzer (1927), two springs showed magnitude 7 and eight showed magnitude 8; they are considerate as low output, although within the flow patterns of the springs found in Brazil. Considering the morphology and the type of exfiltration, which are physical characteristics that are worth mentioning in the characterization of the springs, there were found in the sub-basin of the Barrocas River six different springs: 21 in recess, five in the cavity, two in outcrop, two in eye, one in duct and three in thalweg. Representing the points of exfiltration, there were 21 diffuse sources, 19 point springs and two multiple springs. With regard to environmental conditions of the springs, most of them are protected, especially because the sub-basin is located in the mountain range of Jacobina, a place with high slopes and difficult access. However some springs are already in phase of degradation by human action.

Keywords: Springs, typological classification, hydrology, River basins, morphometry, Senhor do Bonfim.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Classificação de Meinzer para determinação das classes das nascentes de um rio.....	39
<b>Quadro 2</b> Localização de 10 nascentes comparadas em duas campanhas de campo (C1 e C2) e classificação de migração segundo Faria (1997).....	74
<b>Quadro 3 .</b> Pluviosidade do município de Senhor do Bonfim, durante os anos de 2013 e 2014, e indicação dos períodos de campanha de campo (C1 e C2) .....	78
<b>Quadro 4 .</b> Morfologia e tipo de exfiltração das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas .....	91
<b>Quadro 5 .</b> Descrição do estado de conservação de nascentes localizadas na sub-bacia do rio Barrocas .....	92



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classes de uso e ocupação do solo e respectivas áreas (em km <sup>2</sup> e em percentuais) em 2013 na sub-bacia do rio Barrocas no município de Senhor do Bonfim, Bahia.....	62
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do rio Barrocas .....	70
<b>Tabela 3.</b> Relação hierárquica, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas .....	70
<b>Tabela 4.</b> Relação dos números de canais e o índice de bifurcação da sub-bacia do rio Barrocas .....	70
<b>Tabela 5.</b> Localização (Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: Sirgas 2000) de vazões (L/s) das nascentes estudadas na 1 <sup>a</sup> campanha de campo (C1). As nascentes seguidas por asterisco são aquelas que tiveram sua vazão medida nas duas campanhas de campo (C1 e C2).....	76
<b>Tabela 6.</b> Localização (Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: Sirgas 2000) e vazões (L/s) das nascentes estudadas na 2 <sup>a</sup> campanha de campo (C2). As nascentes seguidas por asterisco são aquelas que tiveram sua vazão medida nas duas campanhas de campo (C1 e C2) .....	77
<b>Tabela 7.</b> Vazão média anual de 10 nascentes na sub-bacia do rio Barrocas.....	78

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Gráfico com as porcentagens das formas morfológicas das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas.....	90
<b>Gráfico 2.</b> Gráfico com as porcentagens das tipologias das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas.....	90

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização do Município de Senhor do Bonfim, no Estado da Bahia, na Microrregião de Senhor do Bonfim. A sub-bacia do rio Barrocas situa-se na parte oeste do município .....	16
<b>Figura 2.</b> Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Barrocas, no curso superior do rio Itapicuru, no município de Senhor do Bonfim, Bahia .....	17
<b>Figura 3.</b> Identificação de uma nascente em brejo na sub-bacia do rio Barrocas .....	37
<b>Figura 4.</b> Nascente em encosta com afloramento rochoso na sub-bacia do rio Barrocas .....	39
<b>Figura 5.</b> Nascente em depressão com borbulhamento na sub-bacia do rio Barrocas .....	40
<b>Figura 6.</b> Nascente difusa na sub-bacia do rio Barrocas .....	40
<b>Figura 7.</b> Gráficos de precipitação na estação meteorológica de Senhor do Bonfim, nos anos 2013 (a) e 2014 (b) .....	42
<b>Figura 8.</b> Cano utilizado para captar a vazão de nascente na sub-bacia do rio Barrocas .....	43
<b>Figura 9.</b> Medição de vazão em sacolas plásticas adaptáveis ao substrato do fluxo .....	43
<b>Figura 10.</b> Recipiente graduado para onde a água coletada era transferida .....	44
<b>Figura 11.</b> Localização do município de Senhor do Bonfim no Estado da Bahia e localização da sub-bacia do rio Barrocas no município .....	46
<b>Figura 12.</b> Localização da RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas) do rio Itapicuru no Estado da Bahia .....	50
<b>Figura 13.</b> Desmatamento de áreas de serra seguido de queimada próximo a uma nascente na sub-bacia do rio Barrocas .....	52
<b>Figura 14.</b> Balanço hídrico e armazenamento de água no solo de Senhor do Bonfim (1961-1990) .....	53
<b>Figura 15.</b> Leito do rio Itapicuru com assoreamento e em estado de degradação no distrito de Carrapichel, em Senhor do Bonfim, Bahia .....	54
<b>Figura 16.</b> Cultivo agrícola irregular às margens do rio Itapicuru .....	55
<b>Figura 17.</b> Trecho do rio Barrocas, afluente do rio Itapicuru, na localidade Barroca do Faleiro.....	55
<b>Figura 18.</b> Hipsometria da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia.....	57
<b>Figura 19.</b> Mapa de declividade da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia.....	58

<b>Figura 20.</b> Mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia.....	59
<b>Figura 21.</b> Floresta estacional na sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia .....	60
<b>Figura 22-</b> Mapa do uso do solo da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru , Bahia .....	61
<b>Figura 23.</b> Residências de baixa renda que desenvolvem atividades agropecuárias de subsistência na sub-bacia do rio Barrocas .....	62
<b>Figura 24.</b> Área da sub-bacia do rio Barrocas, desmatada para o desenvolvimento de pastagem .....	63
<b>Figura 25</b> Agricultura de subsistência de jiló existente na sub-bacia do rio Barrocas.....	64
<b>Figura 26.</b> Agricultura de subsistência de banana existente na sub-bacia do rio Barrocas.....	64
<b>Figura 27.</b> Base cartográfica da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas, Bahia, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, digitalizada pela SEI com base em Brasil (1968).....	66
<b>Figura 28.</b> Córregos percorridos em campo, com pontos georreferenciados, para maior detalhamento da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas .....	67
<b>Figura 29.</b> Rede de drenagem detalhada da sub-bacia do rio Barrocas .....	68
<b>Figura 30.</b> Hierarquia fluvial, segundo Strahler, da sub-bacia do rio Barrocas .....	69
<b>Figura 31.</b> 42 nascentes georreferenciadas na sub-bacia do rio Barrocas .....	71
<b>Figura 32.</b> Nascentes georreferenciadas na primeira campanha de campo (C1) .....	72
<b>Figura 33.</b> Nascentes georreferenciadas na segunda etapa de campo (C2) .....	73
<b>Figura 34.</b> Localização (sobreposição) das nascentes mensuradas em duas campanhas de campo .....	75
<b>Figura 35.</b> Localização (sobreposição) das nascentes ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia.....	79
<b>Figura 36.</b> Nascentes de magnitude 7 (vazão média anual entre 0,6 e 4 L/s), segundo classificação de Meinzer (1927), encontradas na sub-bacia do rio Barrocas .....	81
<b>Figura 37.</b> Nascentes de magnitude 8 (vazão média anual inferior a 0,6 L/s), segundo classificação de Meinzer (1927), encontradas na sub-bacia do rio Barrocas .....	82
<b>Figura 38.</b> Localização (sobreposição) das nascentes de magnitude 7 ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia.....	83
<b>Figura 39</b> Localização (sobreposição) das nascentes de magnitude 8 ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia.....	84

<b>Figura 40.</b> Nascente em concavidade na sub-bacia do rio Barrocas .....	85
<b>Figura 41.</b> Nascente em afloramento rochoso na sub-bacia do rio Barrocas .....	85
<b>Figura 42.</b> Nascente em duto na sub-bacia do rio Barrocas .....	86
<b>Figura 43.</b> Nascente em olho na sub-bacia do rio Barrocas .....	86
<b>Figura 44.</b> Nascente em cavidade erosiva na sub-bacia do rio Barrocas .....	87
<b>Figura 45.</b> Nascente em talvegue de sulco erosivo na sub-bacia do rio Barrocas .....	87
<b>Figura 46.</b> Nascente pontual na sub-bacia do rio Barrocas .....	88
<b>Figura 47.</b> Nascente difusa na sub-bacia do rio Barrocas .....	89
<b>Figura 48.</b> Nascente múltipla na sub-bacia do rio Barrocas .....	89
<b>Figura 49.</b> Situação das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas, quanto à conservação do seu entorno.....	93
<b>Figura 50.</b> Área degradada às margens de um córrego na sub-bacia do rio Barrocas .....	94

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
3.1	GERAL .....	21
3.2	ESPECÍFICOS .....	21
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
4.1	TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSISTEMAS .....	22
4.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTÊMICO AO ESTUDO DE NASCENTES NA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS, MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM, BAHIA .....	25
4.3	BACIA HIDROGRÁFICA E NASCENTES: CONCEITOS E TIPOLOGIAS .....	28
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>33</b>
5.1	MAPEAMENTOS E IDENTIFICAÇÃO DE NASCENTES.....	34
5.1.1	Mapa de uso do solo .....	34
5.1.2	Modelo Digital do Terreno (MDT) .....	35
5.1.3	Mapa Geológico .....	36
5.1.4	Identificação de nascentes .....	36
5.2	LOCALIZAÇÃO DAS NASCENTES E MEDIÇÃO DE VAZÃO.....	38
5.3	ANÁLISE DOS DADOS .....	45
<b>6</b>	<b>A SUB-BACIA DO RIO BARROCAS NO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM E NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU .....</b>	<b>46</b>
6.1	GEOLOGIA DO ALTO ITAPICURU.....	47
6.2	GEOMORFOLOGIA E VEGETAÇÃO DO ALTO ITAPICURU.....	48
6.3	CONTEXTO DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU.....	49
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E USO DO SOLO DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS.....	56
6.4.1	Geologia da sub-bacia do rio Barrocas.....	58
6.4.2	Solos da sub-bacia do rio Barrocas.....	59
6.4.3	Vegetação da sub-bacia do rio Barrocas.....	60
<b>7</b>	<b>A SUB-BACIA DO RIO BARROCAS: HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA .....</b>	<b>65</b>
7.1	COMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM.....	65
7.2	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS.....	68

7.3	MAPEAMENTO DAS NASCENTES: HIDROGRAFIA.....	71
7.4	NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS: HIDROLOGIA.....	75
7.5	DESCRIÇÃO DAS NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS.....	84
7.6	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES .....	92
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação, a degradação e a destruição das nascentes são alguns dos diversos problemas rurais existentes no país. O Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), manteve os conceitos de Área de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), com o objetivo de conservar áreas que desempenham funções ecológicas importantes, não só relacionadas à proteção da natureza, mas ao próprio bem-estar das populações, incluindo a proteção do solo e da água. Assim, foram consideradas APPs as áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, localizadas ao longo dos rios, nas margens de lagoas, nos reservatórios de água, nas bordas de chapadas, nos topos de morros, nas encostas muito acentuadas e nas nascentes que tiveram, desta forma, a sua importância atestada pela legislação ambiental brasileira.

Apesar da obrigatoriedade legal e da evidente necessidade de proteção das nascentes, esses ambientes frágeis têm sido degradados pelas ações humanas em espaços rurais, sendo a mineração, a agricultura e a pecuária exemplos dessas agressões, o que torna o estudo das nascentes ainda mais complexo devido às variações dos processos existentes (FELIPPE, 2009). Dessa forma, nascentes que ainda se encontram preservadas podem chegar a um estágio elevado de degradação, posto que é relativamente comum em meio rural que nascentes sejam destruídas por agricultores e pecuaristas que implantam pequenas lavouras e pastagens nas suas imediações, criando diversos problemas, como a diminuição da vazão das nascentes e até mesmo sua extinção.

Existem diversas definições para nascentes de rios, sendo que nesta dissertação foi adotado o conceito de nascente de Felipe (2009), segundo o qual, nascentes são sistemas ambientais naturais em que ocorre o afloramento da água subterrânea de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial. As nascentes promovem a passagem da água subterrânea para a superfície, contribuindo para a formação de pequenos córregos e rios que são as formas mais comuns de expressão espacial das águas superficiais.

Sob esse ponto de vista, as nascentes emergem como sistemas essenciais na manutenção do equilíbrio hidrológico e, conseqüentemente, ambiental. Porém, são poucos os trabalhos acadêmico-científicos que têm as nascentes como foco principal de estudo, principalmente em espaços rurais, caracterizados por extensas alterações nas condições naturais.



Tendo em vista os problemas gerados pela devastação das áreas de cabeceira ou de recarga que afetam diretamente os rios, seja pelo desmatamento, seja pela ocupação irregular do solo, que são, em grande parte, responsáveis pela gradual redução da quantidade e da qualidade de água disponível nas bacias hidrográficas, percebe-se a importância da preservação das áreas de cabeceiras, que são áreas cruciais para o reabastecimento dos lençóis freáticos, dos aquíferos, das nascentes e, conseqüentemente, dos rios.

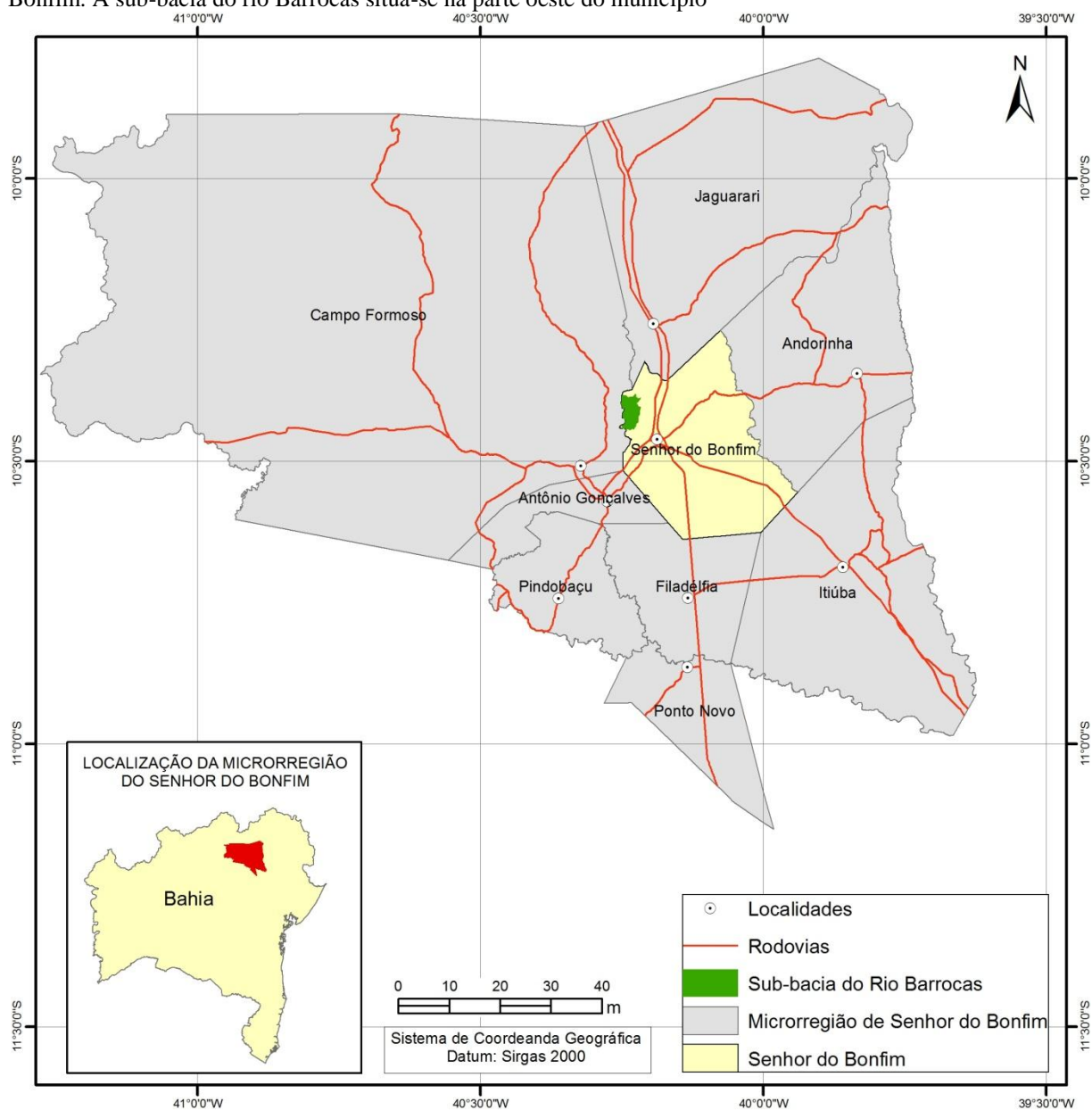
É nesse contexto que se eleva a importância ambiental das nascentes do rio Barrocas, afluente do rio Itapicuru, no Município de Senhor do Bonfim, que ainda não foram ocupadas por atividades econômicas. Aparentemente, as nascentes que ocorrem no município, especificamente junto à Serra da Jacobina, encontram-se em um estágio de degradação comparativamente menor, guardando características semelhantes às naturais, sobretudo em termos morfológicos, pedológicos e biogeográficos.

Mesmo quando impactadas pelo homem, as nascentes não perdem sua importância para a manutenção dos fluxos hidrológicos superficiais e para todos os conhecidos benefícios que a água traz em termos ambientais. Sendo assim, propõe-se realizar uma caracterização hidrográfica e hidrológica de nascentes encontradas na sub-bacia do rio Barrocas. Pretende-se não somente identificar, mas também avaliar as condições ambientais e gerar uma caracterização e classificação tipológica das nascentes mapeadas. Espera-se, assim, contribuir para a compreensão da dinâmica e configuração das nascentes no município, com o intuito de colaborar para a gestão desses ambientes que são de grande importância para a manutenção do equilíbrio ambiental e o desenvolvimento social e econômico do município e região.

## 2 JUSTIFICATIVA

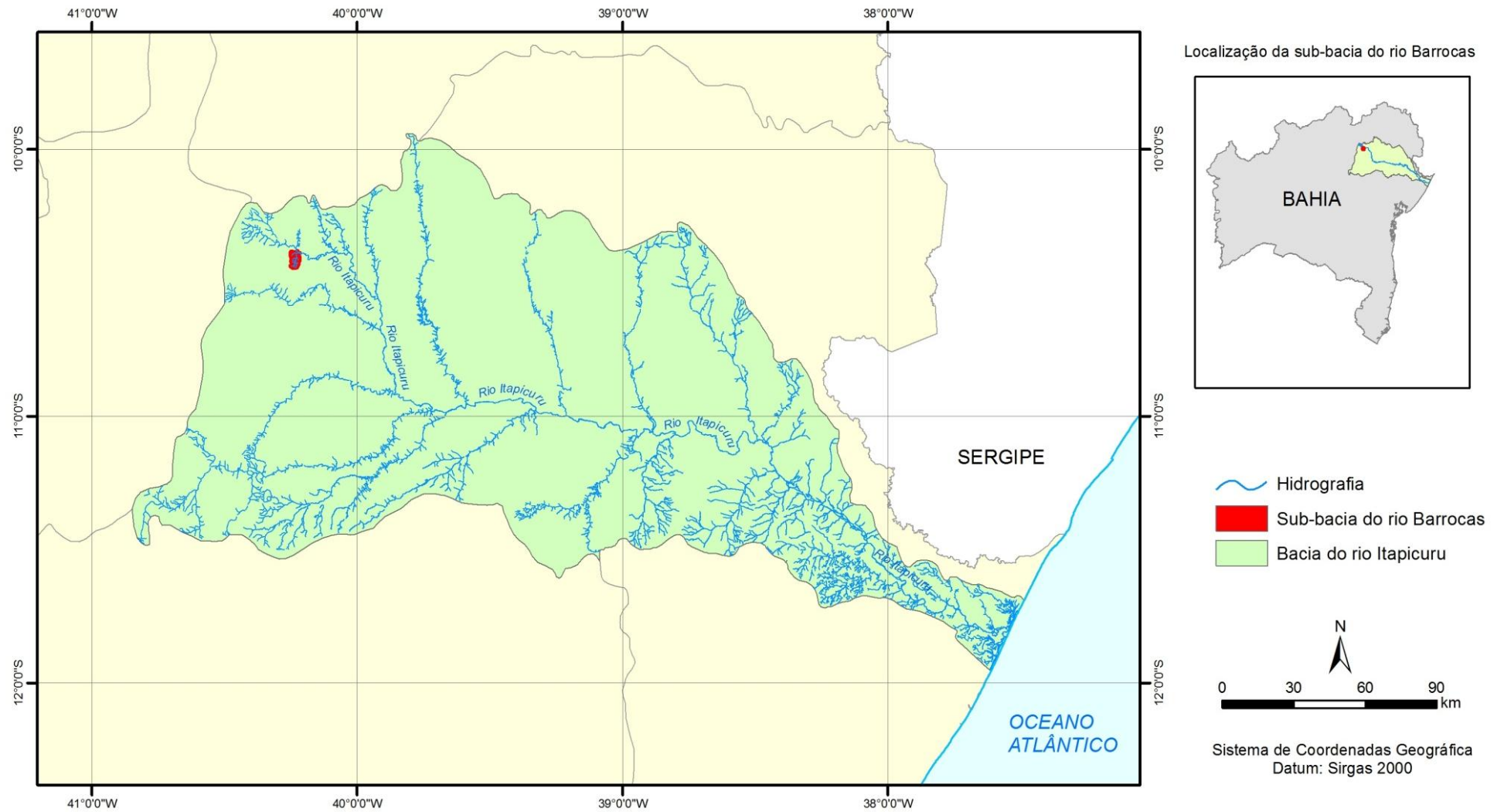
O rio Barrocas situa-se próximo ao limite oeste do município de Senhor do Bonfim, situada no norte do Estado, distante 376 quilômetros da capital do Estado, Salvador (Figura 1). A sub-bacia do rio Barrocas está ligada ao sistema hidrológico do rio Itapicuru (Figura 2), estando localizada no terço superior de seu curso.

**Figura 1** - Localização do Município de Senhor do Bonfim, no Estado da Bahia, na Microrregião de Senhor do Bonfim. A sub-bacia do rio Barrocas situa-se na parte oeste do município



Elaboração: o próprio autor com base em Bahia (2010)

**Figura 2** - Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Barrocas, no curso superior do rio Itapicuru, no município de Senhor do Bonfim, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Bahia (2012)

O município é, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a 23ª cidade mais populosa do interior da Bahia, com 80.258 mil habitantes. É também o centro de confluência de uma região que reúne mais de 300 mil habitantes no interior baiano. Senhor do Bonfim possui uma área territorial de 827,487 km<sup>2</sup>, o que resulta numa densidade demográfica de 89,93 habitantes por quilômetro quadrado (BRASIL, 2013).

Por ser centro de uma região que demanda cada vez mais do município, devido aos serviços prestados na educação, saúde e comércio, há uma necessidade urgente de manter e preservar o manancial hídrico das nascentes que formam o rio Barrocas e os demais rios do município, a fim de garantir o desenvolvimento regional nas próximas décadas. Além disso, a região está localizada no semiárido baiano, que convive frequentemente com o problema das estiagens, com sérias consequências econômicas e sociais para a população.

O município teve origem do povoamento da região por portugueses, tendo os indígenas e os escravos como elementos importantes no incremento das atividades que se desenvolveram ali. A área onde hoje é denominada cidade de Senhor do Bonfim, em 1750 recebeu oficialmente o nome de Arraial do Senhor do Bonfim da Tapera. Em 1º de outubro de 1799 foi emancipada à vila e passou a ser chamada de Vila Nova da Rainha e mais tarde, de acordo com a lei provincial nº 2.499, de 28 de maio de 1885, foi elevada à categoria de município com o nome de Senhor do Bonfim (MACHADO, 2007).

A cidade, que está à margem da BR-407, já foi rota das bandeiras que se dirigiam às margens do Rio São Francisco transportando gado, ou às minas de ouro de Jacobina. Hoje é um centro de confluência de uma região que abrange mais de sete municípios, ressaltando que a Estrada de Ferro São Francisco exerceu influência fundamental na estruturação e no desenvolvimento do município, em especial o aumento da dinâmica comercial, em função da maior agilidade no transporte de mercadorias, do acesso facilitado de viajantes ao município e da distribuição de água para as diversas necessidades.

A ferrovia, em sua maior parte, atravessava (e ainda atravessa) uma zona muito árida, constantemente assolada pelo fenômeno da seca. O trecho de Aramary à antiga Vila Nova, atual Bonfim, com 309 quilômetros, era o trecho mais seco do percurso. Os trens que trafegavam na estrada tinham sua capacidade prejudicada porque transportavam água em seus vagões-tanques não só para abastecer as locomotivas, como para distribuí-la pela população que vivia às margens da estrada, aglomerando-se nas estações esperando a chegada do trem com água potável para beber (BENEVOLO, 1953 citado por FERNANDES, 2006, p. 153).

A falta de água gera dificuldades sociais para as pessoas que habitam determinado espaço. Como bem observou Santos (1988, p. 26), “o espaço deve ser considerado como um conjunto indissociável de que participam, de um lado, certo arranjo de objetos geográficos,

objetos naturais, e objetos sociais, e, de outro, a vida que preenche e os anima, ou seja, a sociedade em movimento.”

Sem água, torna-se difícil ou mesmo impossível o desenvolvimento da agricultura e da criação de animais, atividades de grande relevância para a manutenção da vida de grande parte da população da região. Destarte, a falta de água limita o desenvolvimento de atividades econômicas, gerando problemas sociais no sertão nordestino.

Segundo informações obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (BRASIL, 2015b), no último ano que antecedeu esta pesquisa iniciada em outubro de 2013, a pluviosidade média registrada não ultrapassou os 400 mm anuais. O município sofreu uma seca severa a partir do segundo semestre de 2011, apresentando uma pluviosidade de 145 mm em seis meses e apenas 328 mm no ano de 2012. Esta situação, que atingiu grande parte do Nordeste brasileiro, provocou colapso de água em várias cidades do semiárido, inclusive em Senhor do Bonfim, crise esta que foi amenizada graças a existências de “nascentes” existentes na serra de Jacobina, na localidade de Barroca do Faleiro, que contribuíram para o abastecimento de carros-pipas com água para o consumo humano, atenuando a situação da população, que viveu dias de extremo racionamento. Conflitos motivados pela decisão do poder público de suspender o uso da água, para atividades agrícolas em detrimento do uso da água para o consumo humano, gerou vários protestos por partes de agricultores e pecuaristas que encontravam-se desesperados por conta da grande perda de suas lavouras e rebanhos.

Nesse contexto emerge a importância das nascentes e rios que cortam Senhor do Bonfim, a exemplo do Barrocas, afluente do rio Itapicuru, ao longo do qual está em estudo a construção de uma barragem denominada Barroca do Faleiro, que exercerá um papel fundamental nas ações de amenização dos efeitos da seca e na melhoria da qualidade de vida do homem do campo. Essa barragem será responsável pelo armazenamento da água e perenização do referido rio, com o intuito de garantir o abastecimento urbano de água, o fornecimento de água para irrigação de lavouras, amortecimento de cheias, manutenção de vazão ecológica, além do desenvolvimento socioeconômico regional. Porém, ações como essas não terão resultados positivos se não forem levados em conta os pontos de exfiltração, que são ambientes particulares, com uma complexidade hidrológica ainda pouco interpretada.

Segundo Castro (1995), a escala é um problema metodológico essencial para a compreensão do sentido e da visibilidade dos fenômenos numa perspectiva espacial. Vale ressaltar que o ponto de partida desse estudo será o fenômeno nascente devido à importância que possuem para a manutenção dos recursos hídricos do recorte estudado, em escala local, e considerando também que as visibilidades das propriedades do local podem ser generalizadas

para escalas regional e nacional. Estas observações partem da premissa de que “Cada estudo merece ser colocado dentro de sua perspectiva correta, isto é, dentro do seu campo de pertinências, não somente em relação à área escolhida mas também em relação ao tipo de dados utilizados na análise.” (RACINE; RAFFESTIN; RUFFY, 1983, p. 125).

Nesse sentido, esses pontos de exfiltração são locais de importância primeira para a dinâmica hidrológica; são responsáveis, ainda que parcialmente, pela origem dos recursos hídricos de mais fácil acesso à maioria da população e dos setores econômicos: agropecuária, indústria e serviços, posto que os custos financeiros de utilização das águas superficiais são consideravelmente menores do que o das águas subterrâneas, sobretudo em países tropicais, como o Brasil.

A especificidade ambiental que condiciona e caracteriza as nascentes impõe uma necessidade evidente de proteção desses sistemas, para a manutenção do equilíbrio hidrológico e do meio.

Na Sub-bacia do rio Barrocas, localizada no terço superior do rio Itapicuru, nunca houve um projeto, seja científico, acadêmico, governamental ou privado, que objetivasse localizar, identificar, mapear e caracterizar suas nascentes. Sabe-se que as informações sobre as nascentes na região do Itapicuru são restritas e não estão sistematizadas.

Desse modo, o conhecimento de localização das nascentes fica a cargo da comunidade que vive próximo aos locais onde elas surgem. Assim, por conta do convívio no local, acabam por identificá-las. Embora isso aconteça e haja uma inquestionável necessidade de proteção de nascentes, prevista no Código Florestal brasileiro, Lei nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), muitas não são conhecidas e nunca foram objetos de estudo. Diante disso, este projeto de pesquisa pretende contribuir para a compreensão da dinâmica e configuração das nascentes no município em estudo, com o intuito de colaborar com a gestão desses ambientes.

Acredita-se que não há possibilidade de proteger as nascentes e, conseqüentemente, os recursos hídricos, sem que se saiba sua localização e suas características ambientais.

Assim, os resultados alcançados nesse trabalho poderão colaborar com o desenvolvimento do conhecimento científico sobre a temática, bem como, pragmaticamente, poderão contribuir para políticas públicas de melhoria da qualidade ambiental em meio rural para ações de planejamento ambiental público e privado.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Caracterizar as nascentes da sub-bacia do rio Barrocas, situada no terço superior do curso do rio Itapicuru, no município de Senhor do Bonfim, Bahia, no que se refere à hidrografia, hidrologia e condições ambientais.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Caracterizar aspectos do meio físico da sub-bacia do rio Barrocas;
- identificar, localizar e mapear nascentes da sub-bacia do rio Barrocas;
- analisar as vazões de nascentes em diferentes períodos anuais e classificá-las;
- verificar o uso do solo no município, especialmente na sub-bacia do rio Barrocas, e descrever as condições ambientais em que se encontram as nascentes.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

Apresenta-se, como base teórica para o estudo de nascentes na sub-bacia do rio barrocas, o método sistêmico capaz de proporcionar as relações entre sociedade e natureza, por meio dos elementos que compõem uma bacia, resultando em uma unidade dinâmica, a partir das inter-relações dos elementos físicos, biológicos e humanos. A bacia hidrográfica em estudo foi considerada como um geossistema, por apresentar como unidade o escoamento superficial da água, que corresponde ao fluxo de energia e de matéria que definem topograficamente (em superfície) a própria bacia hidrográfica, sendo que os pontos iniciais desses fluxos são as nascentes, aqui entendidas como unidades internas do geossistema, consideradas como geótopo.

Fundamentando esta perspectiva, segue uma sucinta revisão sobre Geossistemas.

### 4.1 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSSISTEMAS

O método Geossistêmico foi formulado, no início dos anos 50 do século XX, para aplicação da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy ao estudo da superfície terrestre e suas paisagens naturais, sejam elas modificadas ou não pela ação do homem. Inicialmente esta teoria foi proposta por Viktor Borissevich Sotchava, acadêmico do Instituto de Geografia da Sibéria e Extremo Oriente, por volta dos anos 60 do século XX. Concomitantemente, o francês Georges Bertrand publicou, em 1968, o livro "a Paisagem e a Geografia Física Global" que posteriormente foi traduzido por Olga Cruz, em 1972. Jean Tricart, em 1965, publicou sua classificação Ecodinâmica do meio ambiente, já assinalando o aparecimento da teoria sistêmica na geografia. Apresentam-se aí duas escolas na discussão da teoria, de um lado a escola russa e do outro a escola francesa, sendo que eles divergiam por meio da classificação das unidades de paisagem, pois a escola russa utilizava como atributo as formações biogeográficas e a escola francesa utilizava a geomorfologia como parâmetro chave para delimitação de tais atividades (RODRIGUES, 2001).

Nota-se que o período de eclosão da Teoria Geral dos Sistemas remetia-se às décadas de 60/70 do século passado, época em que a corrente epistemológica reinante era a teórica quantitativa, sob a qual a geografia era apoiada pelos modelos lógico-matemáticos, uma das fontes de inspiração dessa teoria foi a escola dos naturalistas do século XIX, cujas práticas foram disseminadas, principalmente, por meio das nascentes sociedades geográficas do século



XX, que contribuíram muito para o desenvolvimento no contexto da geografia física. Nomes como o de Von Richthofen ou de Von Humboldt, sempre lembrados na história do pensamento geográfico, por terem contribuído na estruturação da geografia como ciência, agora também são lembrados porque suas práticas acabaram induzindo a consolidação de determinados procedimentos metodológicos, como a observação e a descrição detalhada do campo. Como este período foi marcado pelas grandes expedições e descrições territoriais, pelas inúmeras sociedades geográficas que foram fundadas e influenciadas pelo positivismo, então a escola dos naturalistas exerceu uma grande influência para o conjunto da geografia física, porém outras influências metodológicas, que não ocorreram simultaneamente, contribuíram para o surgimento de outras escolas de geografia física e a falta de intercâmbio entre essas escolas contribuiu para um desenvolvimento descontínuo e relativamente isolado do conhecimento teórico-metodológico da geografia física, no qual a construção da teoria geossistêmica está inserida. Esta teoria contribuiu para formação de alguns conceitos na área da geografia física, porém sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva acabaram inibindo a utilização de suas ideias centrais na geografia humana. Mas, apesar dessas características, Tricart (1980) demonstrou níveis de compatibilização dessa teoria com a lógica dialética, aproximando um pouco mais a geografia física da geografia humana e contribuindo para a amenização da dicotomia entre as áreas. Vale ressaltar que no caso específico da geografia física e da teoria dos geossistemas, houve empecilhos de ordem cultural e política para uma maior disseminação do conhecimento, dentre os quais podemos citar, como exemplo, as barreiras da língua, que retardam o conhecimento da escola russa e inibem o desenvolvimento efetivo da teoria geossistêmica, na construção de conceitos teóricos e metodológicos na geografia física, percebe-se, então, que muito trabalho está por ser realizado no plano metodológico e que essa teoria necessitaria ser rediscutida em abordagem dialética para, de fato, ser melhor aplicada e aproveitada em estudos geográficos. Como trata Suertegaray (2002, p. 41),

na lógica dialética, o campo como realidade não é externo ao sujeito e a pesquisa é fruto da interação dialética entre sujeito e objeto, nesta concepção estamos no mundo para pensá-lo, pesquisa pressupõe reconhecer para intervir, diferente da lógica positivista que limita a aproximação entre a geografia física e humana uma vez que nesta concepção o campo (realidade concreta) é externo ao sujeito, o conhecimento está no objeto, portanto no campo, no que vemos.

Para Sotchava (1978), um geossistema é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera e a sociedade humana.

A respeito dos estudos desenvolvidos transversalmente da análise geossistêmica, aborda-se como fator relevante a classificação em três ordens dimensionais: planetária, regional e topológica, com classes homogêneas e diferenciadas, sendo elas chamadas de geômeros geócoros.

A classificação hierárquica proposta por Sotchava considera a paisagem dinâmica, aberta e organizada, onde o geossistema apresenta-se constantemente em mudança, devido ao conjunto de transformações sofridas em suas propriedades como um todo integrado. Vale ressaltar que homogeneidade e diferenças estão contidas em cada geossistema, significando, portanto, que um determinado espaço conceituado como homogêneo poderá possuir caráter de heterogeneidade no mesmo local (LIMA, 2004, p. 24).

O geossistema é um complexo dinâmico espaço-temporal usado na identificação e delimitação das unidades geossistêmicas, dando sentido ao entendimento de paisagem, que é considerada “o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, dos fatores físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução.” (BERTRAND, 2004, p. 141).

Julga-se, portanto, que para conhecer a paisagem faz-se necessário parcelar todo o seu conjunto, e esse conjunto não se reconstitui isoladamente, a partir tão somente da união das partes, e sim a partir da inter-relação e interdependência entre as mesmas partes que a integram, possibilitando o entendimento da paisagem.

Bertrand (2004), classifica as unidades da paisagem em superiores e inferiores, as superiores são: zona, domínio e região natural; e as inferiores: geossistemas, geofácies (aspectos superficiais das paisagens - solo, vegetação e ação social) e geótopo (unidades menores de um geossistema - rochedo, depressão etc.), ressalte-se que é no geossistema que se processa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os componentes ambientais.

Como exemplo de geótopo Bertrand (2004, p. 147-148) cita:

[...] uma diáclase alargada pela dissolução, uma cabeceira de nascente, um fundo de vale que o sol nunca atinge, uma face montanhosa, [...] cujas condições ecológicas são muitas vezes muito diferentes das do geossistema e dos geofácies dentro dos quais eles se acham [...]

Os geofácies constituem unidades internas do geossistema, apresentando homogeneidades fisionômicas, e o geótopo, a menor unidade geográfica homogênea. Vale lembrar que a presente pesquisa adotará as dimensões propostas como unidades inferiores, ou seja, geossistema, geofácies e geótopo na escala de 1:100.000 e 1:25.000.

Essas unidades de paisagem ou geossistemas tendem a se caracterizar por uma funcionalidade no processo de troca de matéria e energia através do equilíbrio dinâmico e podem constituir-se em ambientes estáveis, mas não estanques. No entanto, à medida que essas unidades sofrem impactos ambientais através das atividades humanas, há uma perda do equilíbrio dinâmico, podendo ir para a categoria de ambientes instáveis. (LIMA, 2004, p. 25)

No contexto brasileiro, o paradigma dos geossistemas apropria-se, sobretudo, das concepções de Bertrand, que se fortaleceu apoiadas nas considerações dos professores da Universidade de São Paulo (USP), principalmente, por Aziz Ab' Saber, Carlos Augusto F. Monteiro (que publicou em 2000 o livro "Geossistema: história de uma procura"), Nelson de La Corte, Olga Cruz, entre outros (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004/2005).

#### 4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTÊMICO AO ESTUDO DE NASCENTES NA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS, MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM, BAHIA

Esta pesquisa está fundamentada no método sistêmico, que apesar das inúmeras reformulações conceituais, metodológicas e técnicas, sempre obteve suporte teórico na “Teoria Geral dos Sistemas”<sup>1</sup>, de Ludwig Von Bertalanffy, que tem como importante critério o estudo dos componentes de um sistema de forma integrada, onde é necessária a análise das partes, da dinâmica e da interconectividade das suas relações, para chegar à compreensão do todo.

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo. [...] A análise e o isolamento artificial são úteis, mas de modo algum suficientes como métodos de experimentação biológica e como teorias. (BERTALANFFY, 1973, p. 53)

Lembrando Tomasoni (2004, p.13), ele expõe a seguinte abordagem:

Na evolução do conhecimento geográfico é possível verificar a busca por diversas abordagens, das relações entre homem e natureza, numa constante dicotomização e posteriormente entre sociedade e natureza buscando apreender uma visão mais totalizante do espaço em suas investigações.

---

<sup>1</sup>A Teoria Geral dos Sistemas foi lançada por Bertalanffy (biólogo austríaco, Viena 19 de setembro de 1901, Nova Iorque, 12 de junho de 1972) no início da década de 50 do século XX, e traduzida para o português, no Brasil, em 1973.

De acordo com Capra a abordagem sistêmica foi preconizada por Ludwig Von Bertalanffy e R. Defay por volta dos anos de 1930, com aplicações na biologia e na termodinâmica. Estes autores são considerados pela literatura corrente os “pais” da teoria dos sistemas, apesar de existirem, anteriormente a eles, os trabalhos de Bogdanov e Leduc, que praticamente não são citados ou lembrados (CAPRA, 1996).

Autores como Sotchava (1978) e Bertrand (2004) citados anteriormente, além de Tricart (2006), Monteiro (2000), Cristofolletti (1979), trabalharam no desenvolvimento de estudos integrados da paisagem, buscando como fundamentação teórica e metodológica a Teoria Geral dos Sistemas, conduzida para estudos geossistêmicos, em que o geossistema é um conceito territorial, uma unidade espacial que pode ser delimitada e analisada em determinada escala.

Segundo Tricart (2006), sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Que acabam proporcionando conexões de dependência mútua entre os fenômenos. Como resultado, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria específica do sistema.

Tricart (1977, citado por FERREIRA, 2010, p. 192) afirma que a perspectiva sistêmica “[...] é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente”, já que permite “[...] adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise-que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação - e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto [...]”.O que corrobora com a compreensão segundo a qual “estudar uma paisagem é antes de tudo apresentar um problema de método”.

Na perspectiva de Monteiro (1978 citado por FERREIRA, 2010, p. 199), é imprescindível o tratamento conjunto da estrutura e dos processos, onde a estrutura expressa morfologicamente o estado das partes enquanto o processo revela a dinâmica da organização funcional geossistêmica.

Da mesma forma que Bertrand (2004), na perspectiva de Monteiro (2000) os elementos socioeconômicos não constituem um sistema externo aos elementos naturais, mas estão, sim, incluídos no funcionamento do próprio geossistema. Com isso, deve-se fazer a determinação dos limites de um sistema territorial, partindo-se das relações dos elementos físicos entre si e desses elementos com os elementos socioeconômicos.

As contribuições de Monteiro sugerem alternativas para a consideração conjunta da estrutura e dinâmica funcional da paisagem e abrem possibilidades para análise temporal-evolutiva, partindo de geossistemas primitivos para geossistemas derivados sob a ação

antrópica. As relações entre sociedade e natureza são vistas como um sistema aberto, complexo e evolutivo, onde a organização e a evolução dos atributos naturais, juntamente com a consideração das derivações antropogênicas, analisadas segundo parâmetros qualitativos e quantitativos, levando-se também em consideração as expectativas sociais e a percepção humana, podem conduzir a decisões importantes no que se refere à busca da sustentabilidade ambiental das regiões.

Percebe-se que há algumas décadas os estudiosos citados acima vêm desenvolvendo uma série de estudos no âmbito da geografia, tendo como base a Teoria Geral dos Sistemas. Em síntese, o geossistema é um sistema ambiental físico, um tipo de sistema natural, aberto e que possui certa morfologia e funcionamento e comportamento específicos

composto por grande quantidade de componentes interatuantes, capazes de intercambiar informações com o seu entorno condicionante e capazes, também, de adaptar sua estrutura interna como sendo consequências ligadas a tais interações. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 3)

Diante dos vários tipos de sistemas desenvolvidos por Chorley e Kennedy (1971) sobressaem-se na geografia os sistemas morfológicos (compostos pela associação das propriedades físicas, como cidades, sistemas agrícolas e rede de drenagem) e os sistemas encadeantes (compostos por cadeia de subsistemas possuindo tanto grandeza como localização espacial, que são dinamicamente relacionado por uma cascata de matéria e energia). Dentro dos sistemas apresentados existem vários subsistemas que acabam possibilitando a existência de um sistema universo.

Como os sistemas ambientais têm uma clara noção de escala implícita (BERTRAND, 2004), o próprio subsistema de um sistema universo é considerado um sistema, dotado de suas próprias características e própria totalidade. Assim, sistemas morfológicos, como os canais fluviais, podem ser tratados como subsistemas de um sistema universo que possui outra escala – as bacias hidrográficas. O sistema hidrográfico, então, é um sistema encadeante, constituído por inúmeros subsistemas – que são, em si próprios, uma totalidade – como os canais fluviais, as vertentes e, também, as nascentes (FELIPPE, 2009).

No contexto da geomorfologia, as redes de drenagem, as vertentes, as praias, os canais fluviais, as dunas e as restingas são exemplos de sistemas morfológicos, nos quais se podem distinguir, medir e correlacionar as variáveis geométricas e composições.

Está explícito, através das contribuições de diversos autores, que todo sistema é dotado de territorialidade e pode ser delimitado espacialmente com facilidade ou com determinado grau de dificuldade. As nascentes, por exemplo, não possuem dimensão espacial rigorosa e

determinável. Sua dinâmica espaço-temporal, controlada, sobretudo pela variabilidade climática, promove uma imprecisão natural de sua espacialização, fruto das migrações e intermitências, porém elas compõem um sistema universo que é a bacia hidrográfica, facilmente delimitada espacialmente.

Apoiando-se neste embasamento teórico, nascentes encontradas no geossistema da sub-bacia do rio Barrocas, no município de Senhor do Bonfim, foram estudadas e caracterizadas.

#### 4.3 BACIA HIDROGRÁFICA E NASCENTES: CONCEITOS E TIPOLOGIAS

Conforme Christofolletti (1999, p. 36), o meio ambiente “é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações dos elementos físicos e biogeográficos”. O mesmo esclarece que o termo ambiente pode ser usado tanto para questões em escala pontual, muito pequena, como em escala global.

Sendo uma bacia hidrográfica um recorte espacial do ambiente, para buscar o seu entendimento é preciso compreender as partes como elemento de um conjunto holístico. Ficando evidente a necessidade de um estudo sistêmico, para a compreensão das variáveis que existem em uma bacia, inclusive as nascentes, que nesta pesquisa são o principal objeto de estudo.

O estudo integrado de bacias hidrográficas tem seu início na década de 1970, alcançando uma maior relevância com os trabalhos desenvolvidos pela UNESCO e pela UNEP, em 1987, propondo uma metodologia de análise integrada para a avaliação do manejo efetivo e ambientalmente sadio dos recursos hídricos e do patrimônio natural nas bacias hidrográficas, considerando a bacia como um sistema não isolado e aberto, dinâmico, explicado pelas constantes trocas de energia e matéria numa relação de entrada e saída. Os estudos sistêmicos, que utiliza como limite de estudo a bacia geográfica, têm se tornado mais importante para os projetos de conservação, planejamento e desenvolvimento socioambiental utilizados nos dias atuais. (TORRES; ALMEIDA, 2008, p. 38)

Para que se faça essa análise, é importante conhecer as definições conceituais de bacia hidrográfica e de nascente.

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (Silva, 1995). Os conceitos de bacia e sub-bacias se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (Fernandes & Silva, 1994). Cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. (SILVA, 1995, p. 5)

Apontando um conceito básico de canal de drenagem, Coelho Netto, (1998. p. 93) a define como “área da superfície que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”, que variam de tamanho e articulam-se a partir de divisores de drenagens principais, drenando em direção ao canal-tronco ou coletor principal e constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, que podem ainda ser desmembrados em sub-bacias.

Segundo Christofolletti (1980, p. 102), bacia de drenagem (ou bacia hidrográfica) é a “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”. De acordo com Guerra e Guerra (1997, p.76-77), é um “conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Inclui-se também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia”. Conforme o Glossário de Ecologia (ACIEPE, 1997, p. 21), “... é a área total dos fluxos d’água e dos recursos hídricos superficiais e sub-superficiais, que participam de uma bacia hidrográfica (ou sub-bacias, microbacias, torrentes), exceção feita aos setores de drenagem criptorreicos”. Para Ross et al. (1998), “a bacia hidrográfica, quer seja ela de 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª ordens, constitui uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais”.

A bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas, podendo estender-se por várias escalas espaciais [...] É um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos; Oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e a resolução de conflitos [...] Permite que a população local participe do processo de decisão [...] Garante visão sistêmica adequada para o treinamento e gerenciamento de recursos hídricos e para o controle da eutrofização [...] É uma forma racional de organização do banco de dados; Garante alternativas para o uso dos mananciais e de seus recursos; É uma abordagem adequada para proporcionar a elaboração de um banco de dados sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais; Sendo uma unidade física, com limites bem definidos, o manancial garante uma base de integração institucional [...] A abordagem de manancial promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que eles trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos. Promove a integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável (TUNDISI, 2003, p. 108).

Percebe-se, nas conceituações sobre ambiente e bacia hidrográfica, as noções de conjunto, atuação, coordenação dos fatores físicos e socioambientais, dinamismo e fluxo, principalmente de água; que somadas implicam na configuração de um sistema. Em consequência, “o que acontece no alto de uma bacia hidrográfica vai refletir-se em suas partes mais baixas. Daí a importância de se tratar os problemas ambientais numa bacia hidrográfica também de forma sistêmica, global” (NASCIMENTO; BAPTISTA, 1998, p. 20).

No que se refere especificamente às nascentes, a literatura traz algumas tentativas de conceituação, podendo apresentar distinções entre si, além de destacar determinados elementos de acordo com o foco do estudo no qual se insere o termo. Isso faz com que haja uma concepção para a engenharia, outra para a agronomia, outra para a geologia e ainda outra para a geografia. Em campo, porém, verifica-se facilmente a falta de aplicabilidade de alguns conceitos e as limitações de outros. Para esta pesquisa foram analisados alguns conceitos citados adiante, e foi selecionado aquele que mais se adéqua à pesquisa proposta.

Segundo Valente e Gomes (2011, p. 111), as nascentes “são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos” [...], ou seja, são zonas de contato do nível freático com a superfície topográfica, onde ocorre a surgência da água, podendo originar um canal de drenagem a jusante.

Goudie (2004) também descreve a nascente como um ponto onde a água subterrânea emerge à superfície.

Para Felipe e Magalhães Jr. (2009) nascente é um sistema ambiental marcado por uma feição geomorfológica ou estrutura geológica em que ocorre a exfiltração da água de modo temporário ou perene, formando canais de drenagem a jusante.

Guerra (1993) afirma que nascente é a cabeceira de um rio. Geralmente não é um ponto e sim uma zona considerável da superfície terrestre.

Adicionalmente, coloca-se o conceito adotado pela Resolução Conama nº 303/2002, que no seu artigo 2º, inciso II, define nascente ou olho d'água como “local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea” (BRASIL, 2002.)

Notadamente preocupado com a espacialização da nascente ao colocá-la como um “local”, esse conceito retoma a naturalidade dos processos. Porém, em termos geográficos e visando à educação e à proteção ambiental, esses conceitos devem ser ampliados visando compreender mais do que simplesmente a exfiltração.

De fato, a passagem da água subterrânea para a superfície deve ser considerada como o principal processo que condiciona a existência de uma nascente, porém, empiricamente, é perceptível que há uma série de características ambientais que sustentam as nascentes, sem as quais estas não existiriam. A partir de estudos e análise de vários conceitos de nascentes de rios, optou-se por adotar o conceito de nascente elaborado por Felipe (2009), de acordo com o qual nascentes são sistemas ambientais naturais em que ocorre o afloramento da água subterrânea de modo temporário ou perene, integrando-se à rede de drenagem superficial.

Valente e Gomes (2011) apresentaram uma proposta de tipologia baseada nas características geológico-geomorfológicas das nascentes, em que são classificadas como



nascentes de encosta, de depressão, de lençóis artesianos, de falhas geológicas e de rochas cársticas.

Já Faria (1997) apresenta outros tipos de nascentes: 1) fixas ou móveis, segundo critérios da migração; 2) nascentes difusas, em que a água exfiltra entre o contato do manto com a rocha matriz ao longo de uma área, formando brejos; 3) nascentes pseudo nascentes, formadas por fluxos descontínuos nas calhas fluviais, em que a água exfiltrada volta a infiltrar nos sedimentos do leito aflorando, novamente, a jusante; e 4) nascentes primárias e secundárias, classificadas de acordo com as suas contribuições ao canal.

Meinzer (1927) realizou uma proposta de tipologia das nascentes segundo suas vazões, classificando-as quanto à magnitude dessa variável.

Continuando com a proposta de vazão, uma tipologia muito utilizada relaciona-se à variabilidade temporal da exfiltração. Assim, as nascentes podem ser: 1) perenes, aquelas que se manifestam essencialmente durante todo o ano, mas com vazões variando ao longo do mesmo. Em épocas muito secas e em locais onde o leito do curso d'água é formado de material muito poroso, o seu ponto de afloramento pode ficar muito difuso; 2) intermitentes, que fluem durante a estação chuvosa, mas secam durante parte do ano (estação seca). Os fluxos podem perdurar de poucas semanas até meses. Em anos muito chuvosos, podem dar a impressão de serem perenes; 3) efêmeras, que ocorrem somente em resposta direta à precipitação. São mais frequentes nas regiões áridas e semiáridas, mas ocorrem em todos os tipos de clima (VALENTE; GOMES, 2011).

As vazões produzidas pelas nascentes variam desde um litro por minuto até milhares de litros por minuto, dependem do tamanho e da riqueza dos lençóis responsáveis por seu abastecimento. Mesmo aquelas com menos de um litro por minuto acabam sendo responsáveis pelo primeiro pequeno córrego de um grande rio. Os rios somente serão perenes, se sustentados por nascentes também perenes (VALENTE; GOMES, 2011).

Levando em conta essas considerações, propõe-se um estudo de tipologia das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas, localizado no terço superior do curso do rio Itapicuru. Destarte, a dinâmica das nascentes é condicionada pelos elementos naturais e sociais do meio, bem como pela maneira com que esses se organizam no espaço. Portanto, espera-se ser notória a distinção existente entre as características das nascentes encontradas em diferentes domínios de paisagem, sejam estes estritamente naturais ou mesmo sociais.

Por esse motivo, as áreas de estudo devem ser descritas em função de seus aspectos geográficos, permitindo uma interpretação mais profícua acerca de suas nascentes. Ademais,

explorar as características, a estrutura e a dinâmica da paisagem contribui para a identificação e compreensão dos sistemas ambientais (TROPMAIR, 2004).

A unidade de estudo da pesquisa está localizada, em termos político-administrativos no município de Senhor do Bonfim, no estado da Bahia. A principal bacia hidrográfica que drena o município bonfinense é a bacia do rio Itapicuru, da qual o rio Barrocas é seu afluente direto.

Atualmente o alto da Bacia do Itapicuru encontra-se intensamente modificado pelo processo de expansão de atividades agrícolas e pecuárias que vem ocorrendo com grande intensidade nas últimas décadas. A ampliação da mancha urbana tem contribuído para extinção da cobertura vegetal original e do fim de inúmeras nascentes e cursos d'água.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia proposta para o desenvolvimento desta pesquisa é composta por duas etapas.

A primeira é estritamente de gabinete, baseada no levantamento de dados a partir de revisão bibliográfica e pesquisa documental e cartográfica no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Prefeitura de Senhor do Bonfim e outros.

A segunda envolveu as etapas de levantamento de campo com a utilização de croquis elaborados no gabinete, uso do GPS (*Global Positioning System*) de navegação, medições de vazão das nascentes e descrições de campo. Esta metodologia realizada concomitantemente pode contribuir para amenizar a dicotomia entre geografia humana e geografia física. Segundo Serpa (2006), as atividades práticas de campo constituem um elemento importante para superar as dicotomias existentes entre geografia física e humana no decorrer do ambiente observado. Para o autor, “o trabalho de campo é um instrumento chave para a superação dessas ambiguidades, não priorizando nem a análise dos chamados fatores naturais nem dos fatores humanos” (SERPA, 2006, p. 7).

Para Suertegaray (2002), entretanto, as novas tecnologias facilitam o campo, mas sem método não há produção de conhecimento, afinal instrumentos são meios de trabalho. De acordo com esta autora, pesquisar é buscar respostas para perguntas instigantes, num processo em que sujeito e objeto interagem, o sujeito construindo o objeto e o objeto reconstruindo o sujeito. Já Lacoste (2006, p. 91), a respeito do trabalho de campo diz:

O trabalho de campo para não ser somente um empirismo, deve articular-se à formação teórica que é ela também, indispensável, saber pensar o espaço não é colocar somente os problemas no quadro local; é também articulá-los eficazmente aos fenômenos que se desenvolvem sobre extensões muito mais amplas.

Ressalta-se que na lógica dialética o campo é uma extensão do sujeito e a pesquisa é fruto da interação dialética entre campo e pesquisador, possibilitando, assim, a construção de um trabalho epistemologicamente consistente dentro da geografia física. Citando Lefebvre (1976), Soja (1993, p. 29) aponta que “Reconhecer o espaço, reconhecer o que ‘está acontecendo’ ali e para que é usado, é retomar a dialética; a análise revelará as condições do espaço.”

Pretende-se alcançar os resultados previstos através do mapeamento das nascentes identificadas no alto curso da sub-bacia do rio Barrocas, da cobertura vegetal e do uso do solo, além da construção de um quadro de vazões (magnitudes) de nascentes e descrição de aspectos locais dessas nascentes.

## 5.1 MAPEAMENTOS E IDENTIFICAÇÃO DE NASCENTES

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi inicialmente revista a rede de drenagem mapeada da sub-bacia do rio Barrocas, adequando-a à escala necessária para estudo. Em seguida foram elaborados mapas de uso do solo da sub-bacia do rio Barrocas, além dos mapas temáticos de hipsometria, declividade, geologia e mapas de identificação das nascentes com suas características físico-geográficas; medição de vazão para definir a classificação tipológica das nascentes de acordo com Meinzer (1927). Foram produzidos também mapas de uso do solo, de hipsometria e declividade do município de Senhor do Bonfim, a fim de contextualizar a sub-bacia do rio Barrocas no município.

### 5.1.1 Mapa de uso do solo

Para elaboração do mapa de uso do solo foram utilizadas imagens Landsat 8 OLI\_TIRS, de outubro de 2013 (órbita 217, ponto 067) obtidas por download gratuito do Serviço Geológico Americano (USGS, 2013).

Para a realização deste trabalho foi utilizado o software Spring 5.2.6 – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Dpi/INPE), um sistema de informações geográficas (SIG) escolhido por ser gratuito, não gerando custos para seu uso e também por suprir as necessidades do trabalho.

Após constituído o Banco de Dados no Spring, a imagem já georreferenciada foi importada e foi feito o contraste para melhorar sua qualidade visual e ampliar os níveis de cinza abarcados pela imagem. “Basicamente, a necessidade de se realçar contraste em uma imagem deve-se ao fato da visão humana poder distinguir um número finito de níveis de sombreamento, que é muito inferior ao que uma tela de computador pode oferecer” (MORAES, 1992, p. 33).

Em seguida foi feita a transformação RGB (vermelho, verde e azul)/ IHS (*Intensity, Hue, Saturation*):

A vantagem do modelo IHS é definir as cores por três atributos (I,H,S) ao invés da intensidade das cores primárias. Estes atributos podem ser analisados e manipulados individualmente, ao contrário do sistema RGB, onde eles estão intrinsecamente interligados. (BRASIL, 2001)

Assim, após transformação RGB/IHS, foi feito aumento de contraste na banda I (intensidade), e, em seguida, foi feita a transformação IHS/RGB para retornar ao sistema RGB, mas com ampliação do contraste de intensidade nas cores.

Após a transformação foi feita a segmentação utilizando o valor 10 para similaridade espectral e 100 para tamanho de área. A segmentação torna possível o reconhecimento de regiões homogêneas, dividindo-as em imagens que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Como afirmaram Nascimento et al (1998, p. 983):

A execução do processo de segmentação de imagens exige a definição dos limiares de similaridade e de área, os quais definem a similaridade espectral entre duas regiões e o tamanho da região, respectivamente. O limiar de similaridade é o valor da distância Euclidiana mínima entre as médias das regiões consideradas. E o limiar de área é o valor da área mínima, dado em número de pixel, para que uma região seja individualizada.

Após esta etapa foi executada uma classificação supervisionada por Battacharya, com limiar de aceitação 99% que teve como objetivo distinguir e identificar as características dos diferentes elementos na imagem de satélite, a exemplo das classes de vegetação, água, pastagens, entre outros. O conhecimento do operador é muito importante na classificação supervisionada por região, tendo em vista a necessidade de amostras por treinamento e a atribuição dada pelo mesmo a cada uma delas.

Feito o mapa preliminar de uso do solo, foi realizado trabalho de campo para checagem das informações e correção de polígonos, o que se deu através de sua edição matricial no Spring.

### **5.1.2 Modelo Digital do Terreno (MDT)**

Os mapas de hipsometria e de declividade da sub-bacia do Barrocas foram elaborados com base nas curvas de nível com equidistância de 10 m disponibilizadas em arquivo digital, através do Projeto Serra de Jacobina (COUTO et al., 1978). No Arcgis foi gerado um modelo

*Triangulated Irregular Network* (TIN) e posteriormente foi transformado o TIN para raster. Foi feita a classificação do raster em cinco classes de altimetria.

Foi gerado um modelo do relevo sombreado *Hillshade*, possibilitando a extração de uma rede de drenagem mais detalhada que a da SEI e que foi posteriormente checada em campo.

O desenvolvimento do MDT foi essencial, para a interpretação da hipsometria, a delimitação das cabeceiras dos rios, em estudo, e para o reconhecimento dos principais sistemas de drenagens. Nesse sentido, Mendonça (1999) afirma que a variação altimétrica do relevo da área é importante para a análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação do solo e de formação de microambientes, o que permite uma melhor identificação e interpretação da configuração geomorfológica. O MDT foi produzido, a fim de representar o relevo do terreno para a interpretação dos conjuntos espaciais das vertentes.

### **5.1.3 Mapa Geológico**

O mapa geológico foi baseado nas informações da litologia do mapa geológico do Projeto Serra de Jacobina, escala de 1: 25.000 (COUTO et al., 1978), sendo assegurada a mesma legenda do mapa original. A utilização do mapa se deu pelo fato de abranger a área da sub-bacia do rio Barrocas. O mesmo foi escaneado, georreferenciado e digitalizado, correspondente à área de estudo.

### **5.1.4 Identificação de nascentes**

A interpretação visual de imagens no Google Earth e Landsat\_8 OLI\_TIRS utilizada para confecção do mapa de uso do solo foi um procedimento que serviu como guia para a identificação de áreas com grande possibilidade de ocorrência de nascentes.

Em gabinete, com o auxílio das curvas de nível, com equidistância de 10 metros, foram identificados pontos iniciais dos canais de drenagens e as áreas de vegetação higrófila, que são ambientes possíveis de ocorrência de nascentes. Utilizou-se ainda a extração de rede de drenagem, no ArcGis, a partir do MDT anteriormente descrito.

Em campo, foi feita a conferência das informações fotointerpretadas e a identificação das possíveis nascentes, como o ponto referente à Figura 3, com pontos coletados por GPS (modelo Magellan Explorist).

**Figura 3** - Identificação de uma nascente em brejo na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Também surgiram alguns problemas como o de estabelecer parâmetros para diferenciar os diversos tipos de surgência encontrados, e de discriminar as exfiltrações contíguas: seriam elas uma nascente ou várias nascentes? Como identificá-las em campo? Porém as dificuldades iniciais foram superadas com a adoção do conceito de nascente de Fellipe (2009): as nascentes são sistemas ambientais naturais em que ocorre o afloramento da água subterrânea de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial. As questões colocadas suscitaram reflexões teóricas, que foram resolvidas com a adoção de conceitos trabalhados anteriormente, suavizando os obstáculos encontrados nos trabalhos de campo que exigiam a superação de problemas de transporte, acesso, exposição ao risco a animais peçonhentos e a falta de bases cartográficas precisas.

Percebeu-se que a falta de estudo de nascentes em escala de detalhes acabou ocultando um número considerável de nascentes, que só foram percebidas em campo e com auxílio de habitantes do local. Após confirmada a veracidade dos pontos, percebeu-se que a sub-bacia do

rio Barrocas apresenta um número de áreas de exfiltração e de córregos maior do que mapeado na rede de drenagem adotada inicialmente (SEI).

## 5.2 LOCALIZAÇÃO DAS NASCENTES E MEDIÇÃO DE VAZÃO

Em campo, as nascentes da sub-bacia do rio Barrocas foram georreferenciados por GPS (Sistema de Posicionamento Global, modelo Magellan Explorist) . Também foi feito o uso de uma máquina fotográfica digital para registrar todos os procedimentos realizados em campo.

Posteriormente as coordenadas foram integradas ao software ArqGis, um SIG. Assim, foi possível gerar o mapa de localização de nascentes.

Nesse sentido,

Vislumbrando o planejamento ambiental e a gestão das unidades de conservação de estudo, um mapa que apresente a localização das nascentes é considerado uma ferramenta fundamental. É imprescindível para qualquer forma de manejo que se saiba, com o maior grau de confiabilidade possível, onde se encontram as nascentes de determinada bacia, somente assim, as intervenções no espaço podem ser propostas com o mínimo de impacto na dinâmica ambiental. (FELIPPE, 2009, p. 100).

Notou-se a importância do geoprocessamento na redução do tempo de estudo no local, que é de difícil acesso, chegando a apresentar altitudes de 950 metros e vales encaixados cercados por escarpas abruptas; porém não se deve, em hipótese alguma, dispensar o trabalho de campo.

Tradicionalmente, as nascentes são caracterizadas pela literatura especializada a partir do regime hidrológico sazonal, vazões, tipo de exfiltração e morfologia (FARIA, 1997) (VALENTE; GOMES, 2011).

Neste trabalho, as nascentes foram classificadas de acordo com a proposta de Meinzer (1927), que as determina pela média da descarga anual, classificando-as quanto à magnitude da exfiltração. Segundo o autor, as maiores nascentes dos Estados Unidos da América teriam vazão superior a 2.800 L/s, enquadrando-se na 1ª magnitude. Ainda hoje, a classificação de Meinzer (1927) é a oficial daquele país, sendo a mais utilizada por pesquisadores estadunidenses (HILL et al., 2008; DONOVAN et al., 2007; WHITING; STAMM, 1995 citados por FELIPPE, 2009). As nascentes estudadas no Brasil normalmente se enquadram entre a 4ª e a 8ª magnitude segundo a classificação apresentada no Quadro 1.



**Quadro 1** – Classificação de Meinzer para determinação das classes das nascentes de um rio

Classe ou Magnitude	Vazão (L/min)
1 .....	>170.000
2 .....	17.000 – 170.000
3 .....	1.700 – 17.000
4 .....	380 – 1.700
5 .....	38 – 380
6 .....	4 – 38
7 .....	0,6 – 4
8 .....	<0,6

Fonte: Meinzer (1927) citado por Valente; Gomes (2011)

Valentes e Gomes (2011) classificam as nascentes relacionando a variabilidade temporal de exfiltração, determinando assim, seis tipos principais de nascentes: nascente de encosta (Figura 4), marcada pelo contato de camadas geológicas, mormente localizadas em sopé de morros; nascente de depressão (Figura 5), formada por “olhos d’água” – pontos de borbulhamento; nascente difusa, que ocorre em áreas encharcadas, como brejos (Figura 6); nascente de lençol artesianos, originadas em locais de forte declive e aquíferos confinados, principalmente em contatos geológicos; nascente de falha geológica, que ocorrem onde as falhas marcam o contato do nível freático com a superfície; nascente de rochas cársticas, originadas em dutos, canais cársticos ou mesmo dolinas.

**Figura 4** - Nascente em encosta com afloramento rochoso na sub-bacia do rio Barrocas

Foto: Do autor

**Figura 5** - Nascente em depressão com borbulhamento na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

**Figura 6** - Nascente difusa na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Faria (1997) tem a migração como a base para outra tipologia, levando em consideração a sazonalidade do clima e as classificando em fixas e móveis.

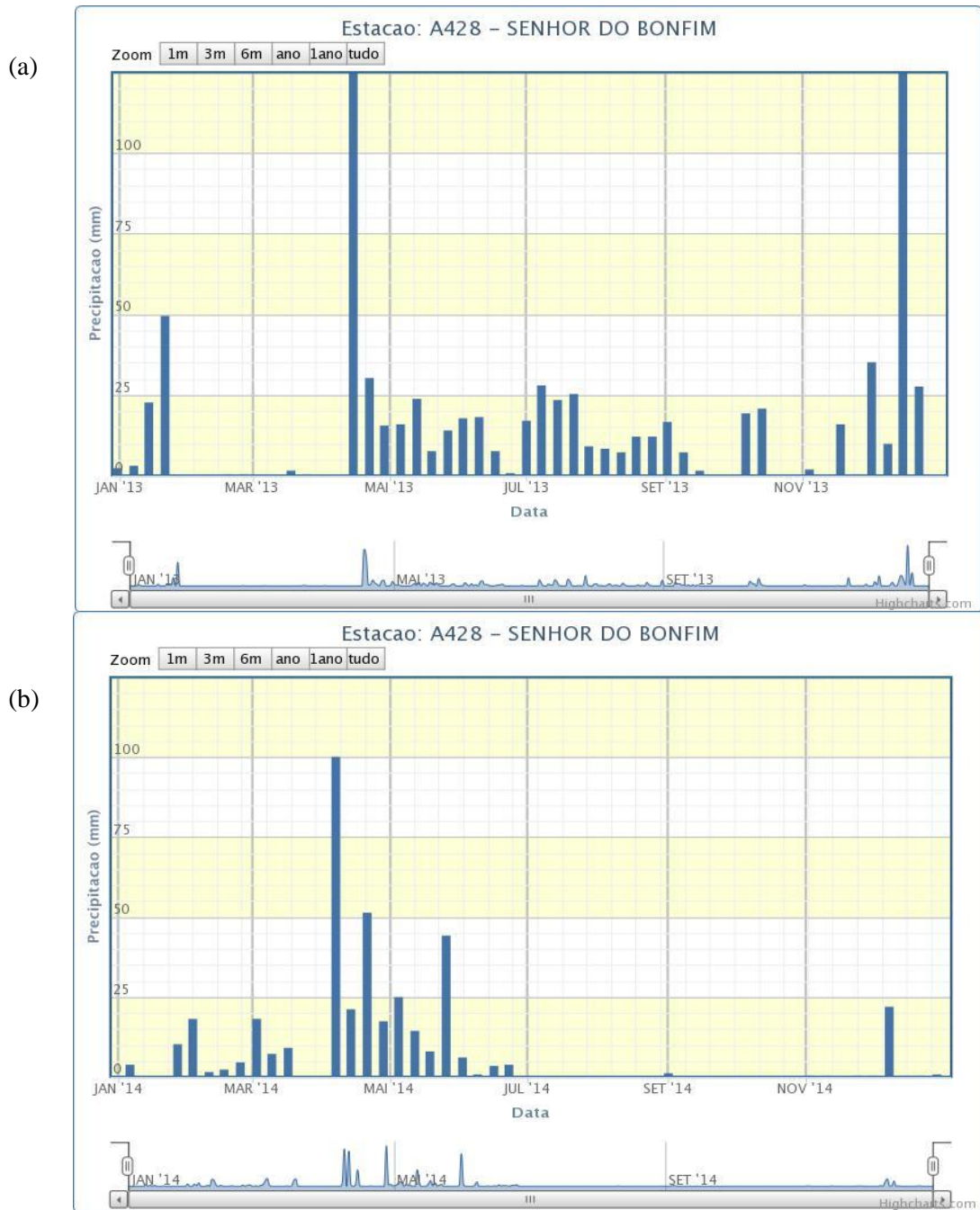
Devido aos critérios tipológicos adotados por diferentes autores, foram realizadas duas medições de vazão em diversas nascentes, conforme descrito a seguir.

A medição das vazões neste trabalho tem por objetivo caracterizar as nascentes estudadas. Para determinar a magnitude de vazão de algumas nascentes, foram realizadas duas visitas em algumas das nascentes mapeadas, uma seguindo o período de maior precipitação, setembro a dezembro de 2013 (Figura 7a ), período que voltou a chover na sub-bacia do rio Barrocas após longo período de estiagem, e outra no período efetivamente de menor precipitação, setembro a dezembro de 2014 (Figura 7b).

Ressalta-se que os períodos de visita não acompanham as normais climáticas por conta dos anos de 2013 e 2014 terem sido atípicos e não condizerem com os períodos de chuva e de escassez normais. Nos últimos anos ocorreram secas prolongadas em todo nordeste e na área de estudo. Procurou-se contemplar um período com excedente hídrico e outro com deficiência hídrica para chegar-se a um dos objetivos desta pesquisa que é estabelecer uma classificação tipológica para as nascentes encontradas no rio Barrocas, considerando as classificações de Meinzer (1927) e Valente e Gomes (2011) e Faria (1997).



**Figura 7** – Gráficos de precipitação na estação meteorológica de Senhor do Bonfim, nos anos 2013(a) e 2014(b)



Fonte: Brasil (2015b)

Os seguintes procedimentos foram adotados:

1) em campo foi medida a vazão de cada nascente utilizando a metodologia de Felipe (2009) que mediu a vazão de forma direta através da coleta de água, o mais próximo possível das áreas de exfiltração, em sacolas plásticas adaptáveis ao substrato do fluxo, obtendo-se um determinado volume de água medido com auxílio de um recipiente graduado para onde a água coletada era transferida; mediu-se também o tempo de coleta do volume em cronômetro digital (Figuras 8, 9 e 10).

**Figura 8** - Cano utilizado para captar a vazão de nascente na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

**Figura 9** - Medição de vazão em sacolas plásticas adaptáveis ao substrato do fluxo



Foto: Do autor



**Figura 10** - Recipiente graduado para onde a água coletada era transferida



Foto: Do autor

Para evitar erros, foram feitas três medições em cada nascente, por meio do emprego da seguinte fórmula:

$$Q = [\sum(v/t)]/n$$

onde Q = vazão média observada (l/s); v = volume de água (em litros); t = é o tempo (em segundos); e n = é o número de medições (PINTO et al., 2004).

Para calcular a média anual da vazão das nascentes foi realizada a média entre as duas medições utilizando a seguinte equação:

$$Q_a = (Q_v + Q_i) / 2$$

onde: Q<sub>a</sub> é a vazão média anual (L/s); Q<sub>v</sub> é a vazão de “verão” (L/s); e Q<sub>i</sub> é a vazão de “inverno” (L/s), considerando, nesta pesquisa, o período de maior e de menor precipitação, respectivamente.

Devido à impossibilidade de medição de volumes extremamente pequenos de água ou de nascentes brejadas que não formam fluxo a jusante e impossibilitam a utilização do método, das 42 nascentes totais, 12 tiveram sua vazão mensurada na 1ª etapa de campo. Na segunda etapa, as nascentes que puderam ter suas vazões medidas somaram 20. Por fim, as nascentes mensuradas tanto na 1ª etapa quanto na 2ª etapa foram 10. Para evitar imprecisões

nas conclusões, as nascentes de vazão não mesurável nas duas etapas foram excluídas de algumas análises de caracterização das nascentes.

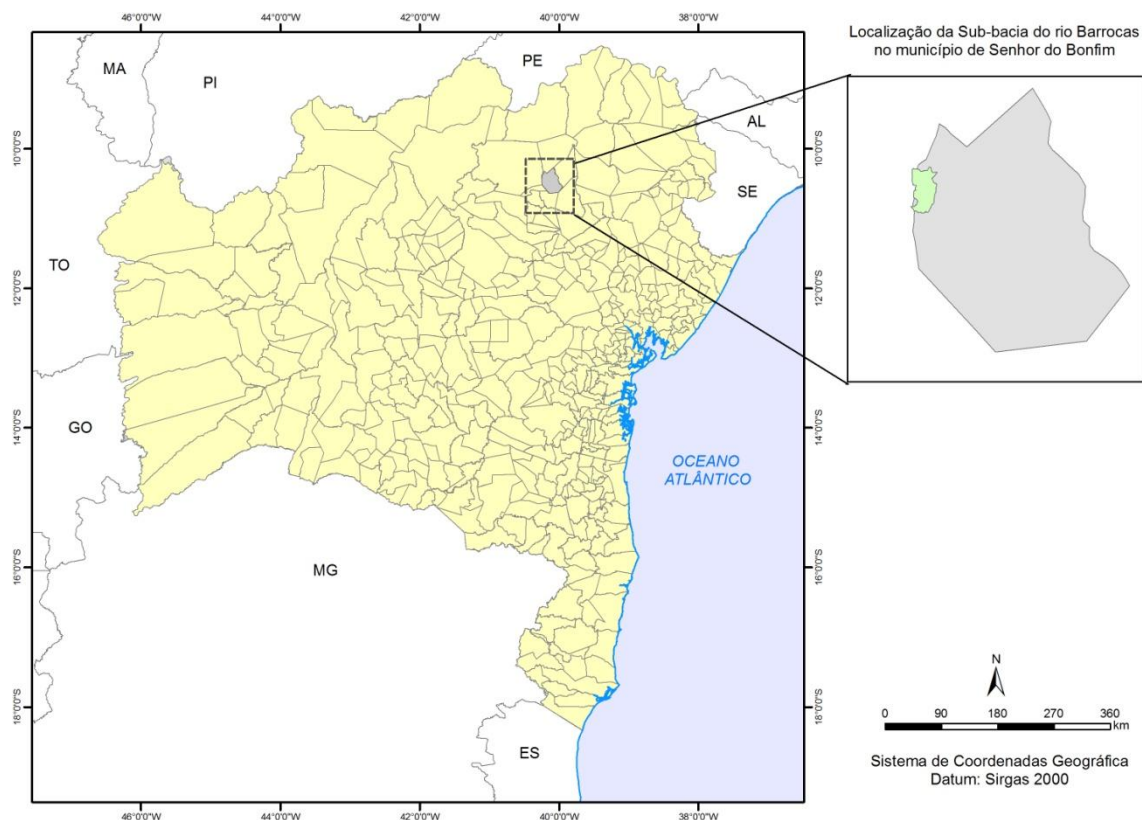
### 5.3 ANÁLISE DOS DADOS

Após feitas as etapas de gabinete e de campo, os dados foram analisados e os resultados obtidos seguem nos capítulos 6 e 7: o primeiro refere-se a uma descrição do meio físico e uso do solo na sub-bacia do rio Barrocas, precedida de descrições gerais sobre o município de Senhor do Bonfim e da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, a fim de contextualizar a bacia no meio em que está inserida; já o capítulo 7 apresenta os resultados relacionados à hidrografia e à hidrologia específicas da sub-bacia do rio Barrocas.

## 6 A SUB-BACIA DO RIO BARROCAS NO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM E NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU

A área de estudo, que corresponde a uma sub-bacia do rio Itapicuru denominada de Barrocas, situa-se no Município de Senhor do Bonfim (Figura 11) que está localizado na região Norte do Estado da Bahia entre as coordenadas 10°15' e 10°40'S e 39°55' e 40°16'W, limitando-se com os Municípios de Jaguarari, Andorinha, Itiúba, Filadélfia, Antônio Gonçalves e Campo Formoso. A área municipal é de 827, 487 km<sup>2</sup> e Senhor do Bonfim apresenta uma altitude de aproximadamente 550 metros acima do nível do mar (BRASIL, 2014). O município é formado por distritos como Igara, Carrapichel e Tijuacu e localidades como: Missão do Sahy, onde, segundo Machado (2007, p.25), por volta do final do século XVII foi instalada, pelos padres franciscanos, uma missão religiosa autorizada pela Casa da Torre de Garcia D'Ávila, a fim de aldear os índios que restaram do massacre perpetrado pela conquista dos portugueses; Quicé, Estiva Baraúna, Tanquinho, Varzinha, Sócoto, Itapicuru, Passagem Velha, Lagoa Grande, Lagoa do Peixe, Caatinginha, Barro, Canavieira e Capote.

**Figura 11-** Localização do município de Senhor do Bonfim no Estado da Bahia e localização da sub-bacia do rio Barrocas no município



Elaboração: o próprio autor com base em Bahia (2010)



O Município de Senhor do Bonfim teve origem no povoamento da região por portugueses, com escravos e indígenas; neste período eles seguiram rotas das bandeiras que se dirigiam às margens do Rio São Francisco ou as minas de ouro em Jacobina. Os primeiros habitantes foram os índios patachós, cuja aldeia ficava no Arraial de Missão do Sahi. Em volta da primitiva rancharia foram construídas novas habitações à margem da estrada das boiadas, Estrada Real Bonfim, Juazeiro, desenvolvendo-se uma povoação que em 1750 recebeu oficialmente o nome de Arraial de Senhor do Bonfim da Tapera, onde em 1807 foi elevada a Vila, pela Carta Regea, recebendo o nome de Vila Nova da Rainha e a 28 de maio de 1885 foi elevada a categoria de cidade com o nome de Senhor do Bonfim. (ISIDORO, [s. d.], p. 43).

## 6.1 GEOLOGIA DO ALTO ITAPICURU

A geologia da bacia do Itapicuru é caracterizada pela presença de três unidades denominadas de: Complexo Caraíba Paramirim (pEcp); Complexo Saúde (pEs) e Suíte Intrusiva Carnaíba (pEYca), dando ao relevo formas variadas como Pediplanos Sertanejos, Serra de Jacobina e Tabuleiros interiores, onde se apresentam diversos tipos de solos, sendo predominante o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico seguido por Argissolo (antigo Podzólico) Vermelho Amarelo Eutrófico, Neossolo Litólico Distrófico e Argissolo (antigo Podzólico) Vermelho-Amarelo Distrófico. A vegetação da bacia do Itapicuru inclui pastagens, savana arbórea aberta sem floresta de galeria e uma vegetação secundária com palmeiras localizada na porção leste da bacia indo em direção às áreas mais áridas, constituindo, assim, áreas propícias para criação de gado bovino, suíno e caprino, e plantio de fruteiras e hortaliças. Nos limites da sub-bacia do rio Barrocas predomina uma vegetação densa, arbórea, principalmente pela influencia da Serra de Jacobina, no complexo Saúde (pEs).

O Complexo Caraíba Paramirim (pEcp) é formado por granito-gnaisses, gnaisses enderbíticos, gnaisses charnockíticos, rochas ultrabásicas, pircilasitos, biotita e/ou hornblenda gnaisses, gnaisses quartzo-feldspáticos; gnaisses bandeados e anfibolitos bem foliados, localmente exibindo mobilizado, quartzo feldspático diatexitos, metatexitos, quartzitos, lentes de silicáticas, quartzitos ferríferos, augen-gnaisses, metabásicas, anfibolitos e áreas granulíticas. Geomorfologicamente apresenta Depressões Interplanálticas, aqui na região denominadas de Pediplano Sertanejo, com predomínio de pastagens e criação de gado bovino, suíno e caprino.

O Complexo Saúde (pEs), é formado por biotita-gnaisses, granada leptitos, quartzitos com calcossilicáticas, metaconglomerados, quartzo-sericita-xistos e carbonato-clorita-talcotremolita-basitos, onde encontram-se Planaltos Residuais, denominados na região de Senhor do Bonfim com Serra de Jacobina, constituída principalmente pelos solos Neossolos Litólicos

Distróficos, com relevo fortemente ondulado e montanhoso. Apresenta uma vegetação com savana, arbórea aberta sem floresta de galeria e vegetação secundária com palmeiras com o desenvolvimento, em alguns locais, de atividades agrícolas com produção de frutas e hortaliças.

As duas unidades geomorfológicas, Depressões Interplanálticas e Planaltos Residuais, fazem parte dos escudos expostos que englobam porções emersas da plataforma, constituída de antigas cadeias estabilizadas desde o pré-cambriano inferior. Em decorrência do tipo de deformação que sofreram durante os vários ciclos tectônicos posteriores foram atingidas por intensa erosão que consumiu os complexos de rochas metamórfico-ígneas e salientou os encaves afetados por graus de metamorfismo regional mais baixo, representados pelas Serras de Jacobina e de Itiúba. A tendência da tectônica positiva dessas áreas favoreceu a ablação lenta e constante e promoveu o desenvolvimento de superfícies de aplanamento onde se desgastam elevações residuais correspondendo aos veios de quartzo e quartzitos e às intrusões. Sob as condições climáticas semiáridas persistentes formaram-se as superfícies aplanadas, enquanto nas zonas úmidas foram esculpidas as formas de dissecação convexas controladas pela rede de drenagem perene.

Na Suíte Intrusiva Carnaíba (pEYca) predominam as variedades de álcali-granito, adamelitos, granodioritos, granitos porfiróides e granitos pegmatóides, dando origem aos Tabuleiros Interiores que são formados por sedimentos predominantemente inconsolidados. As feições típicas refletem as deposições originais dos corpos de sedimentos acumulados em ambiente fluvial, marinho, fluviomarinho, eólico e coluvial, que marcam estágios de evolução geomorfológica mais recente. Encontram-se nos vales, nas planícies litorâneas e nos piemontês de planaltos. Os Tabuleiros Interioranos apresentam Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVD14), que tem como características argila de atividade baixa, plíntico moderado e proeminente, textura média, textura do A sobre a textura do B, argiloso e relevo sem ondulação possuindo uma vegetação de estepe e floresta estacional com a produção de hortaliças.

## 6.2 GEOMORFOLOGIA E VEGETAÇÃO DO ALTO ITAPICURU

Os principais acidentes geográficos destacam-se as serras do Gado Bravo, da Maravilha e a de Santana. A vegetação segue o ritmo do clima semiárido com vegetação de caatinga arbórea aberta nas áreas mais baixas e de floresta estacional nas zonas serranas de clima subúmido. O alto Itapicuru, já apresentou na sua fisiografia, muito verde, uma fauna e

flora diversificadas, muitas nascentes, rios e lagoas, hoje esta riqueza natural encontra-se descaracterizada devido à busca de pedras preciosas, o desmatamento da flora para criação de fazendas de gado, as atividades agrícolas mal orientadas, fazendo uso de queimadas que contribuíram para o empobrecimento do solo e a redução das nascentes, atividades estas que são praticadas desde 1600, e que proporcionaram a uma redução drástica das matas e das águas. Nos dias atuais é necessário enfrentar esta situação crítica e buscar formas de amenizar e salvar o que restou dos recursos naturais da bacia do Itapicuru.

A zona pastoril, “[...]” apresenta-se coberta de luxuriante vegetação catingueira, com ricas pastagens nas extensas chapadas e algumas matas nas encostas da serra de Itiuba e nos vales do Itapicuru assu e Itapicuru. A zona agrícola é montanhosa e coberta de matas seculares, que o machado do agricultor imprevidente vai derrubando sem cautela, abrindo imensas clareiras aqui, devastando por completo ali, desnudando assim o solo, que, sem força para projetar a umidade, se vai tornando menos fértil, diminuindo de modo assustador a capacidade das vertentes. (SILVA, 1915, p. 7)

Com a expansão das áreas de pastagens e das terras cultivadas, a cobertura vegetal vem sendo atingida, sem o devido acompanhamento dos órgãos competentes. (MACHADO, 2007, p. 205). Ainda de acordo com Machado (2007), considerando-se a importância da cobertura vegetal para a preservação das nascentes de rios, medidas de caráter urgente devem ser tomadas no sentido de impedir o agravamento do quadro.

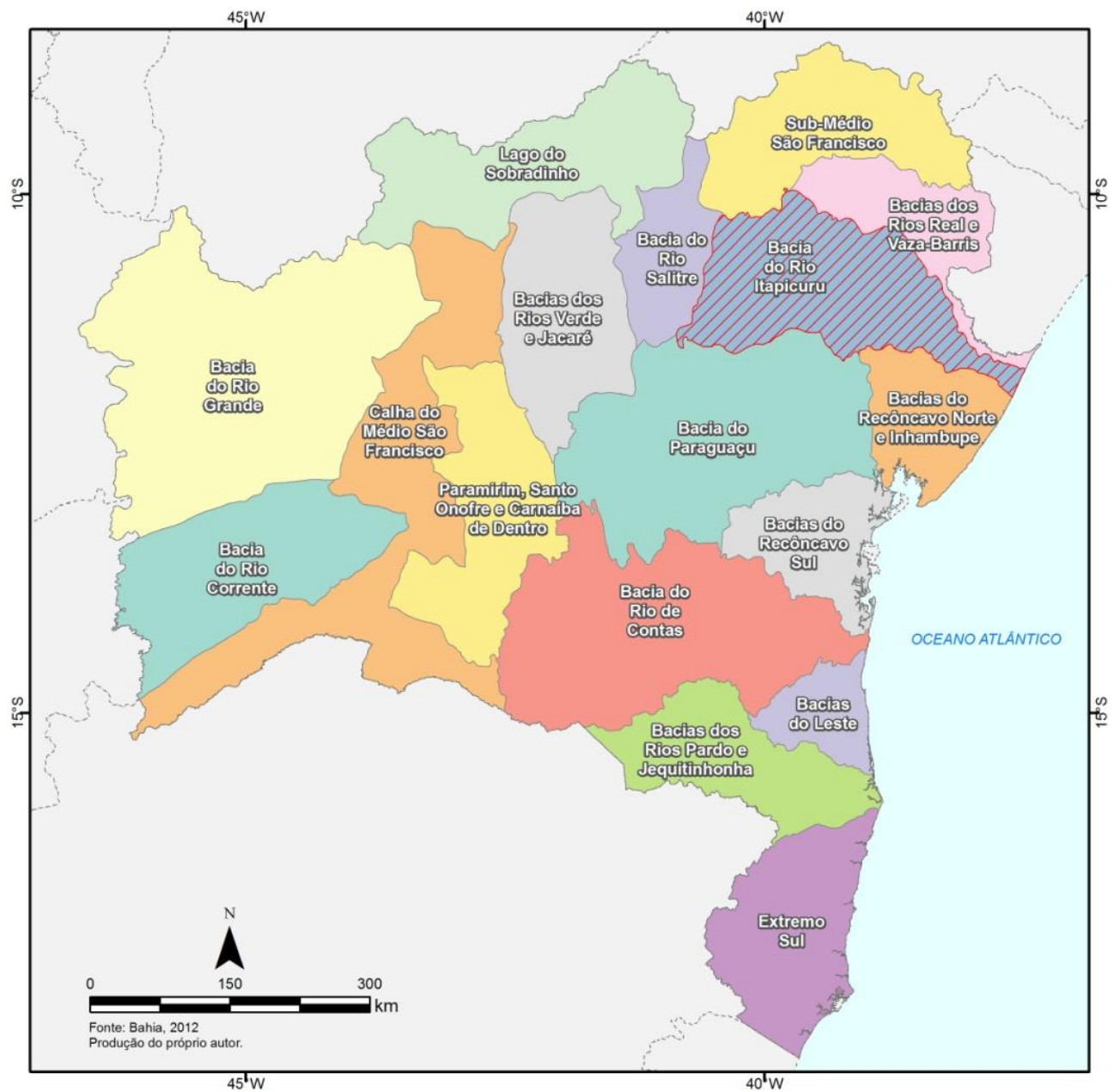
### 6.3 CONTEXTO DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU

O Brasil, em virtude de sua grande extensão territorial, apresenta 12 grandes Regiões Hidrográficas, de acordo com Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2003). Entre elas está a Região Hidrográfica Atlântico Leste, englobando os estados de Sergipe, Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia, onde são encontradas vegetação de mata Atlântica, cerrado e caatinga.

Dentro da Região Hidrográfica Atlântico Leste está a Bacia do rio Itapicuru, localizada na região nordeste do Estado da Bahia, entre as coordenadas 10°00’ e 12°00’ S e 37°30’ e 40°45’ W. Possui uma forma alongada no sentido oeste-leste, com cerca de 350 km de extensão e 130 km de largura, estreitando-se continuamente para leste a partir do meridiano 38°00’ W até a desembocadura no oceano Atlântico, próximo à cidade do Conde. Constitui, assim, uma das maiores bacias dos rios de domínio inteiramente estadual, ocupando uma área da ordem de 37.000 km<sup>2</sup> (BAHIA, 1995). Na figura 12 é possível visualizar a

localização da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Itapicuru, na porção nordeste do Estado. Essa unidade de gestão de recursos hídricos integra 55 municípios, destacando-se Jacobina, Ponto Novo, Filadélfia, Itiúba, Queimadas, Monte Santo, Santa Luz, Saúde, Pindobaçú e Senhor do Bonfim que integra totalmente a bacia hidrográfica do Itapicuru (BAHIA, 2009).

**Figura 12** - Localização da RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas) do rio Itapicuru no Estado da Bahia



Elaboração: O próprio autor com base em Bahia (2012)

De Senhor do Bonfim até a cidade de Queimadas, o Rio Itapicuru recebe o aporte de tributários importantes, como o rio Itapicuru Açú e o rio Itapicuru Mirim, que contribuem para que o mesmo suporte as variações pluviométricas que se verificam ao longo de toda extensão do seu curso: o alto Itapicuru apresenta maiores índices pluviométricos que seu terço médio que, por sua vez, corresponde à área mais seca da bacia; o baixo Itapicuru possui elevados índices pluviométricos por conta do clima semiúmido, proporcionando o aumento do seu fluxo e o desenvolvimento de atividades socioeconômicas até a sua foz. Vale ressaltar, portanto, que a bacia do Itapicuru tem mais de 90% de sua área localizada no semiárido baiano que, convive frequentemente com o problema das estiagens, com sérias consequências econômicas e sociais para a população.

O rio Itapicuru nasce nas Serras da Tiririca e do Ango, ao norte da região de Senhor do Bonfim, no município de Jaguarari, sendo alimentado nas suas nascentes pelos riachos Jaguarari, da Estiva e por outros cursos d'água menores (BAHIA, 1995).

De Queimadas até a foz, o rio Itapicuru recebe o aporte de vários tributários, sendo os mais importantes o riacho Pedra D' Água, o rio do Peixe e o riacho Pau-a-Pique pela margem direita e os rios Jaguarari, Cariça e Quijingue pela margem esquerda (BAHIA, 1995).

Ao norte, a bacia hidrográfica do rio Itapicuru faz limites com algumas bacias de rios que são afluentes do rio São Francisco, como as bacias dos rios Vaza-Barris, Curaçá, Poção e Real; ao sul limita-se com as bacias dos rios Inhambupe e Jacuípe (BAHIA, 1995). Também possui, nos seus limites, duas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Estas áreas constituem-se como Unidade de Conservação de Uso Direto e objetivam o uso racional e sustentado do patrimônio natural.

O rio Itapicuru nasce no município de Campo Formoso, adentra Senhor do Bonfim, atravessa-o de oeste a leste e tem como afluentes do lado esquerdo o rio do Betes, que deságua na localidade denominada curandeira, o rio Barrocas, objeto de estudo dessa dissertação, recebendo ambos diversos outros afluentes de menor importância; pela margem direita, o rio Itapicuru recebe o rio Cariacá que tem como afluentes o Gado Bravo e o Grunga. Os rios citados são intermitentes, implicando limitações hídricas para o município.

Torna-se necessário, então, fazer uso dos recursos de açudes, como o Sohén, Bela Vista e o Quicé, que abastecem a população durante as fortes estiagens, e das barragens de nível, como as do rio da Prata, do Aipim, do Itapicuru Açú (barragens de Ponto Novo e Pindobaçu). Vale ressaltar que a baixa pluviosidade e o regime temporário dos rios são limitantes para o amplo desenvolvimento das atividades agrícolas, problemas que podem ser

ampliados pelo desmatamento nas áreas de serra onde se localizam várias nascentes, a exemplo das nascentes do rio Barrocas (Figura 13).

Senhor do Bonfim está situado na zona climática caracterizada pelo clima semiárido na sua parte leste, e subúmido na área oeste, onde é atravessado pela serra de Jacobina. A temperatura média é de 23,3° C, oscilando entre a máxima de 28,3° C e a mínima de 19,2° C. A totalidade do território do município está inserido no polígono das secas e o nível de precipitação pluviométrica é baixo, com média de 550 mm ao ano. Segundo Machado (2007, p. 206),

as condições climáticas do município são favoráveis à agropecuária (cultivo da mamona, feijão, milho, mandioca, sisal, gado bovino, suíno e caprino. A zona da serra da Jacobina (também denominada “Grotá”), pelas condições climáticas mais amenas e pela existência de nascentes de rios, demonstra aptidão para o cultivo de fruteiras e hortaliças.

**Figura 13** - Desmatamento de áreas de serra seguido de queimada próximo a uma nascente na sub-bacia do rio Barrocas

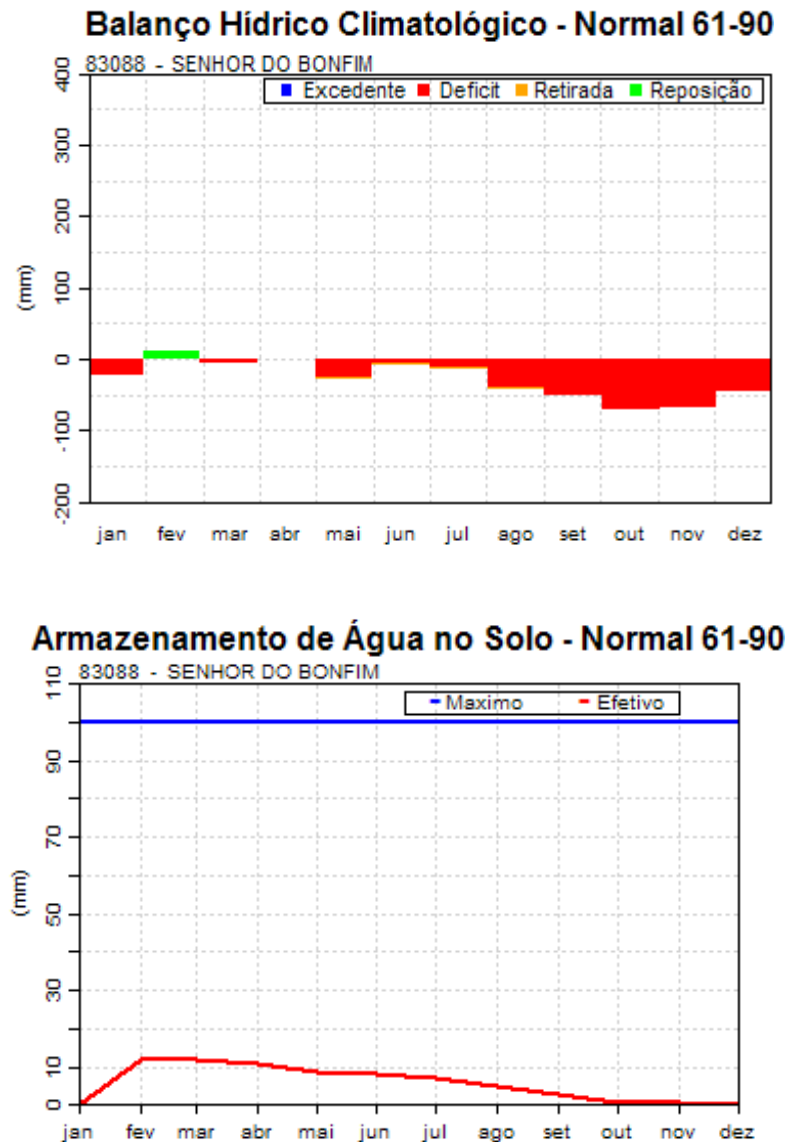


Foto: Do autor

O balanço hídrico (Figura 14 ) mostra que existe uma deficiência hídrica durante praticamente todos os meses do ano. Há uma escassez de água no ambiente, condicionada pelo extenso período de estiagem característico do clima semiárido, com exceção de fevereiro, quando o balanço hídrico torna-se positivo, denunciando reposição de água no solo. No período de maio a dezembro a evapotranspiração potencial supera a precipitação, o que

caracteriza até novembro, uma importante fase de retirada de água do solo e uma típica deficiência hídrica que se estende até janeiro.

**Figura 14**– Balanço hídrico e armazenamento de água no solo de Senhor do Bonfim (1961-1990)



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (BRASIL, 2015a)

Sabendo-se que há uma relação direta da vazão dos corpos d'água com a dinâmica hidrológica regional (CHRISTOFOLETTI, 1981), pode-se estabelecer que em anos com padrão normal de precipitação, no período de novembro a março (na medida em que diminui o déficit hídrico e ocorre reposição de água no solo), as nascentes, alimentadas pelos



aquíferos superficiais, tendem a apresentar maior volume de água em exfiltração. Da mesma forma, a vazão reduz gradativamente até o período de menor fluxo, entre agosto e setembro.

Algumas das inúmeras nascentes existentes na serra de Jacobina, que é cortada pelo rio Itapicuru, estão em processo de degradação com sérias ameaças de extinção. Na última estiagem, segundo relato de moradores locais, algumas chegaram a secar por conta do mal uso do solo e das atividades ligadas a ele, o que tem dificultado ainda mais a vida das comunidades que dependem desta bacia, uma das maiores do Brasil com rios de domínio inteiramente estadual, compreendendo uma área de abrangência de 53 municípios, parcial ou totalmente inseridos nela, cuja população total, segundo o IBGE (BRASIL, 2012) ultrapassa 1,4 milhão de habitantes, 10,05% do total do Estado. Segundo Melo (2006, p. 159), “entre mistura e mistérios, as águas da Bacia do alto Itapicuru, jorram quente da terra sertaneja, reluzem em pepitas de ouro na chapada, caem do alto em cachoeiras e cascatas, e pairam tranquilas em lagos e poços.”

O rio Itapicuru (Figura 15) é foco de preocupação quanto aos seus aspectos ambientais por causa do conflito entre o desenvolvimento das atividades econômicas e a sua preservação (Figura 16).

**Figura 15** – Leito do rio Itapicuru com assoreamento e em estado de degradação no distrito de Carrapichel, em Senhor do Bonfim, Bahia



Foto: Do autor



**Figura 16-** Cultivo agrícola irregular às margens do rio Itapicuru



Foto: Do autor

**Figura 17 –** Trecho do rio Barroca, afluente do rio Itapicuru, na localidade Barroca do Faleiro



Foto: Breno Campos (2014)

#### 6.4 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E USO DO SOLO DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS

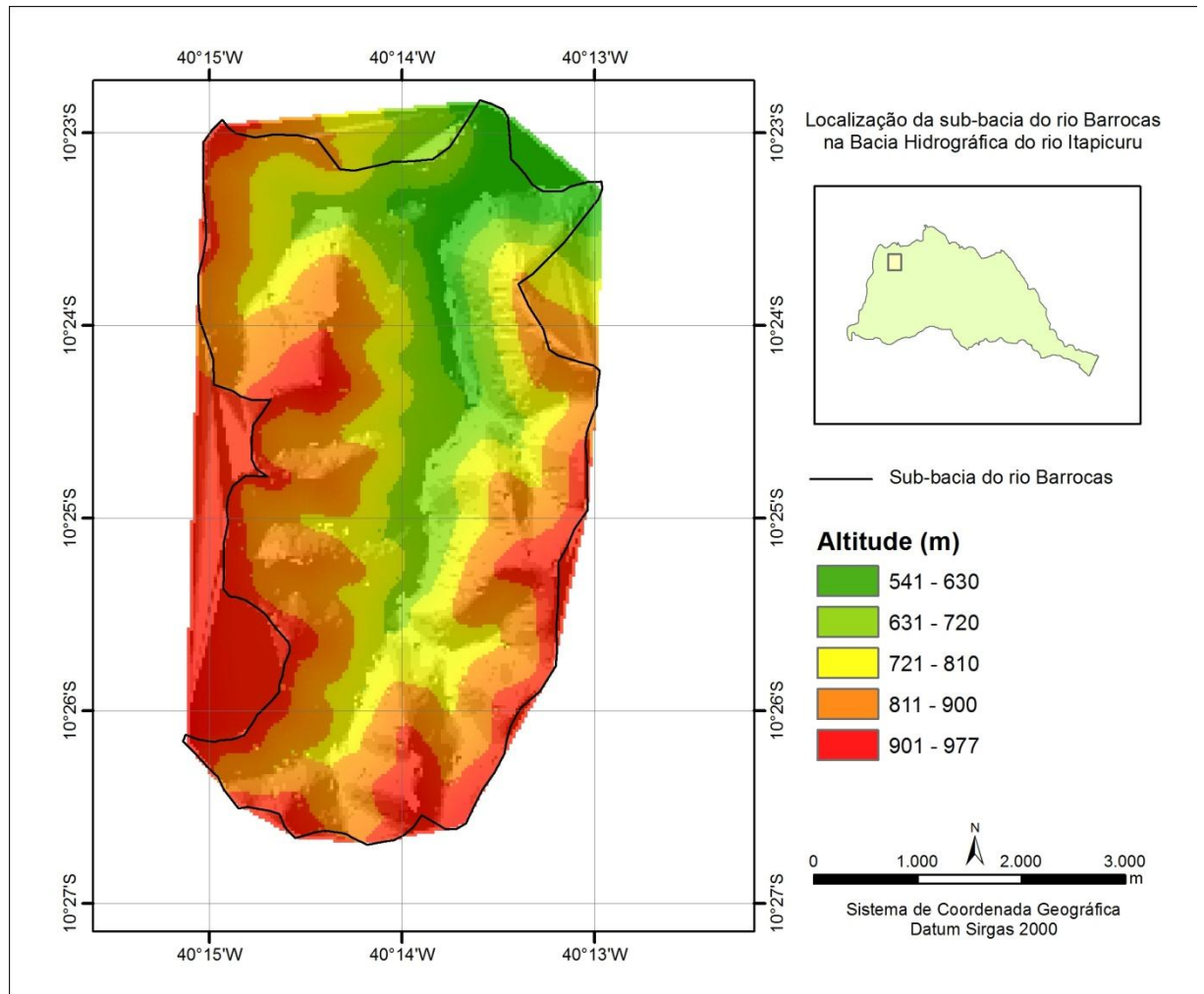
A sub-bacia do rio Barrocas corresponde a uma drenagem de 19,83 km<sup>2</sup>, onde foram estudadas 37 nascentes com vazões variadas, que contribuem de forma circunstancial para a manutenção deste recurso “água”, fundamental para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e ao abastecimento humano no município de Senhor do Bonfim.

A sub-bacia do rio Barrocas está inserida no alto curso da bacia do rio Itapicuru, localizada entre as coordenadas UTM 362932 a 36886E e 8852262 a 8845131N (Fuso 24), possui uma área de 19,83 km<sup>2</sup>, limitando-se a oeste com o próprio limite municipal. Sua rede de drenagem encontra-se na margem direita do rio Itapicuru, constituindo-se como importante afluente do mesmo rio.

A sub-bacia está encaixada na Serra da Jacobina, em uma comunidade denominada de Barroca do Faleiro. Segundo Misi e Silva (1998), esta serra constitui uma unidade geomorfológica isolada, limitada por falhas nos flancos leste e oeste, consistindo num conjunto de cristas e vales norte-sul, de aproximadamente 200 km de extensão, largura variando de 8 a 14 km, com picos atingindo altitudes da ordem de 1300 metros, com amplitudes altimétricas chegando a atingir 800 metros.

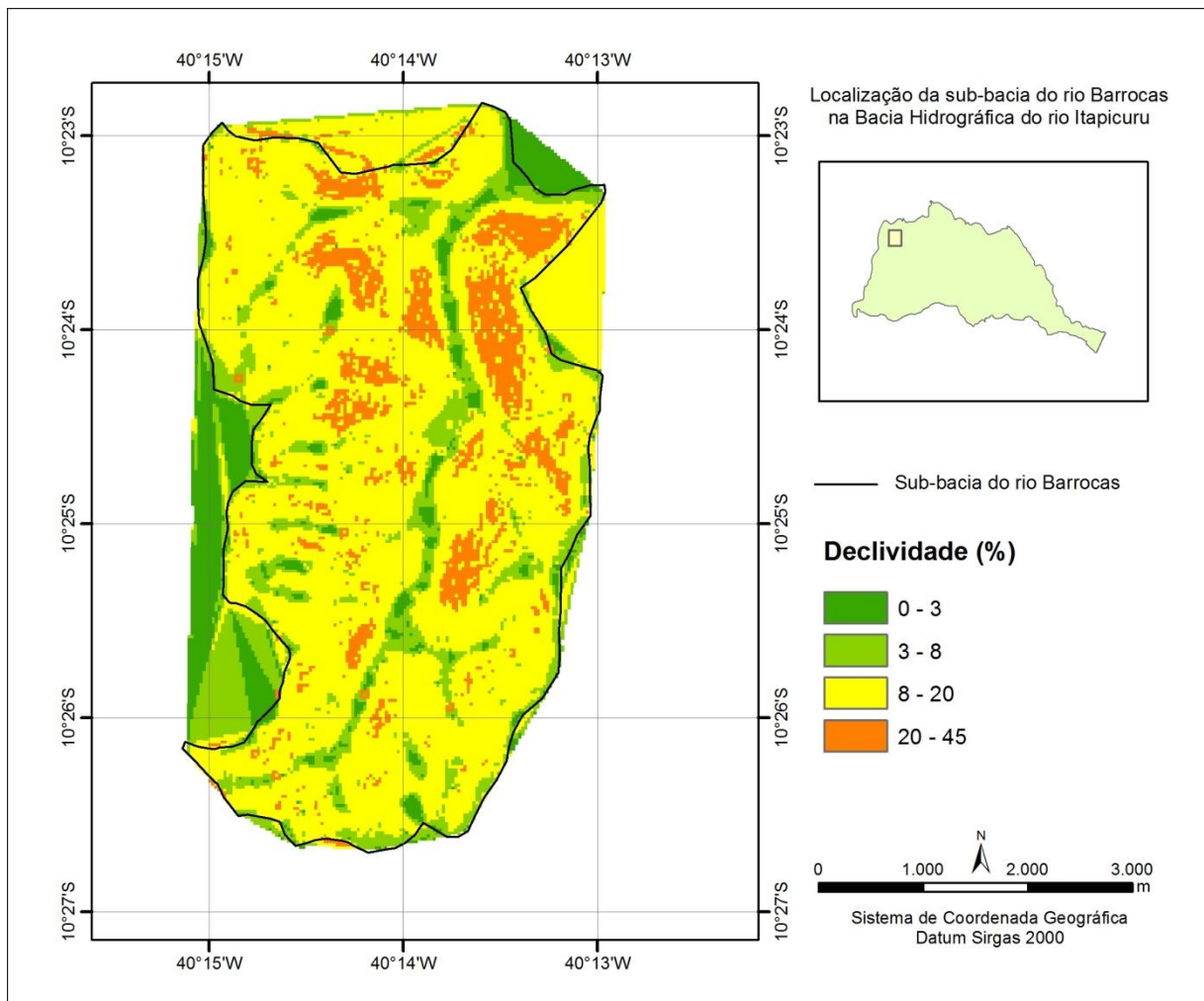
No mapa hipsométrico (Figura 18), verifica-se que as menores altitudes da sub-bacia do rio Barrocas situam-se em torno de 550 metros e as maiores altitudes atingem quase 1000 metros, com vertentes possuindo inclinações superiores a 45° (Figura 19). Estas vertentes íngremes podem ser encontradas em diversos locais na sub-bacia, elas são legalmente, áreas de preservação permanente segundo o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

O mapa temático de declividade contribui para a análise dos processos de uso e ocupação dos solos, levando em consideração a existência de leis que os regulam.

**Figura 18** - Hipsometria da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia

Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987)

**Figura 19-** Mapa de declividade da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987)

#### 6.4.1 Geologia da sub-bacia do rio Barrocas

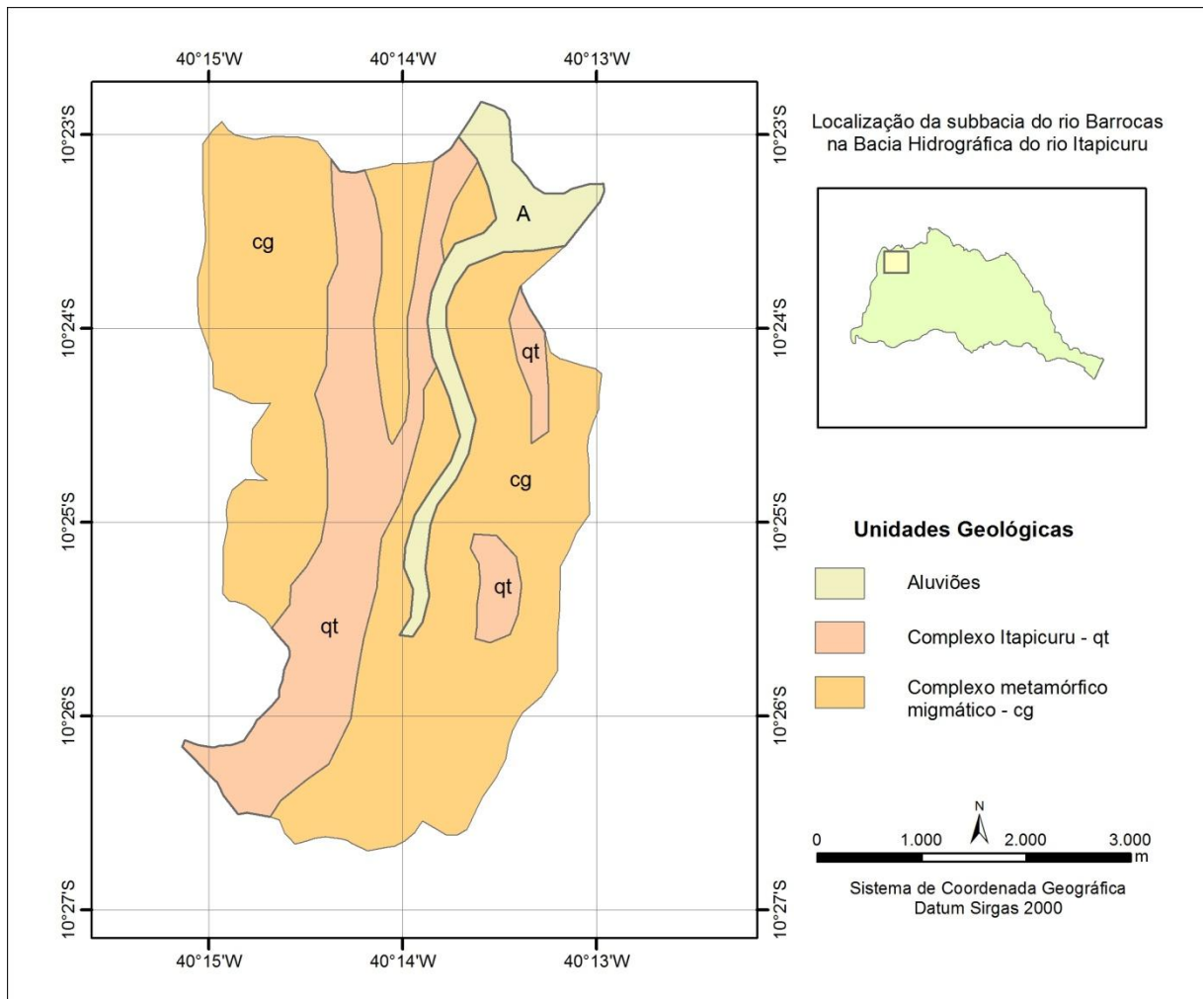
A geologia da sub-bacia do rio Barrocas apresenta três unidades denominadas de: aluviões, Complexo Itapicuru (qt) e Complexo Metamórfico Migmático (cg) (Figura 20). Os aluviões encontram-se nas estreitas planícies fluviais que constituem as áreas planas de fundo de vale na bacia, com menores altitudes. As demais unidades geológicas já foram descritas anteriormente.

A rede de drenagem principal é superimposta à estruturação dominante norte-sul, a exemplo do rio Itapicuru, que corta a serra no sentido oeste-leste. O escoamento superficial é intenso, proporcionando formação de enxurradas, que acabam provocando abrasão generalizadas nas encostas e depositando material arenoso nas áreas mais baixas. Este



domínio geomorfológico caracteriza-se como uma área instável, com dinâmica atual muito forte, merecendo cuidados especiais quanto ao tipo de manejo (BAHIA, 1995).

**Figura 20** - Mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987)

As características das rochas relacionadas ao tipo climático e as formações vegetais presentes na sub-bacia do rio Barrocas contribuem para que estes terrenos se tornem sensíveis à ação humana, principalmente no que concerne ao surgimento de processos erosivos e entulhamento das drenagens pelo material erodido e transportado.

#### 6.4.2 Solos da sub-bacia do rio Barrocas

Os dados utilizados para a verificação dos tipos de solos existentes na área de estudo, foram extraídos do levantamento pedológico realizado pelo Plano Diretor da Bacia do Itapicuru (BAHIA, 1995). Assim a área de estudo apresenta principalmente duas unidades de

solos: o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (solo Podzólico na antiga classificação de solos adotada no Brasil) e o Neossolo (antigo Regossolo) Eutrófico.

#### 6.4.3 Vegetação da sub-bacia do rio Barrocas

A vegetação da área em estudo apresenta-se como Ecótono Floresta Estacional (Figura 21). Este ecótono está distribuído ao longo da Serra de Jacobina, nas suas encostas, vales e grotões, com vegetação exuberante, incluindo espécies como massaranduba, palmeira pindobassu, bucho de veado, canafístula (BAHIA, 1995). A exuberância da vegetação esta ligada a vários fatores, entre eles a distribuição pluviométrica, que está relacionada ao clima subúmido da sub-bacia do rio Barrocas.

Nesta região o trimestre mais chuvoso se verifica no verão e início do outono, nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo março o de maior precipitação. O trimestre mais seco fica em agosto, setembro e outubro, sendo setembro o mês mais seco. Neste trecho da bacia a pluviosidade varia entre 477,6 a 1.129,3mm. Em 50% do período a precipitação é maior que 60mm e o restante abaixo dos 60mm. Chove durante todo o ano (BAHIA, 1995, p. 30).

**Figura 21** - Floresta estacional na sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia

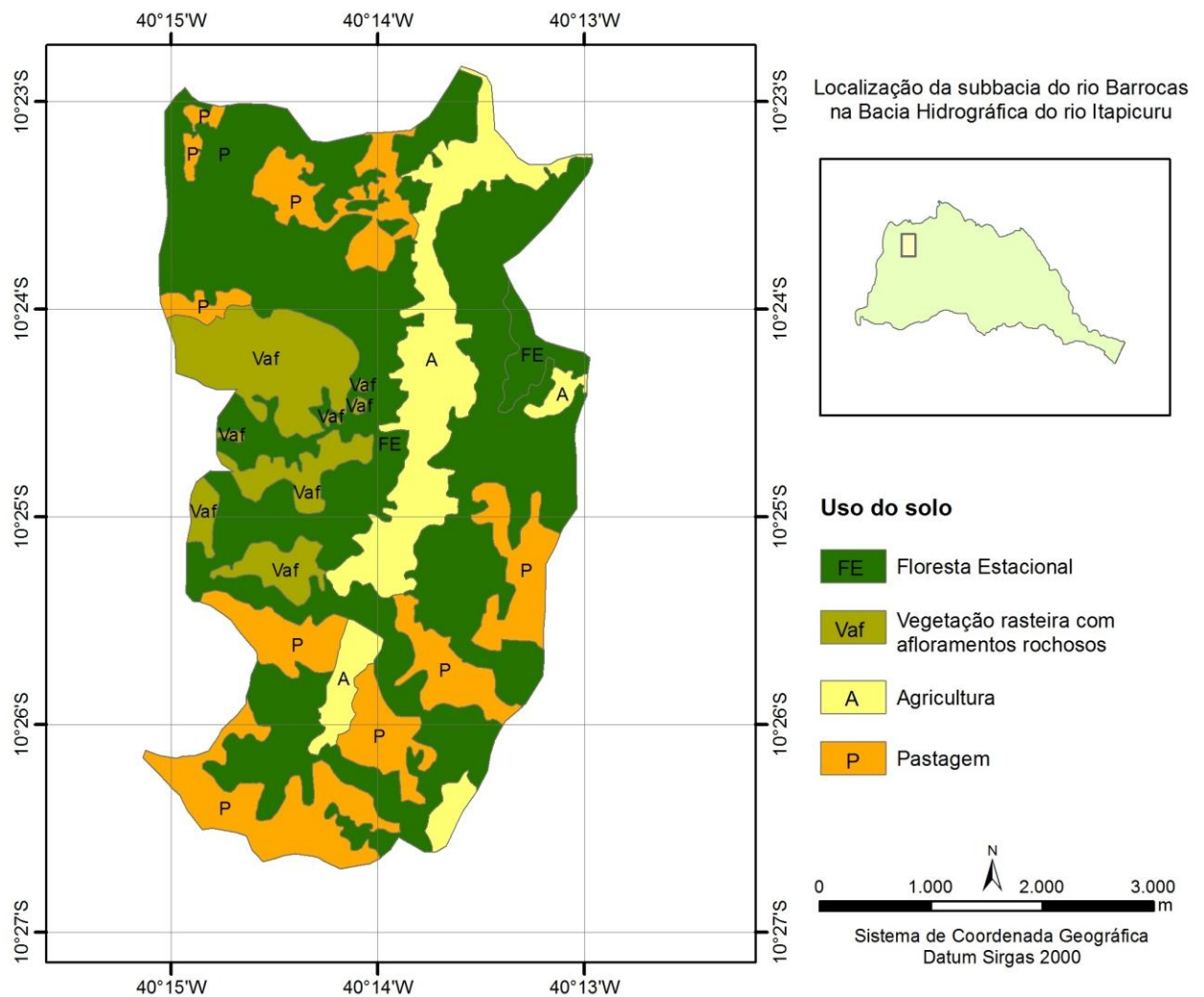


Foto: Do autor

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região pode ser considerado como Aw, clima tropical (quente, com mês mais frio, com temperatura média superior a 18° C, mês mais seco, com precipitação inferior a 60 mm), inverno seco com período chuvoso que se atrasa para o outono, o que pôde ser constatado no balanço hídrico anteriormente apresentado.

De acordo com os resultados obtidos (Figura 22; Tabela 1), a maior parte da bacia (56,2%) encontra-se coberta por vegetação densa, o que está relacionado às elevadas declividades e difícil acesso na serra da Jacobina.

**Figura 22-** Mapa do uso do solo da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Imagens Rapideye (2011) disponibilizada por MMA (2015)



**Tabela 1-** Classes de uso e ocupação do solo e respectivas áreas (em km<sup>2</sup> e em percentuais) em 2011 na sub-bacia do rio Barrocas no município de Senhor do Bonfim, Bahia

Classe de uso do solo	Área ocupada	
	km <sup>2</sup>	Porcentagem
Pastagem	4,074	20,5
Agricultura	2,513	12,6
Cobertura vegetal densa	11,151	56,2
Vegetação rasteira com afloramentos rochosos	2,097	10,5
<b>Total</b>	<b>19,83</b>	<b>100</b>

Elaboração: o próprio autor

A classe de pastagem (Figura 22) é significativa, ocupando 20,5% (4,074 km<sup>2</sup>) do total de 19,837 km<sup>2</sup> da sub-bacia. O gado bovino sempre teve posição de destaque na economia do município, desde tempos remotos, e nos dias atuais são criados em sua maior parte de forma extensiva, contribuindo também para devastação de grandes áreas, algumas delas protegidas por lei.

Nota-se que em diferentes pontos da sub-bacia, sobretudo nos fundos de vale, há ocupação por residências de baixa renda que desenvolvem atividades agropecuárias de subsistência (Figura 23 e 24), muitas vezes de forma irregular atingindo áreas de proteção permanente, fazendo uso de queimadas que possivelmente contribuem para o empobrecimento do solo e a redução das nascentes.

**Figura 23** - Residências de baixa renda que desenvolvem atividades agropecuárias de subsistência na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor



**Figura 24** - Área da sub-bacia do rio Barrocas, desmatada para o desenvolvimento de pastagem



Foto: Do autor

A agricultura de subsistência na sub-bacia do rio Barrocas representa 12,6% (2,513 km<sup>2</sup>) da área total. Dentre os produtos produzidos podemos destacar: hortaliças (Figura 25), frutas (Figura 26) e grãos.

A classe de vegetação rasteira e rocha exposta tem a menor representação espacial, ocupando uma área de 10,5% (2,1 km<sup>2</sup>) da área total. No clima semiárido tem-se a ocorrência de processos derivados predominantemente do intemperismo físico que acabam condicionando as diversas formas dos ambientes, levando em consideração as propriedades geomorfológicas das rochas e as diversas influências de estrutura e de tectonismo.

Os escudos expostos englobam porções emersas da plataforma, constituídas de antigas cadeias estabilizadas, desde o pré-cambriano inferior, em decorrência do tipo de deformação que sofreram durante os vários ciclos tectônicos posteriores foram atingidas por intensa erosão, que consumiu os complexos de rochas metamórfico-ígneas e salientou os enclaves afetados, por graus de metamorfismo regional mais baixo, representados pelas serras de Jacobina e Itiúba (BAHIA, 1995).

**Figura 25** - Agricultura de subsistência de jiló existente na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Márcio da Cruz Silva (2013)

**Figura 26** - Agricultura de subsistência de banana existente na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Márcio da Cruz da Silva (2013)



## 7 A SUB-BACIA DO RIO BARROCAS: HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA

Neste capítulo serão apresentados dados de hidrografia e hidrologia das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas. Inicialmente, porém, serão feitas algumas descrições morfométricas da sub-bacia em estudo.

Destaca-se que para realizar a análise foi necessário, primeiramente, corrigir e complementar dados cartográficos da rede de drenagem da sub-bacia, que acabou possibilitando a construção de uma nova rede de drenagem a partir dos pontos coletados em campo, proporcionando um enriquecimento do banco de dados referente à hidrografia da sub-bacia do rio Barrocas. Assim, com pontos de nascentes mapeados, foi possível gerar um mapa fiel de diversos pontos de exfiltração e da rede de drenagem existentes na sub-bacia, que será apresentado neste capítulo.

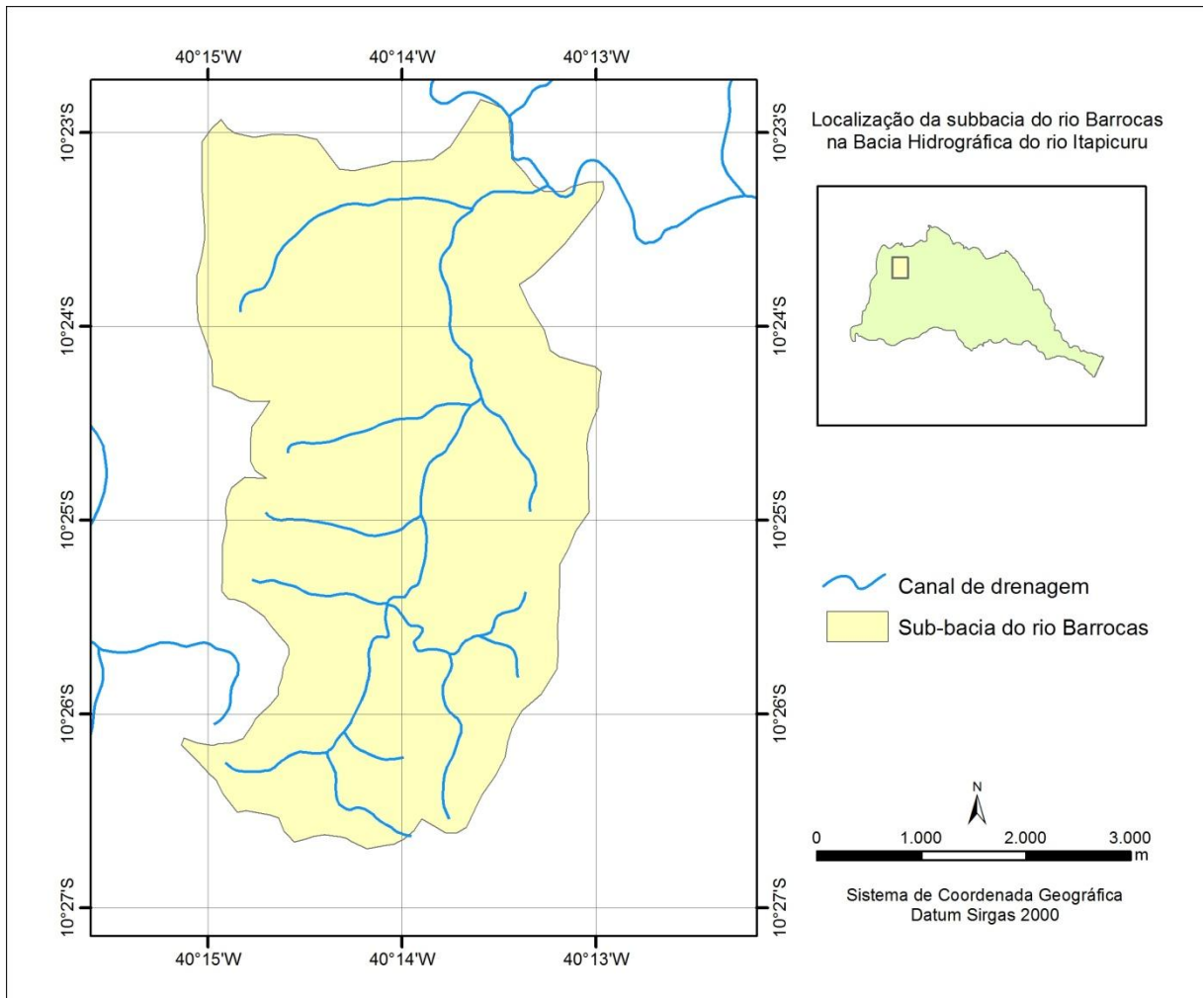
### 7.1 COMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

Inicialmente, para o desenvolvimento desta pesquisa, tomou-se como base cartográfica da rede de drenagem da sub-bacia do rio Itapicuru a carta topográfica digitalizada da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (BAHIA, 2006), baseada na Folha topográfica SC.24-N-II (BRASIL, 1968) e que possui escala de 1:100.000. A rede de drenagem apresentada nessa Folha, correspondente à sub-bacia, consta na Figura 27. Isto implica em um trabalho generalizado, condicionado a eventuais erros dos mapeamentos anteriores, além de ocultar um número considerável de nascentes e córregos em um ambiente que deve ser representado em maior escala.

A espacialização precisa em mapas sem detalhamento, como o da SEI, é deficiente, ou seja, algumas nascentes e córregos não puderam ser localizados em gabinete a partir dessa rede de drenagem em escala 1:100.000, o que foi possível somente nos trabalhos de campo. Destaca-se que também foi feita, no SIG, uma extração da rede de drenagem a partir do MDE da sub-bacia, conforme descrito no capítulo 5. Com posse desse material, foi checada a drenagem em campo.

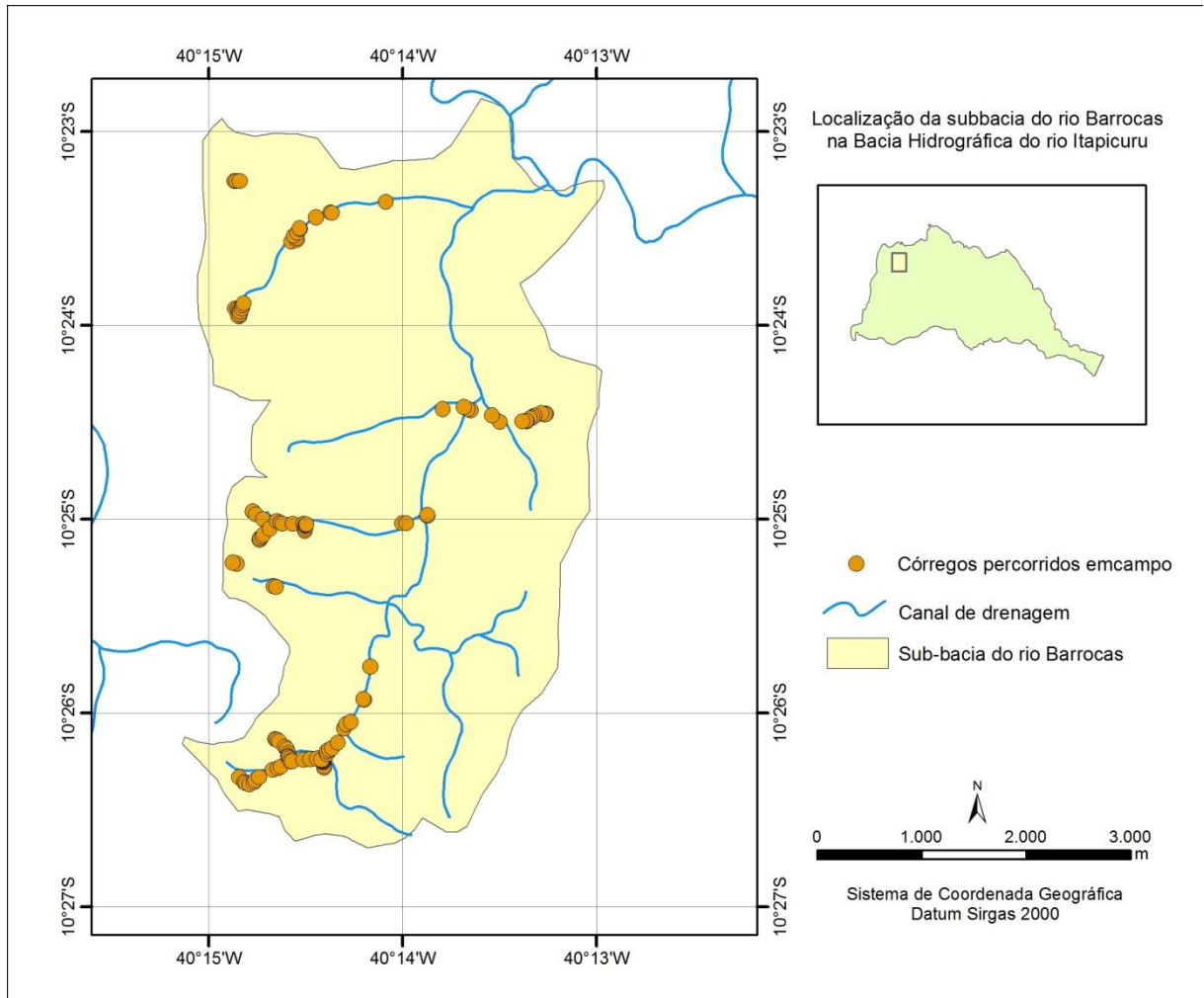
Assim, foram percorridos alguns córregos a fim de georreferenciar pontos em seu curso (Figura 28), detalhando então a rede de drenagem (Figura 29). A partir de então foi utilizada esta rede de drenagem corrigida e detalhada para os estudos subsequentes.

**Figura 27** - Base cartográfica da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas, Bahia, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, digitalizada pela SEI com base em Brasil (1968)



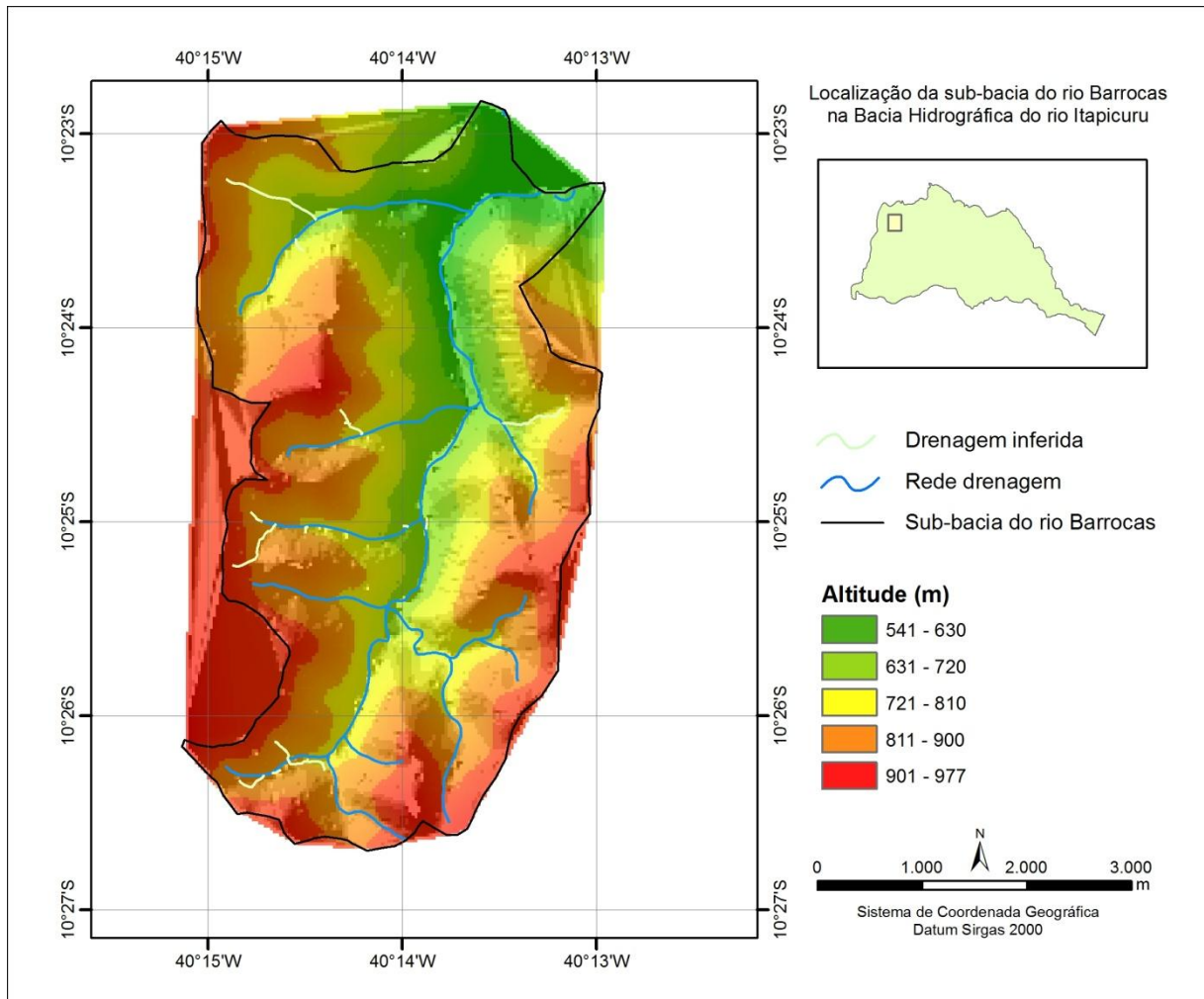
Elaboração: o próprio autor com base em Bahia (2010)

**Figura 28** - Córregos percorridos em campo, com pontos georreferenciados, para maior detalhamento da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor com base em Bahia (2010)

**Figura 29** - Rede de drenagem detalhada da sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor com base Couto (1987) e IBGE (1968)

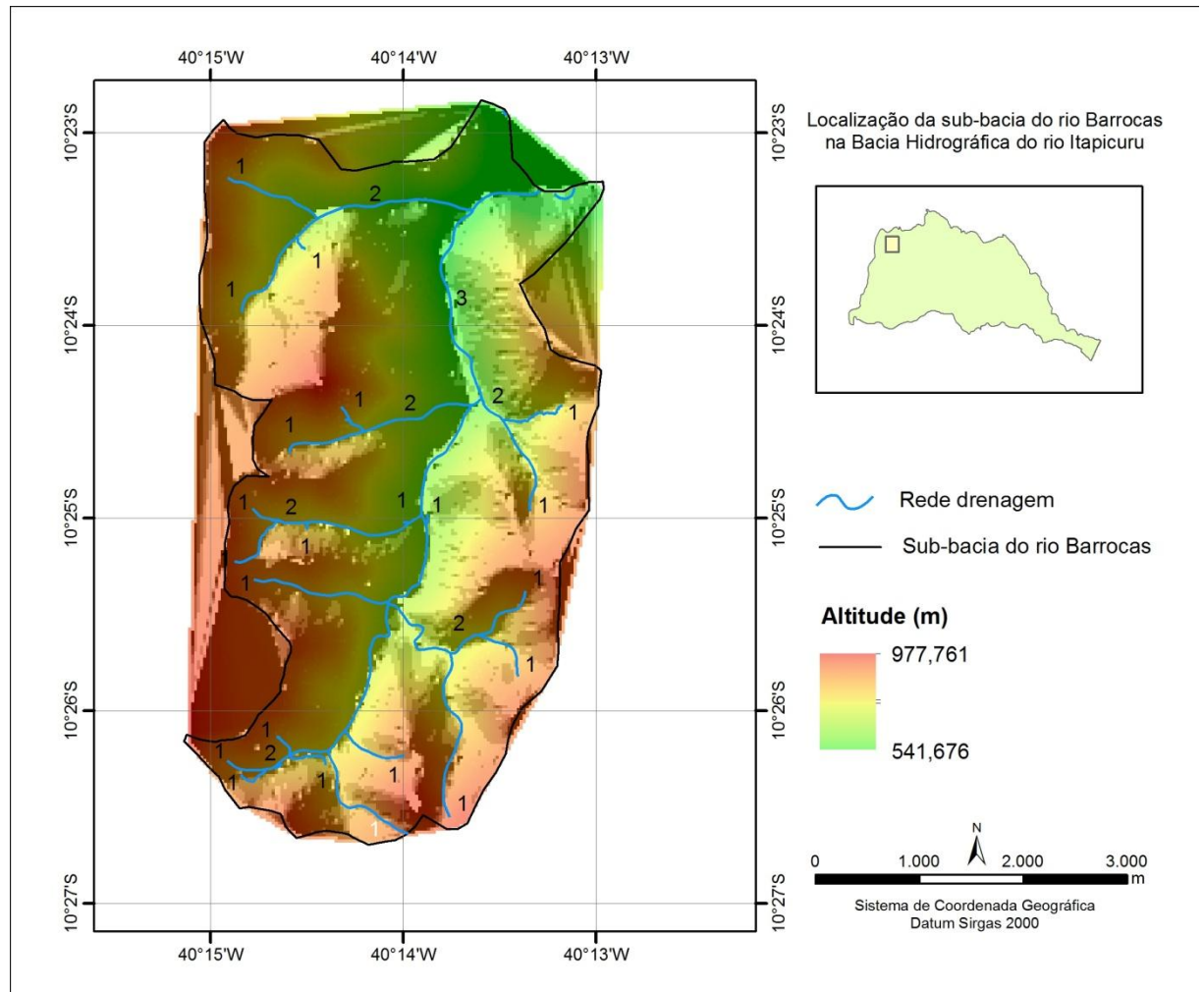
## 7.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS

Considerando a estrutura hidrológica é possível compreender que os processos hídricos são formados pela relação de vários elementos, expressos em diversas características morfométricas de uma bacia hidrográfica. Assim, algumas características morfométricas da sub-bacia do rio Barrocas são descritas a seguir.

A sub-bacia apresenta uma área de drenagem de 19,83 km<sup>2</sup> e um perímetro de 23km.

Na análise da sub-bacia estudada, constatou-se uma hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> ordem (Figura 30) segundo classificação proposta por Strahler em 1952 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1980).

**Figura 30** - Hierarquia fluvial, segundo Strahler, da sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

A densidade da drenagem tem várias atuações na dinâmica de uma bacia hidrográfica, pois resulta da inter-relação entre o clima, a vegetação e a sua litologia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com Christofolletti (1980, p 102- 123.),

(...) a densidade de drenagem da rede de canais desde há longo tempo é reconhecida como variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou expressando a quantidade disponível de canais de escoamento.

Na sub-bacia do rio Barrocas a densidade de drenagem, razão entre o comprimento total dos canais de drenagem e área da bacia, é de 1,26 km/km<sup>2</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2** – Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do rio Barrocas

Parâmetros morfométricos	Sub-bacia do rio Barrocas
Perímetro	23,0 km
Área de Drenagem	19, 83 km <sup>2</sup>
Comprimento do Canal Principal	7,754 km
Hierarquia fluvial (segundo Strahler)	3 <sup>a</sup>
Número de Canais	29
Comprimento total dos canais	25,18 km
Densidade de Drenagem	1,26 km/km <sup>2</sup>
Altitude Máxima	977 m
Altitude Mínima	541m
Amplitude Altimétrica	436 m

Elaboração: o próprio autor

A análise linear de uma bacia hidrográfica refere-se aos índices e relações ao longo do fluxo da rede de drenagem, como relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação de bifurcação e comprimento do rio principal.

A quantidade de canais e a extensão desses em cada ordem hierárquica constam na Tabela 3. Onde é possível observar a importância dos canais de 1<sup>a</sup> ordem na sub-bacia, constituindo importante fonte de nascentes no município de Senhor do Bonfim.

**Tabela 3** - Relação hierárquica, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da sub-bacia do rio Barrocas

Ordem (Strahler)	Quantidade de canais	Extensão (km)
1 <sup>a</sup>	22	13,18
2 <sup>a</sup>	6	9,3
3 <sup>a</sup>	1	2,7
Total	29	25,18

Elaboração: o próprio autor

O índice de bifurcação, razão entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior, indica o grau de dissecação da sub-bacia hidrográfica, ou seja, quanto maior for o valor do índice de bifurcação, maior será o grau de dissecação. Na sub-bacia do rio Barrocas são encontrados os valores de bifurcação que constam na Tabela 4, mostrando a maior dissecação nas cabeceiras de drenagem.

**Tabela 4** - Relação dos números de canais e o índice de bifurcação da sub-bacia do rio Barrocas

Ordem	Nº de canais	Índice de Bifurcação
1 <sup>a</sup>	22	–
2 <sup>a</sup>	6	3,66
3 <sup>a</sup>	1	6

Elaboração: o próprio autor

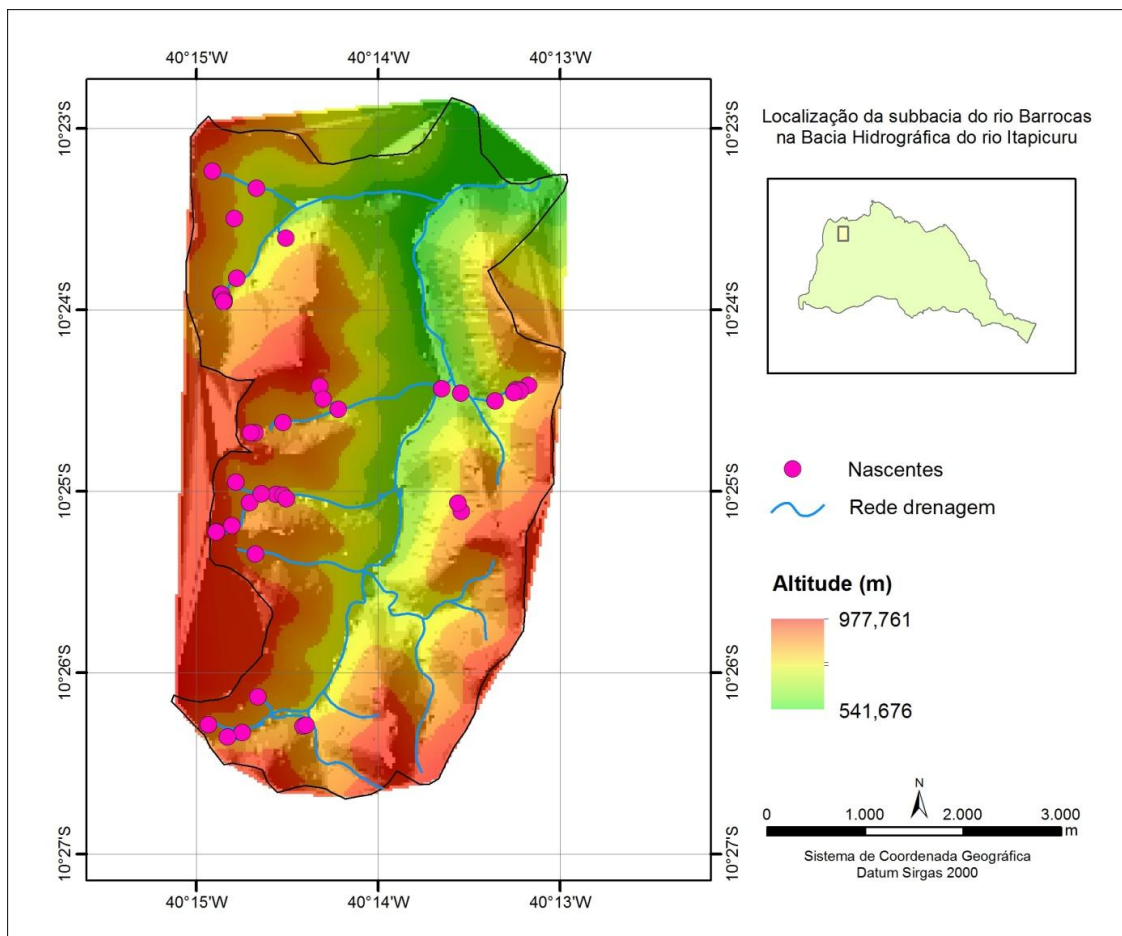


A variação da altitude em uma bacia hidrográfica é importante pela influência que exerce, sobretudo, na precipitação, ou seja, grandes variações da altitude acarretam diferenças significativas na temperatura média que, por sua vez, causam variações de precipitação. Na sub-bacia pesquisada, a altitude varia 436 m, o que implica ocorrência de efeito orográfico local que se reflete na vegetação, conforme descrito no capítulo 6.

### 7.3 MAPEAMENTO DAS NASCENTES: HIDROGRAFIA

Nos trabalhos em campo foram localizadas 42 nascentes (Figura 31). Não foi possível mapear todas as nascentes da sub-bacia devido à dificuldade de acesso às nascentes e ao tempo de realização da pesquisa. Entretanto, buscou-se cobrir toda a área relativa à margem esquerda do rio Barrocas, e parte da área da margem direita, ficando sem investigação em campo a parte sudeste da sub-bacia, o que explica a ausência de nascentes espacializadas na área.

**Figura 31** - 42 nascentes georreferenciadas na sub-bacia do rio Barrocas

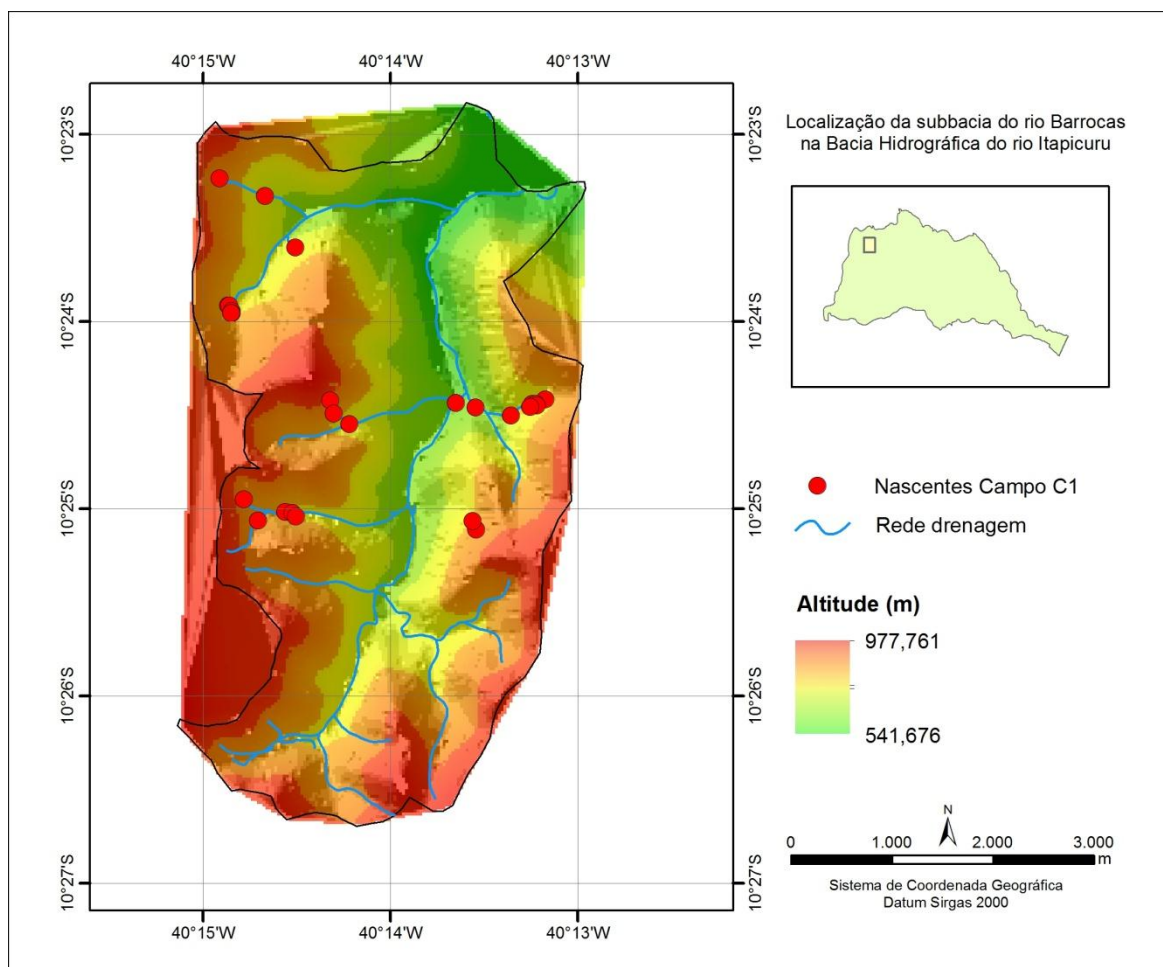


Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

Os trabalhos de campo contaram com a colaboração de moradores do povoado Barrocas, que conheciam a localização de algumas nascentes, foram realizados entre 02 de outubro a 31 de dezembro de 2013 (campanha 1, C1) e entre 24 de setembro a 31 de dezembro de 2014 (campanha 2, C2), tendo sido possível observar a área em dois períodos do ano, para comparar as mudanças ocorridas no comportamento das nascentes e conhecer possíveis alterações na dinâmica das vazões, sem levar em consideração as estações do ano devido às pluviosidades atípicas ocorridas no período da pesquisa. Em campo foram percorridos mais de 50 km de extensão. Foram encontradas e georreferenciadas, na primeira etapa de campo, 26 nascentes (Figura 32).

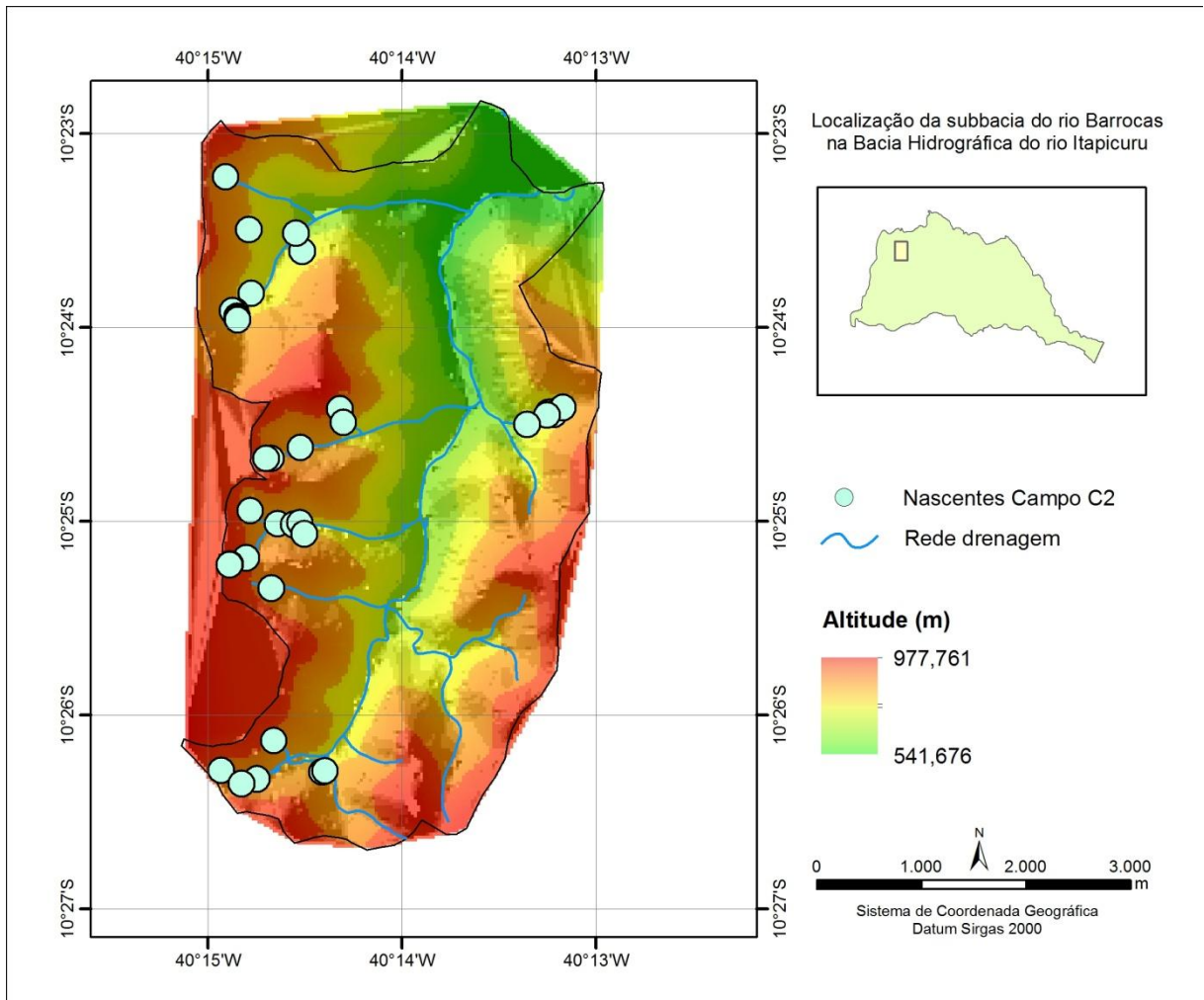
Na segunda etapa de campo (C2) foram georreferenciados 37 pontos de nascentes (Figura 33), algumas sobrepondo as nascentes mapeadas em C1 para possibilitar o estudo de vazão anual e migração de nascentes.

**Figura 32** - Nascentes georreferenciadas na primeira campanha de campo (C1)



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

**Figura 33-** Nascentes georreferenciadas na segunda etapa de campo (C2)



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

As coordenadas de cada nascente georreferenciada constam no Quadro 2, que mostra a classificação tipológica das 10 nascentes estudadas, nas duas campanhas de campo, C1 e C2. Esta classificação leva em consideração a proposta de Faria (1997) que classifica as nascentes em fixas ou móveis de acordo com o critério da migração.

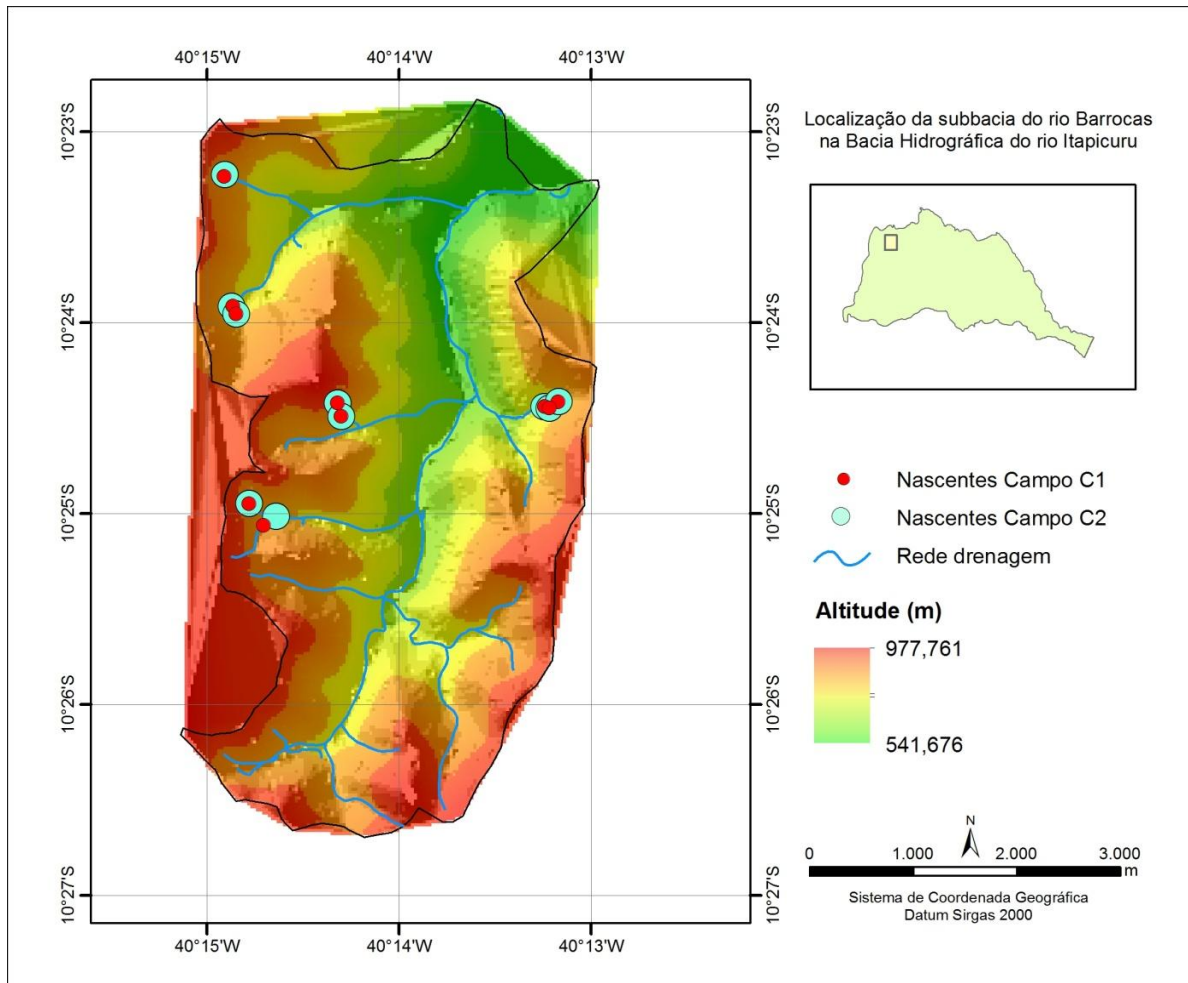
**Quadro 2** - Localização de 10 nascentes comparadas em duas campanhas de campo (C1 e C2) e classificação de migração segundo Faria (1997)

Nascente	Campanha	Latitude S	Longitude W	Migração
01	C1	10°24.421'	40°14.322'	NÃO
	C2	10°24.421'	40°14.322'	
02	C1	10°24.490'	40°14.301'	NÃO
	C2	10°24.491'	40°14.303'	
05	C1	10°24.414'	40°13.171'	NÃO
	C2	10°24.413'	40°13.168'	
06	C1	10°24.440'	40°13.243'	NÃO
	C2	10°24.439'	40°13.244'	
08	C1	10°24.448'	40°13.217'	NÃO
	C2	10°24.439'	40°13.244'	
14	C1	10°24.948'	40°14.782'	NÃO
	C2	10°24.946'	40°14.781'	
15	C1	10°25.062'	40°14.707'	SIM
	C2	10°23.514'	40°14.547'	
19	C1	10°23.233'	40°14.911'	SIM
	C2	10°23.223'	40°14.909'	
22	C1	10°23.913'	40°14.865'	SIM
	C2	10°23.913'	40°14.873'	
26	C1	10°23.954'	40°14.849'	NÃO
	C2	10°23.954'	40°14.848'	

Elaboração: o próprio autor

Foram encontradas três nascentes móveis, representando 30% das estudadas quanto ao critério de migração (Figura 34).

**Figura 34** - Localização (sobreposição) das nascentes mensuradas em duas campanhas de campo



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

#### 7.4 NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS: HIDROLOGIA

Na 1ª campanha de campo (C1) foi possível tirar as medidas de vazão em 12 nascentes (Tabela 5). A vazão média em C1 foi de 0,13 L/s.

Na segunda campanha de campo (C2) foram georreferenciadas 37 nascentes, algumas sobrepondo as nascentes de C1. Destas, 20 tiveram sua vazão medida (Tabela 6), resultando em uma vazão média de 0,41 L/s.

**Tabela 5** – Localização (Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: Sirgas 2000) e vazões (L/s) das nascentes estudadas na 1ª campanha de campo (C1). As nascentes seguidas por asterisco são aquelas que tiveram sua vazão medida nas duas campanhas de campo (C1 e C2)

Nascente	Latitude S	Longitude W	Q1	Q2	Q3	Q média (C1)
01*	10°24.421'	40°14.322'	0,02158	0,302158	0,302158	0,291
02*	10°24.490'	40°14.301'	0,077501	0,091928	0,076941	0,057
03	10°24.547'	40°14.217'				
04	10°24.502'	40°13.356'				
05*	10°24.414'	40°13.171'	0,067069	0,052101	0,052989	0,057
06*	10°24.440'	40°13.243'	0,034826	0,048544	0,035553	0,039
07	10°24.440'	40°13.224'				
08*	10°24.448'	40°13.217'	0,018006	0,018008	0,017878	0,018
09	10°24.455'	40°13.252'				
10	10°24.457'	40°13.544'				
11	10°24.434'	40°13.648'				
12	10°25.109'	40°13.541'				
13	10°25.064'	40°13.561'	0,073171	0,065574	0,065606	0,068
14*	10°24.948'	40°14.782'	0,164156	0,16	0,148459	0,157
15*	10°25.062'	40°14.707'	0,207541	0,201801	0,214056	0,207
16	10°25.016'	40°14.561'				
17	10°25.021'	40°14.523'				
18	10°25.041'	40°14.503'				
19*	10°23.233'	40°14.911'	0,302158	0,291971	0,281562	0,291
20	10°23.327'	40°14.668'				
21	10°23.603'	40°14.507'	0,116414	0,116821	0,116404	0,116
22*	10°23.913'	40°14.865'	0,035123	0,041377	0,048301	0,041
23	10°23.914'	40°14.861'				
24	10°23.943'	40°14.847'				
25	10°23.954'	40°14.846'				
26*	10°23.954'	40°14.849'	0,212121	0,217738	0,228267	0,219

Elaboração: o próprio autor

Devido ao longo tempo necessário para acesso às nascentes e medição das vazões, à impossibilidade de mensuração de volumes extremamente pequenos de água ou à presença de nascentes difusas que não formam fluxo à jusante (e por isso impossibilitam a utilização do método de medição de vazão adotado), das 42 nascentes georreferenciados na sub-bacia, apenas 10 tiveram sua vazão medida nas duas campanhas de campo (C1 e C2).

**Tabela 6** – Localização (Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: Sirgas 2000) e vazões (L/s) das nascentes estudadas na 2ª campanha de campo (C2). As nascentes seguidas por asterisco são aquelas que tiveram sua vazão medida nas duas campanhas de campo (C1 e C2)

Nascente	Latitude S	Longitude W	Q1	Q2	Q3	Q média (C2)
01*	10°24.421'	40°14.322'	0,667384	0,614859	0,641026	0,641
02*	10°24.491'	40°14.303'	0,42503	0,427579	0,412864	0,421
03	10°24.619	40°14.524'				
04	10°24.500'	40°13.355'	0,018056	0,01657	0,017423	0,017
05*	10°24.413'	40°13.168'	0,0592263	0,058333	0,053042	0,056
06*	10°24.439'	40°13.244'	0,03897	0,041183	0,04189	0,040
07	10°24.437'	40°13.223'	0,065079	0,073314	0,07577	0,071
08*	10°24.448'	40°13.218'	0,049751	0,047894	0,046442	0,046
09	10°24.452'	40°13.252'	0,43827	0,562324	0,567376	0,541
10	10°24.676'	40°14.676'	0,231616	0,26307	0,226257	0,240
11	10°24.676'	40°14.701'				
12	10°23.495'	40°14.791'				
13	10°23.825'	40°14.777'				
14*	10°24.946'	40°14.781'	0,549898	0,593276	0,568942	0,570
15*	10°23.514'	40°14.547'	0,493827	0,562324	0,567376	0,541
16	10°25.016'	40°14.557'				
17	10°25.009'	40°14.525'				
18	10°25.064'	40°14.505'				
19*	10°23.223'	40°14.909'	1,298701	1,20919	1,171975	1,226
20	10°25.189'	40°14.803'	0,164969	0,167269	0,165846	0,166
21	10°23.606'	40°14.515'				
22*	10°23.913'	40°14.873'	0,272654	0,233074	0,325636	0,277
23	10°23.916'	40°14.861'				
24	10°23.944'	40°14.850'				
25	10°23.958'	40°14.846'	0,287356	0,53528	0,296712	0,373
26*	10°23.954'	40°14.848'	0,186533	0,177365	0,176495	0,181
27	10°25.222'	40°14.887'				
28	10°25.224'	40°14.889'				
29	10°25.014'	40°14.641'				
30	10°26.328'	40°14.747'				
31	10°26.287'	40°14.933'	1,024209	1,090909	1,072056	1,062
32	10°26.352'	40°14.828'				
33	10°26.133'	40°14.661'	0,472074	0,501529	0,503145	0,492
34	10°26.293'	40°14.411'				
35	10°26.288'	40°14.397'	0,651584	0,654265	0,70619	0,670
36	10°25.345'	40°14.674'	0,555919	0,5718	0,580271	0,569
37	10°24.421'	40°14.322'				

Elaboração: o próprio autor

Segundo informações obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (BRASIL, 2015a), nos anos de 2013 e de 2014 ocorreram as precipitações apresentadas no Quadro 3.

**Quadro 3** - Pluviosidade do município de Senhor do Bonfim, durante os anos de 2013 e 2014, e indicação dos períodos de campanha de campo (C1 e C2)

Mês / 2013	Pluviosidade (mm)	Mês / 2014	Pluviosidade (mm)
Janeiro	76	Janeiro	14
Fevereiro	00,0	Fevereiro	27
Março	2	Março	34
Abril	200	Abril	191
Maio	60,2	Maio	92
Junho	45	Junho	15
Julho	104	Julho	00,0
Agosto	39	Agosto	00,0
Setembro	26	Setembro	00,0
Outubro - C1	41	Outubro - C2	00,0
Novembro - C1	18	Novembro - C2	00,0
Dezembro - C1	207	Dezembro - C2	23
Total	830	Total	396

Fonte: BRASIL (2015)

Analisando as precipitações que ocorreram nos meses anteriores à medição das vazões, era de se esperar que as vazões em C1 fossem superiores àquelas encontradas em C2. Entretanto, os valores médios de vazão mostram o contrário, o que é confirmado quando se analisa cada nascente medida (Tabela 7).

Para o cálculo da vazão média anual das nascentes foi feita a média aritmética entre C1 e C2.

**Tabela 7** - Vazão média anual de 10 nascentes na sub-bacia do rio Barrocas

Nascente	Vazão C1	Vazão C2	Variação (%) de C1 para C2	Vazão anual (L/s)
1	0,291	0,641	+120	0,611
2	0,057	0,421	+638	0,267
5	0,057	0,056	-2	0,085
6	0,039	0,040	+2	0,059
8	0,0179	0,046	+255	0,0409
14	0,157	0,570	+263	0,442
15	0,207	0,541	+161	0,477
19	0,291	1,226	+321	0,904
22	0,041	0,277	+576	0,179
26	0,219	0,181	-17	0,309

Elaboração: o próprio autor



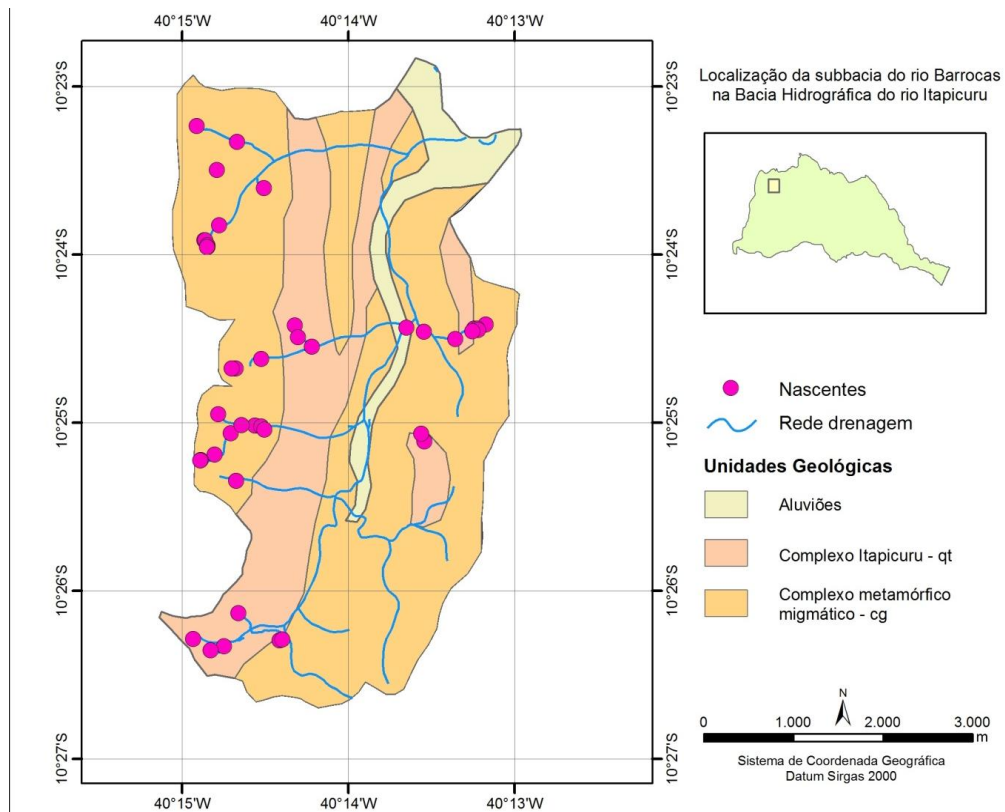
A vazão, entre as duas campanhas de campo, variou pouco para três das nascentes mensuradas. Entretanto, para as outras sete nascentes, a vazão em C2 (período seguinte a meses de estiagem) foi muito superior à de C1 (período seguinte a diversas precipitações).

A importante oscilação de vazões entre períodos chuvosos e de estiagem indica presença de nascentes mantidas por lençóis freáticos, o que foi verificado em campo para a maior parte das nascentes que tiveram a vazão estudada. Aquelas mantidas por lençóis artesianos tendem a apresentar maiores uniformidades de vazão ao longo do tempo (VALENTE; GOMES, 2011).

A litologia influencia diretamente na hidrografia, pois a depender da sua estrutura ela pode possibilitar uma maior ou menor permeabilidade, interferindo assim, no volume e fluxo dos rios.

Observando a figura 35, nota-se que as nascentes da sub-bacia do rio Barrocas estão presentes em todas as unidades geológicas da sub-bacia do rio Barrocas, não existindo o domínio de surgimento das nascentes em uma única unidade geológica. Deve-se lembrar que a parte sudeste da sub-bacia não foi investigada em campo, motivo pelo qual há ausência de nascentes mapeadas.

**Figura 35** - Localização (sobreposição) das nascentes ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia

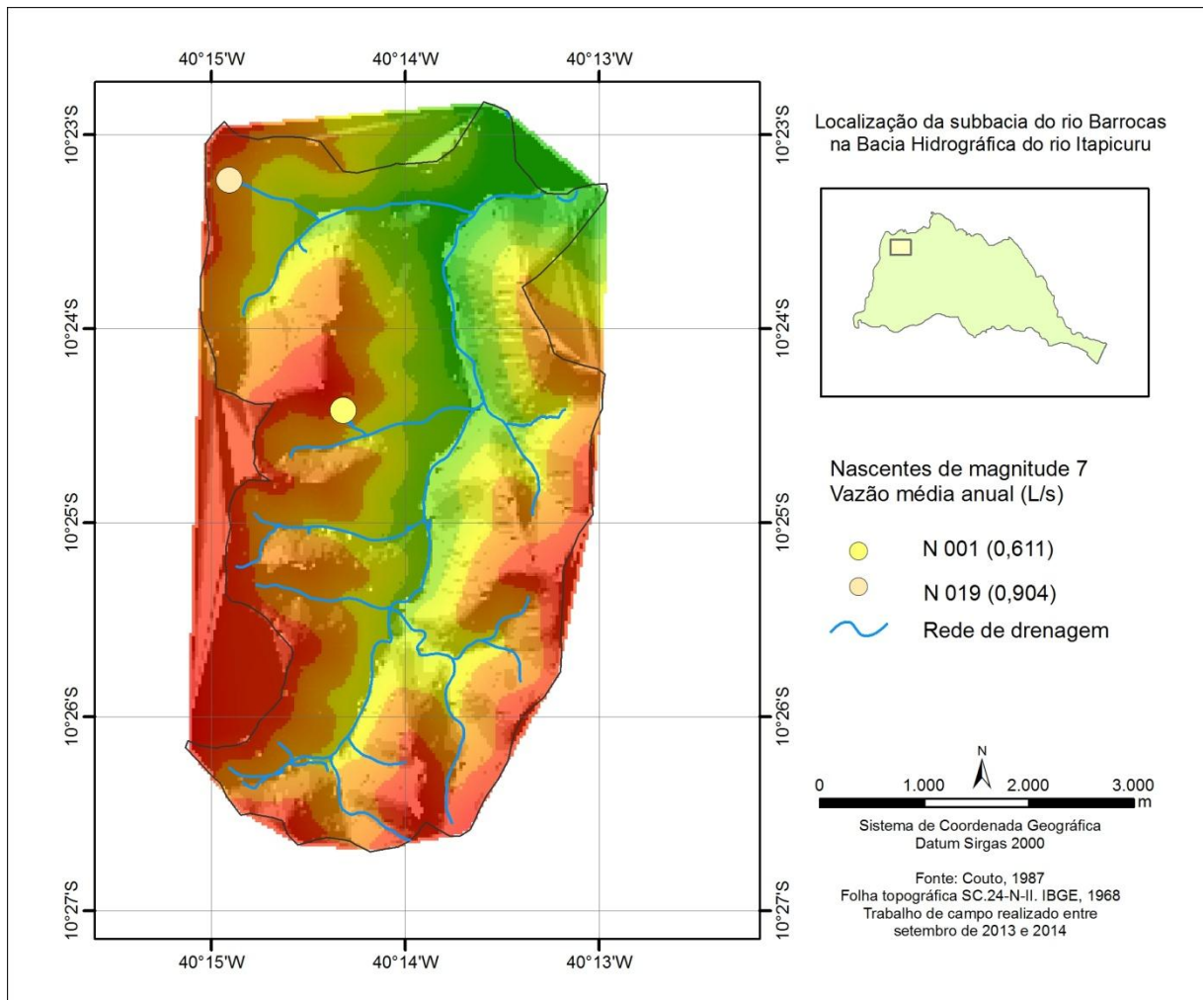


Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

Os lençóis freáticos caracterizam-se pelo depósito de água sobre as camadas impermeáveis de rochas no interior da terra e com  $P=1$  Atm. que acabam ficando mais expostos a ações antrópicas, por isso a importância de um manejo consciente e equilibrado para evitar os diversos tipos de contaminação deste bem único que é a água. Lençóis artesianos ficam confinados entre duas camadas de rochas impermeáveis e acabam surgindo a partir do contato destas camadas com a superfície terrestre, uma vez que possui  $P>1$  Atm. Teoricamente, estes ambientes estão mais protegidos, porém não livres de ações prejudiciais ao meio ambiente. A importância de procurar diferenciar estes dois tipos de nascentes é que as nascentes freáticas são abastecidas por lençóis relativamente próximos a sua área de abrangência, enquanto os artesianos são abastecidos em áreas distantes do ponto de exfiltração e às vezes de difícil acesso. Segundo Valente e Gomes (2011), um fato bem característico é que as nascentes freáticas têm reações mais rápidas ao regime de chuvas ou ao uso da terra em áreas próximas ao local de sua ocorrência, sendo mais fáceis de serem trabalhadas para recuperação e conservação de vazões.

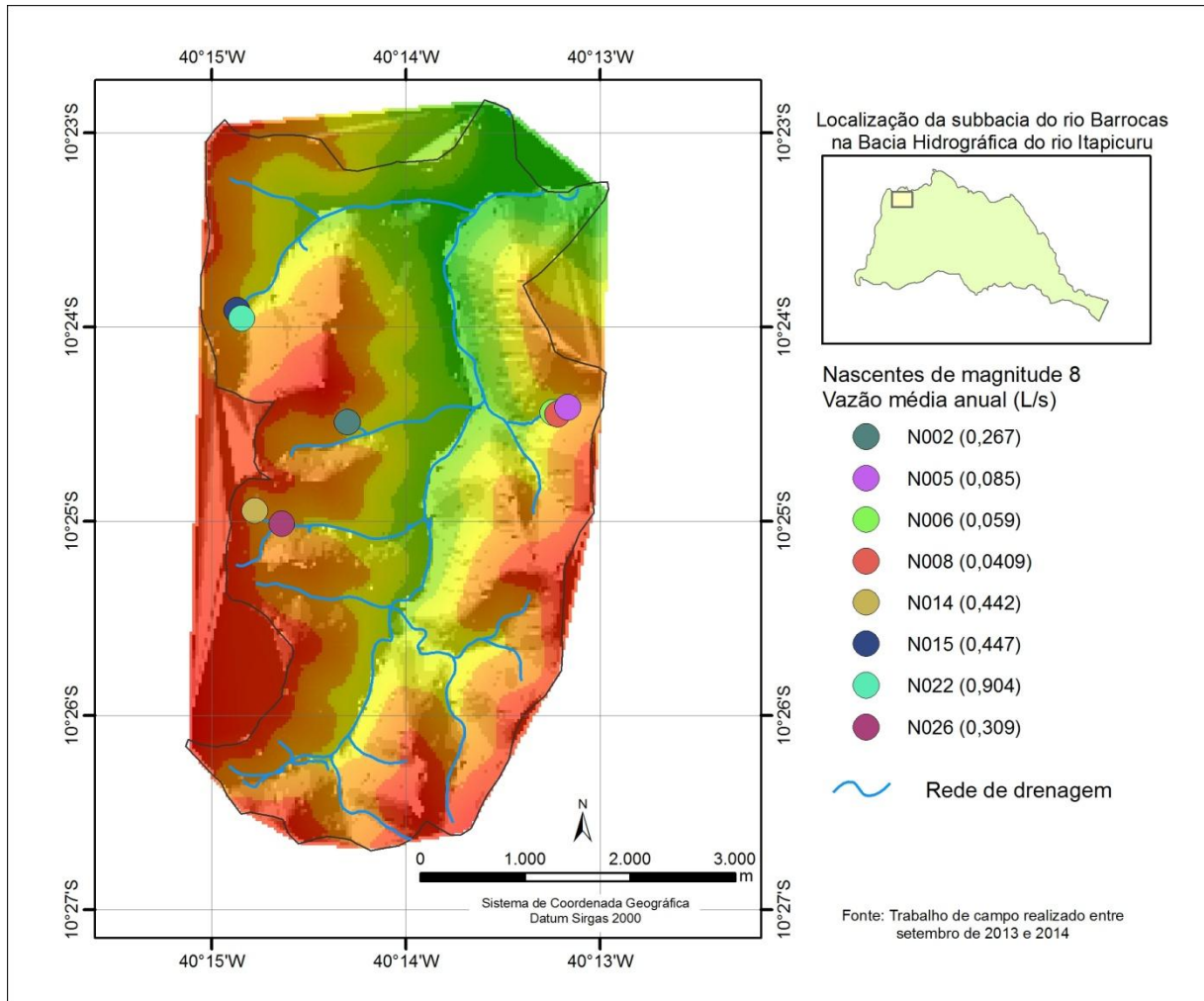
Quanto à classificação de Meinzer (1927), foram identificadas as presenças de duas nascentes de magnitude 07 (Figura 36) e oito nascentes de magnitude 8 (Figura 37). Sendo assim, as nascentes da sub-bacia do rio Barrocas apresentam débitos baixos. Essa assertiva corresponde ao verificado em trabalhos realizados no Brasil, nos quais nascentes com vazões superiores a 10 L/s não são comumente encontradas (FELLIPE, 2009).

**Figura 36** - Nascentes de magnitude 7 (vazão média anual entre 0,6 e 4 L/s), segundo classificação de Meinzer (1927), encontradas na sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987)

**Figura 37** - Nascentes de magnitude 8 (vazão média anual inferior a 0,6 L/s), segundo classificação de Meinzer (1927), encontradas na sub-bacia do rio Barrocas



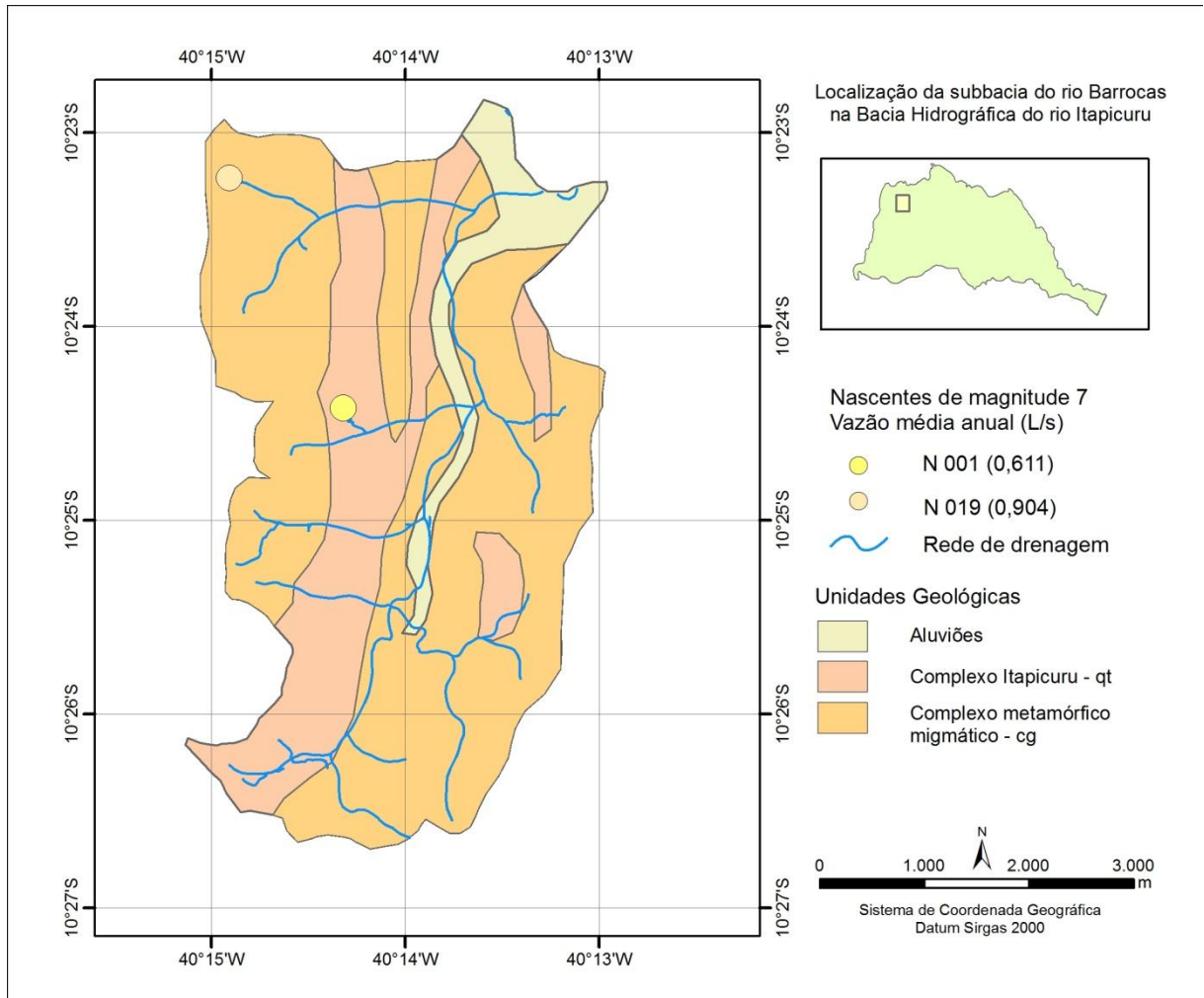
Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

No contexto geológico as nascentes de magnitude 7 (Figura 38) e as de magnitude 8 (Figura 39) aparecem distribuídas nas unidades geológicas do Complexo Metamórfico Migmático e do Complexo do Itapicuru.

As vazões de magnitude 7 medidas estão distribuídas igualmente: uma em cada unidade; já as de magnitude 8 apresentam-se da seguinte forma: cinco na unidade do Complexo Metamórfico Migmático e três no Complexo do Itapicuru.

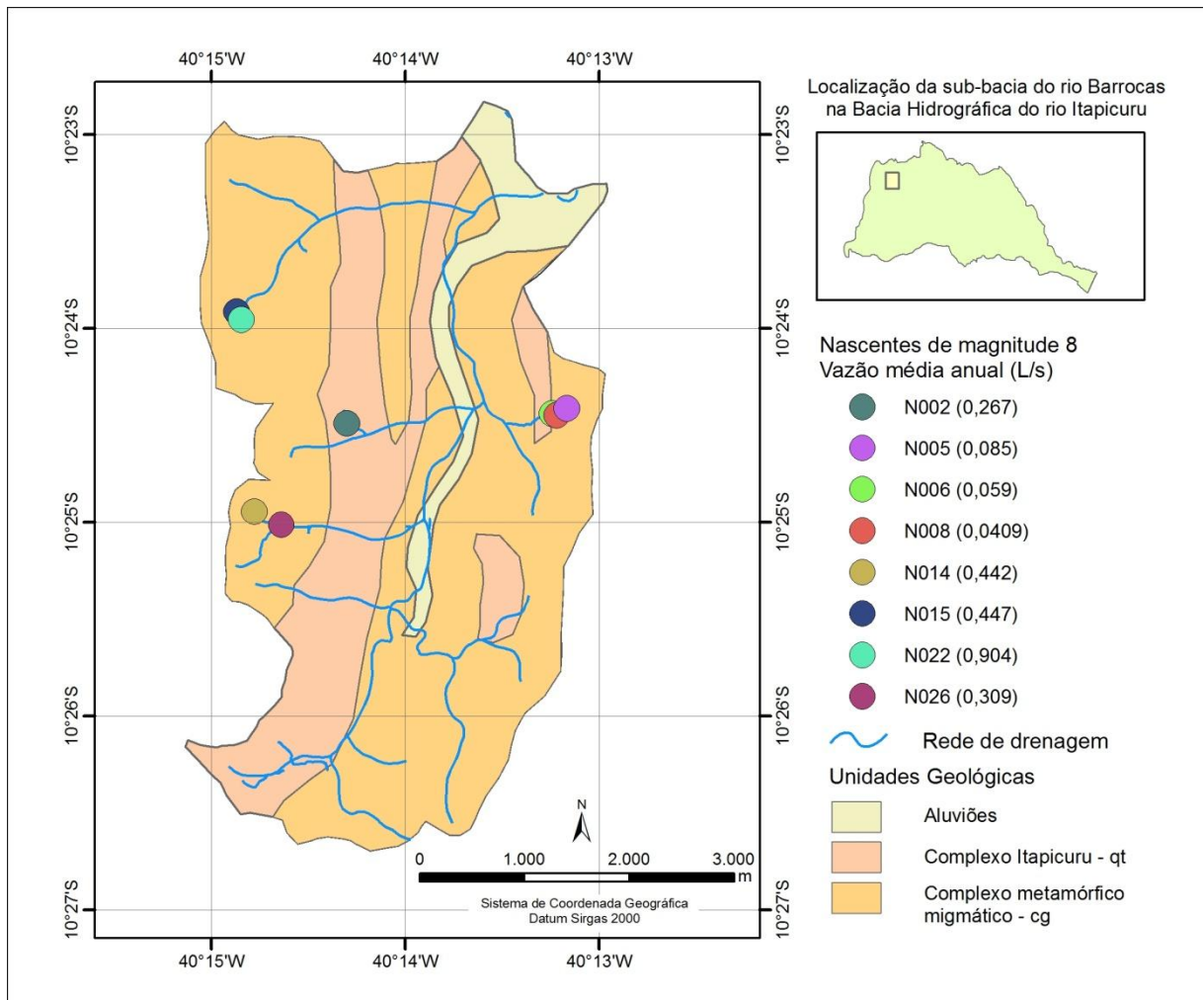
Salienta-se que nem todas as nascentes da sub-bacia foram mapeadas, e que nem todas as nascentes mapeadas tiveram sua vazão medida. Portanto não é possível identificar uma relação entre vazões e as unidades geológicas da sub-bacia do rio Barrocas.

**Figura 38** Localização (sobreposição) das nascentes de magnitude 7 ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

**Figura 39** Localização (sobreposição) das nascentes de magnitude 8 ao mapa geológico da sub-bacia do rio Barrocas, na Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru, Bahia



Elaboração: o próprio autor com base em Couto (1987) e IBGE (1968)

## 7.5 DESCRIÇÃO DAS NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIO BARROCAS

Duas características físicas merecem destaque na caracterização e classificação de nascentes: a morfologia e o tipo de exfiltração. Ambas foram verificadas de forma empírica, em campo. Fundamentado nos trabalhos de Faria (1997), Valente e Gomes (2011) e Felipe (2009) serão apresentados os tipos das nascentes estudadas na sub-bacia do rio Barrocas.

Na área de estudo foram identificadas seis formas diferentes: concavidade, duto, afloramento, talvegue, olho e cavidade. Segue a descrição dessas formas.

Nascentes em concavidade ocorrem em trechos côncavos da vertente, mormente em rupturas de declive, formando canais apenas a jusante da exfiltração (Figura 40).



**Figura 40** - Nascente em concavidade na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Nascentes em afloramentos são caracterizadas pela presença de afloramentos rochosos no local da exfiltração, seja em canais ou mesmo na vertente (Figura 41).

Nascentes em duto são caracterizadas pela exfiltração em canais erosivos subterrâneos horizontais que interceptam a superfície em algum ponto da vertente, formando pequenas cavidades com formas circulares (Figura 42).

**Figura 41** - Nascente em afloramento rochoso na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

**Figura 42** - Nascente em duto na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Nascentes em olho são similares às em duto, porém, neste caso, os canais erosivos subterrâneos são verticais e, por isso, a água aflora verticalmente em áreas planas, constituindo verdadeiros “olhos d’água” (Figura 43).

Nascentes em cavidade ocorrem em cavidades erosivas com formas que se assemelham a marmitas ou panelas, em que a profundidade é maior do que a largura, normalmente após uma ruptura de declive (Figura 44).

**Figura 43** - Nascente em olho na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor



**Figura 44** - Nascente em cavidade erosiva na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Nascentes em talvegue ocorrem essencialmente em canais erosivos – ravinas ou sulcos – quando interceptam o nível freático (Figura 45).

**Figura 45** - Nascente em talvegue de sulco erosivo na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Levando em consideração o tipo de exfiltração, as nascentes podem ser pontuais, difusas e múltiplas, sendo que esses três tipos são encontrados na sub-bacia do rio Barrocas. Nascentes pontuais caracterizam-se pela concentração da exfiltração em apenas um ponto, facilmente individualizado de seu entorno, justamente pelo afloramento da água subterrânea (Figura 46). Nascentes difusas são aquelas em que exfiltração ocorre ao longo de uma área em que não é possível afirmar com precisão o principal local de saída da água, formando terrenos de solo encharcado, em que somente a jusante um canal é identificável, por exemplo, em brejos (Figura 47). Nascentes múltiplas ocorrem nos casos intermediários entre as pontuais e as difusas (Figura 48).

**Figura 46** - Nascente pontual na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor



**Figura 47** - Nascente difusa na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

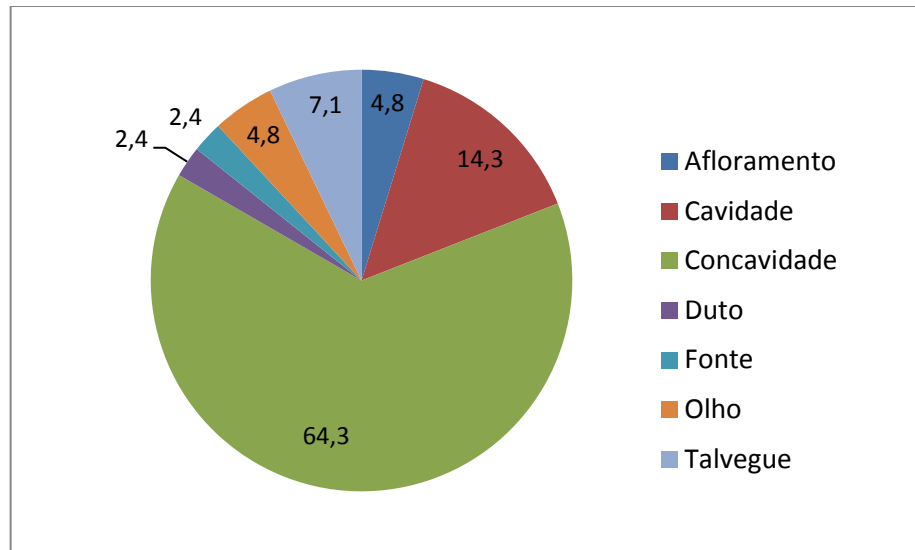
**Figura 48** - Nascente múltipla na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

Assim, as nascentes estudadas na sub-bacia do rio Barrocas aparecem, com relação à morfologia e ponto de exfiltração, da seguinte forma: 27 nascentes em concavidade; seis nascentes em cavidade; duas nascentes em afloramento; duas nascentes em olho; uma nascente em duto e três nascentes em talvegue, conforme consta a porcentagem no Gráfico 1.

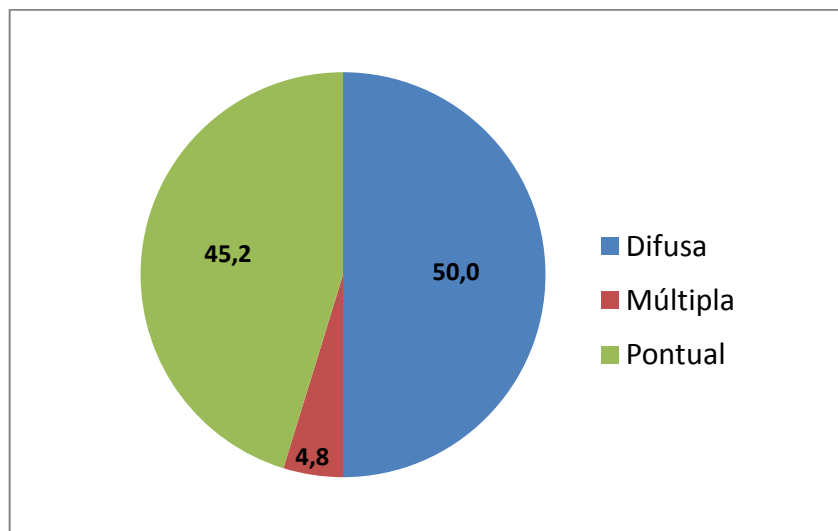
**Gráfico 1** - Gráfico com as porcentagens das formas morfológicas das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor

Com relação aos pontos de exfiltração, tem-se: 21 nascentes difusas; 19 nascentes pontuais e 2 nascentes múltiplas, apresentadas em porcentagem na Gráfico 2. O Quadro 4 apresenta as classificações das nascentes quanto à morfologia e tipo de exfiltração.

**Gráfico 2** - Gráfico com as porcentagens das tipologias das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas



Elaboração: o próprio autor

**Quadro 4 -** Morfologia e tipo de exfiltração das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas

Nascentes	Latitude S	Longitude W	Morfologia	Tipo de exfiltração
N001	10°24.421'	40°14.322'	Concavidade	Múltipla
N002	10°24.490'	40°14.301'	Afloramento	Pontual
N003	10°24.547'	40°14.217'	Talvegue	Pontual
N004	10°24.502'	40°13.356'	Afloramento	Múltipla
N005	10°24.414'	40°13.171'	Concavidade	Difusa
N006	10°24.440'	40°13.243'	Cavidade	Difusa
N007	10°24.440'	40°13.224'	Concavidade	Difusa
N008	10°24.448'	40°13.217'	Concavidade	Difusa
N009	10°24.455'	40°13.252'	Cavidade	Pontual
N010	10°24.457'	40°13.544'	Cavidade	Pontual
N011	10°24.434'	40°13.648'	Concavidade	Difusa
N012	10°25.109'	40°13.541'	Concavidade	Difusa
N013	10°25.064'	40°13.561'	Concavidade	Pontual
N014	10°24.948'	40°14.782'	Concavidade	Pontual
N015	10°25.062'	40°14.707'	Concavidade	Pontual
N016	10°25.016'	40°14.561'	Cavidade	Difusa
N017	10°25.021'	40°14.523'	Talvegue	Difusa
N018	10°25.041'	40°14.503'	Concavidade	Difusa
N019	10°23.233'	40°14.911'	Cavidade	Difusa
N020	10°23.327'	40°14.668'	Fonte	Difusa
N021	10°23.603'	40°14.507'	Concavidade	Difusa
N022	10°23.913'	40°14.865'	Concavidade	Pontual
N023	10°23.914'	40°14.861'	Concavidade	Pontual
N024	10°23.943'	40°14.847'	Concavidade	Difusa
N025	10°23.954'	40°14.846'	Concavidade	Pontual
N026	10°23.954'	40°14.849'	Duto	Pontual
N027	10°24.676'	40°14.676'	Concavidade	Pontual
N028	10°24.676'	40°14.701'	Olho	Pontual
N029	10°23.495'	40°14.791'	Concavidade	Difusa
N030	10°23.825'	40°14.777'	Concavidade	Difusa
N031	10°23.514'	40°14.547'	Concavidade	Difusa
N032	10°25.189'	40°14.803'	Concavidade	Difusa
N033	10°25.224'	40°14.889'	Concavidade	Difusa
N034	10°25.014'	40°14.641'	Concavidade	Pontual
N035	10°26.328'	40°14.747'	Concavidade	Pontual
N036	10°26.352'	40°14.828'	Olho	Pontual
N037	10°26.133'	40°14.661'	Concavidade	Difusa
N038	10°26.293'	40°14.411'	Concavidade	Pontual
N039	10°26.288'	40°14.397'	Cavidade	Pontual
N040	10°25.345'	40°14.674'	Talvegue	Difusa
N041	10°24.421'	40°14.322'	Concavidade	Pontual
N042	10°26.287'	40°14.933'	Concavidade	Difusa

Elaboração: o próprio autor

## 7.6 ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES

Diante da indicação de que a maior parte das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas tem sua origem em lençol freático, facilmente atingido por ações antrópicas, e diante da análise do uso do solo que mostra sinais de interferência antrópica no ambiente, faz-se necessário registrar o estado de conservação das nascentes estudadas (Quadro 5).

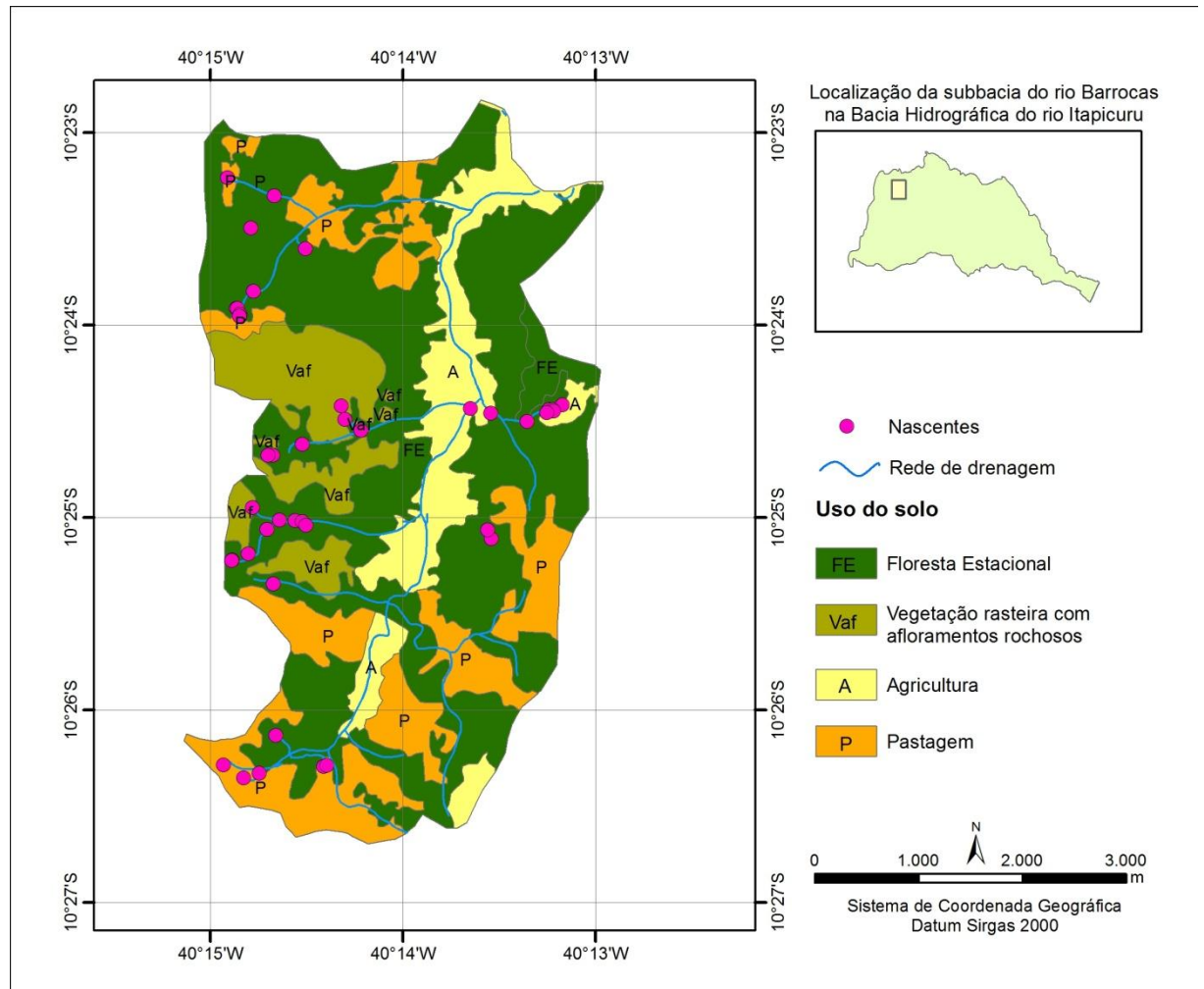
**Quadro 5** - Descrição do estado de conservação de nascentes localizadas na sub-bacia do rio Barrocas

Nascente	Estado de conservação
001-002 004-016 033-034	Vegetação nativa, parcialmente conservada com presença de capoeira (grande quantidade de capins em torno da área de exfiltração), misturada à mata densa e exuberante à sua volta.
003	Vegetação ocorrente ao rio.
005	Vegetação nativa parcialmente conservada/ presença de árvores frutíferas como bananeiras e jaqueiras.
006-008 014-017 018-019 030-031	Vegetação arbórea aberto a semi-aberto, caracterizada por estratos herbáceo e arbustivo densos.
007	Vegetação nativa parcialmente conservada
009-013 035-037 042	Vegetação nativa conservada.
010	Vegetação nativa parcialmente conservada/presença de bovinos.
011-020 029-036	Não apresenta vegetação nativa/ pastagem/ presença de bovinos/ vestígios de queimadas.
015-032	Vegetação nativa parcialmente conservada/ presença de árvores frutíferas como bananeiras
022 - 023 024 - 025 026 - 027 028	Vegetação nativa, parcialmente conservada com presença de capoeira (grande quantidade de capins em torno da área de exfiltração), misturada à mata densa e exuberante à sua volta.
038-039- 040-041	Vegetação nativa, parcialmente conservada com presença de capoeira (grande quantidade de capins em torno da área de exfiltração), misturada à mata densa e exuberante à sua volta.

Elaboração: o próprio autor

Nota-se que das nascentes descritas, a maior parte delas ainda apresenta boas condições de conservação no entorno (Figura 49), o que é propiciado pela elevada altimetria e declividade desses ambientes.

**Figura 49-** Situação das nascentes da sub-bacia do rio Barrocas, quanto à conservação do seu entorno



Elaboração: o próprio autor com base em Imagens Rapideye (2011) disponibilizada por MMA (2015)

O município de Senhor do Bonfim é atingido frequentemente com a queda da vazão dos seus mananciais nos períodos de seca, daí a importância de conservação dos rios, córregos (Figura 50) e das áreas de cabeceira, a fim de manter nascentes regulares e de alta vazão. Salvar rios é salvar primeiro suas nascentes e como elas são produtos de suas bacias, estas precisam ser adequadamente manejadas para fins de produção de água, além de outros bens (VALENTE; GOMES, 2011).



**Figura 50** - Área degradada às margens de um córrego na sub-bacia do rio Barrocas



Foto: Do autor

No rio Barrocas, formador de uma sub-bacia do Alto Itapicuru, a importância das nascentes é imensurável devido à escassez deste recurso essencial à vida, em uma região caracterizada pelo déficit hídrico, o que gera problemas para a população.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser centro de uma microrregião que demanda cada vez mais do município, devido aos serviços prestados na educação, saúde e comércio, há uma necessidade urgente de manter e preservar o manancial hídrico das nascentes que formam os principais rios do município, a fim de garantir o desenvolvimento regional nas próximas décadas. Além disso, a região está localizada no semiárido baiano, que convive frequentemente com o problema das estiagens, com sérias consequências econômicas e sociais para a população. Sem água, torna-se difícil o desenvolvimento da agricultura e da criação de animais, que são atividades de grande relevância para a manutenção da vida de grande parte da população da região. Destarte, a falta de água limita o desenvolvimento de atividades econômicas, gerando problemas sociais no sertão nordestino.

Durante a realização desta pesquisa percebeu-se a pouca quantidade de trabalhos que tem as nascentes como objeto de estudo. Daí a importância de conhecê-las, identificá-las, mapeá-las e interpretá-las no intuito de expor diversas características existentes que possam contribuir para tomada de decisões por parte dos poderes públicos, privados e da sociedade civil para a manutenção, proteção e equilíbrio desse sistema ímpar para a disponibilidade de água nos córregos, lagos e rios.

Com a realização do trabalho de campo, ficou claro a contribuição dada pelos recursos tecnológicos na obtenção de dados através do georreferenciamento para mapeamento das nascentes e identificação de diferentes tipologias. Foram mapeadas 42 nascentes localizadas na sub-bacia do rio Barrocas. Estudados aspectos físicos e humanos, especificamente de uso do solo, da sub-bacia do rio Barrocas, foi possível elaborar um quadro de caracterização das nascentes. Com os estudos hidrológicos foi feita a classificação tipológica das nascentes. Assim, verificou-se que, de acordo com a classificação de Faria (1997), foram encontradas 30% de nascentes móveis e 70% de fixas, levando em consideração o critério de migração. De acordo com a classificação de Meinzer (1927), 20% nascentes apresentaram magnitude 7 e 80% magnitude 8, sendo consideradas de débito baixo, porém dentro dos padrões de vazão das nascentes encontradas no Brasil. Considerando a morfologia e o tipo de exfiltração, foram encontradas na sub-bacia do rio Barrocas seis formas diferentes: 21 em concavidade, 5 em cavidade, 2 em afloramento, 2 em olho, 1 em duto e 3 em talvegue. Representando os pontos de exfiltração, tem-se 21 nascentes difusas, 19 nascentes pontuais e 2 nascentes múltiplas.

A maior parte das nascentes encontra-se ainda em bom estado de conservação, com mata em volta, o que está principalmente relacionado às elevadas declividades encontradas na sub-bacia do rio Barrocas. Porém ficou evidente que o avanço das atividades econômicas, como agricultura e pecuária, sobre as áreas de proteção permanente, que incluem também as nascentes, futuramente poderão contribuir para a degradação e escassez das nascentes.

## REFERÊNCIAS

ACIEPE - ACADEMIA DE CIÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de Ecologia**. 2. ed. São Paulo: Academia de ciências, 1997. 352 p. (ACIESP, n. 103).

BAHIA. **Mapa das bacias hidrográficas do Estado da Bahia**. Salvador: SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Estado da Bahia, 1998.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor de recursos hídricos: Bacia do Rio Itapicuru - Documento síntese**. Salvador: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação/Superintendência de Recursos Hídricos, 1995.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONERH nº 43**, de 02 de março de 2009. Institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas - RPGA. Salvador, BA: Secretaria de Recursos Hídricos/Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH, 2009. Publicada no DOE de 3 de mar. 2009.

\_\_\_\_\_. SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais Da Bahia. **Shape da rede de drenagem do município de Senhor do Bonfim-BA**. Salvador, 2006.

\_\_\_\_\_. SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais Da Bahia. **Shape do município de Senhor do Bonfim-BA**. Salvador, 2010.

\_\_\_\_\_. SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais Da Bahia. **Shape da RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas) no Estado da Bahia**. Salvador, 2012.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004.

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

\_\_\_\_\_. **Geo Catálogo**: acesso às imagens de satélite RapidEye. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 303**, de 20 de março de 2002. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

\_\_\_\_\_. Divisão hidrográfica nacional. **Resolução n. 32**, de 15 de outubro de 2003. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Publicado no DOU em 17 dez. 2003.

\_\_\_\_\_. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados 2012**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 set. 2014

\_\_\_\_\_. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Senhor do Bonfim-BA**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=293010>> Acesso em: 15 jul.. 2013.

\_\_\_\_\_. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em Geociências: Introdução do processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: IBGE / Primeira divisão de Geociências do Nordeste, 2001.

\_\_\_\_\_. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Senhor do Bonfim – SC.24-N-II**. Rio de Janeiro: IBGE, 1968. (Folha topográfica, escala 1:100.000).

\_\_\_\_\_. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Meteorológicos: estações automáticas: gráficos de pluviosidade 2011; 2012; 2103; 2014: Senhor do Bonfim-BA**. Disponível em<<http://www.inmet.gov.br/portal/>>Acesso em: 20 abr. 2015b.

\_\_\_\_\_. INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Agrometeorologia: balanço hídrico climático: período: 1961-1909. Senhor do Bonfim – BA**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>> Acesso em: 20 abr. 2015a.

\_\_\_\_\_. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei 9.985**, de 18 de junho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2000.

CÂMARA G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. [s.l.]: Computers & Graphics, mai/jun. 1996.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.

CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C; CORRÊA, R. L. O problema da escala. In:\_\_\_\_\_. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 117-140.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. London: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 21, n. 42, p. 3-22, dez. 1981.

\_\_\_\_\_. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Büchler, 1980.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Büchler, 1999.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 93-148.

COUTO, P. A. et al. **Projeto Serra de Jacobina: geologia e prospecção geoquímica**. Salvador: CPRM/DNPM, 1978. 415 p. (Relatório Final, v. 1).

DAVIS, S. N.; DE WIEST, R. J. M. **Hydrogeology**. New York: John Wiley, 1966. p. 463.

FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 74-80, 1997.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte–MG, com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. 2009. 275 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FELIPPE, M. F.; LAVARINI, C.; MAGALHÃES JR., A.; PEIFER, D. Espacialização e Caracterização das Nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande-MS, Brasil. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. p. 1-18. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/ce53f01dd96a42fd4e86dc865404979f\\_f095d2d84dcd56320085481cb75d29a6.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/ce53f01dd96a42fd4e86dc865404979f_f095d2d84dcd56320085481cb75d29a6.pdf)> Acesso em: 15 Jul. 2013.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR, A. P. Análise da variabilidade da vazão das nascentes no Parque das Mangabeiras (Belo Horizonte - MG) em relação aos seus condicionantes ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13. 2009, Viçosa-MG, Brasil. **Anais...** Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 2009.

FERNANDES, E. R. **Do mar da Bahia ao rio do Sertão: Bahia and San Francisco Railway**. Salvador: Secretaria da Cultura e Turismo, 2006. (Coleção Apoio).

FERNANDES, M. R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de SubBacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATER-MG. 1994. 24p.

FERREIRA, V. O. de. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v.6, n.2, p. 187-208, dez. 2010.

GONÇALVES, C.W.P. Formação sócio-espacial e questão ambiental no Brasil. In: BECKER, B; CHRISTOFOLETTI, A.; DAVIDOVIC, F.; GEIGER, P. **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1995. p. 309-333.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of geomorphology**. London; New York: Routledge: International Association of Geomorphologists, 2004.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; LUSTOSA, J. P. G. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: Aporte para o GTP (?), **Geografia em Questão**, v. 5, n. 2, p. 28-42, 2012.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GUERRA. A. T.; GUERRA. A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HADLICH, G. M. **Poluição hídrica na bacia do rio Coruja-bonito (Braço do Norte, SC) e suinocultura: uma perspectiva sistêmica.** 2004. 228 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ISIDORO, R. S. **Pelas sendas da vida...** Senhor do Bonfim-BA: [s. n. ], [s. d.]

LACOSTE, Y. A pesquisa e o trabalho de campo: um problema político para pesquisadores, estudantes e cidadãos. **Boletim Paulista de Geografia.** São Paulo, n. 84, p. 77-92, jul.2006.

LIMA, E. C.. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas - CE.** 2004. 64 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais.** 4. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

MACHADO, P. B. **Notícias e saudades da Vila Nova da Rainha, aliás, Senhor do Bonfim.** Salvador: EDUNEB, 2007.

MEINZER, O. E. Large springs in the United States. **U.S. Geological Survey Water-Supply Paper,** Washington, n. 557, 1927, Government Printing Office.

MELO, G. **Doces águas da Bahia.** Salvador: D&M Photodesign, 2006.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **R. RA'EGA,** Curitiba, n.3, p. 67-89, 1999.

MISI, A.; SILVA, M. G. **Embasamento Arqueano-Proterozóico Inferior do Cráton do São Francisco no Nordeste da Bahia.** Série Roteiros Geológicos. Salvador: SGM - Superintendência de Geologia e Recursos Minerais da Bahia, 1998.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000.

MORAES, R. M. **Implementação de um sistema contextual de classificação de imagens orbitais compatível com o sistema SITIM.** 1992. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1992.

NASCIMENTO, F. R. do.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral,** Sobral, v.6/7, n. 1, p. 167-179, 2004/2005.

NASCIMENTO, N. O. ; BAPTISTA, M. B. Contribuição para um enfoque ampliado do uso de bacias de retenção em meio urbano. In: BRAGA, B.; TUCCI, C.; TOZZI, M. (Org.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação e controle.** 1. ed. Porto Alegre: ABRH e Editora da Universidade, 1998, p. 189-203.

NASCIMENTO, P. S. R. et al. Efeito de Pré-Processamento (ajuste) no Desempenho da Segmentação e Classificação de Imagens Landsat-TM.. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998, p. 981-989.



PINTO, L. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n. 65, p. 197-206, jun.2004.

RACINE, J. B.; RAFFESTIN, C.; RUFFY, V. Escala e ação: contribuição para uma interpretação do mecanismo de escala na prática da Geografia. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 1, jan/mar. 1983, p. 123-135.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, n. 14, 2001, p. 69-77.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 12, p. 89-121, 1998.

SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec,1988.

SERPA, A. O trabalho de campo em geografia: uma abordagem teórico-metodológica. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, n. 84, p. 7-24, jul.2006.

USGS - SERVIÇO GEOLÓGICO AMERICANO. **Imagens Landsat 8**. Disponível em <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

SILVA, A. M. **Princípios básicos de hidrologia**. Lavras – MG: UFLA / Departamento de Engenharia, 1995.

SILVA, L. P. da. **Memória histórica e geográfica sobre a comarca do Bonfim**. Salvador: Tipografia Reis, 1915.

SOJA, E. W. **Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 1993.

SOTCHAVA, V.B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**, São Paulo, IGEO-USP, n.14,1978.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e trabalho de campo. In:\_\_\_\_\_ **Geografia física e geomorfologia: uma (re)leitura**. Ijuí: Editora da UNIJUI, 2002.

TOMASONI, M. A. Considerações Sobre a Abordagem da Natureza na Geografia. In: SANTOS, J. M. dos. et al (Org.). **Reflexões e construções geográficas contemporâneas**. Salvador: IGEO/UFBA, 2004.

TORRES, A. P.; ALMEIDA, R. A. Esboço sócio-ambiental da bacia hidrográfica do rio Passa Vaca, SSA-BA. **GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, 2008.

TRICART, J. O campo na dialética da Geografia. In: GUSMÃO PINTO, J. M. **Reflexões sobre a Geografia**. São Paulo: AGB, 1980, p. 97-119.

\_\_\_\_\_. O campo na dialética da Geografia. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, n. 19, 2006, p. 104-110.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. 6ª ed. Rio Claro: Divisa, 2004.

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

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.