



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DE MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS NO VALE DO JAGUARIBE COMO
SUBSÍDIO AO PROGRAMA VIGILANTES GLOBAIS DA
ÁGUA**

ROSILENE AIRES

FORTALEZA – CEARÁ

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA
ROSILENE AIRES

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DE MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS NO VALE DO JAGUARIBE COMO
SUBSÍDIO AO PROGRAMA VIGILANTES GLOBAIS DA ÁGUA**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento

FORTALEZA-CEARÁ

2009

A298a AIRES, Rosilene

Análise ambiental integrada de microbacias hidrográficas no Vale do Jaguaribe como subsídio ao Programa Vigilantes Globais da Água./ Rosilene Aires. — Fortaleza, 2009.

209p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) –
Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e
Tecnologia.

1. Microbacia hidrográfica 2. Semiárido. 3. Análise
geoambiental. 4. Vigilantes Globais da Água.

I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de
Ciências e Tecnologia.

CDD: 551

ROSILENE AIRES

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DE MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS NO VALE DO JAGUARIBE COMO SUBSÍDIO
AO PROGRAMA VIGILANTES GLOBAIS DA ÁGUA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Acadêmico em Geografia na Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no curso de Mestrado Acadêmico em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semiáridas e Litorâneas.

Aprovação em 02/03/2009

Nota obtida: 8,5

Conceito obtido: Satisfatório

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento - Orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Profa. Dr^a. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dr^a. Maria Cléa Brito de Figuerêdo
Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical/CNPAT

Fortaleza-Ceará
2009

*Está acontecendo. . . .
É bicho que está sumindo
É morro que está desmoronando
É solo que está se degradando
É rio que está se transformando
É mata que está queimando
É gente que está agindo. . .
E a natureza com isso se esvaindo
Mas. . . A reação está vindo
Pouco a pouco, lentamente, reconstruindo
Recriando o pensar o agir e assim nos unindo
E a natureza com isso vai renascendo renovando e reluzindo. . .
Autor desconhecido*

AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido para chegar ao mestrado e desenvolver este trabalho foi longo e árduo. Neste percurso recebi incentivos e confiança de pessoas que acreditaram na minha capacidade, o que permitiu a motivação para o estudo e facilitou a organização das parcerias necessárias à construção desse trabalho.

A essas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente a minha vida pessoal, profissional e a esta pesquisa são dirigidos os meus agradecimentos.

A minha família pela paciência, ajuda financeira nos momentos de apertado, compreensão com a minha falta de tempo e nos momentos de tensão, em especial minha mãe Hilda as minhas primas Nágila, Rosângela, Socorro, Elianita e a todos os demais 146 membros do Grupo Faustinos.

As eternas amigas/irmãs que fizeram parte de minha trajetória e me ajudaram a segurar a peteca das angústias, aflições e incertezas. A você Fábiana Santos parceira sempre disposta a me ouvir e dar conselhos. A você meu eterno anjo da guarda e amuleto da sorte Léa Bessa, que me incentivou e apostou na minha capacidade.

A você Tereza Sandra, pela paciência e lealdade até nos momentos mais críticos e difíceis. Aprendemos pra valer nas noitadas e farras, vivenciando nossos dramas sentimentais e intelectuais tão preciosos e necessários ao nosso crescimento.

A família Nascente que tão bem me acolheu e me ensinou a construir vínculos, valores e conhecimentos tanto com alunos tão queridos dos quais estão: Karol, Douglas, Glória e Bruno, quanto com colegas professores, em especial: Roberta, Natália, Aline Tércia, Márcio, Léo, Priscila, Vinícius, Ely e Tia Graça.

Aos queridos torcedores das minhas lutas: Levi, Eli e Beraldo, Nilsimar Santiago, Osmídio Almeida, Breno Stetany, Mário Alcântara, Marlino Silva, Luís Raphael e Jémisson Matos.

Como uma boa agregada sou grata aos momentos de descontração proporcionados pelos bons anfitriões: Bernadete, Camila, Karine, Marcos, Mariluz e Rerisson mestrados da turma do MAG 2008.

Aos mestrados da turma 2007, que me ensinaram muito com suas visões de mundo e posturas, destaque para Keane Barroso, Luís Antônio e, especialmente, a pequena grande Daniely Guerra que com suas dicas e contribuições participou diretamente da minha formação e da construção do trabalho.

Ao meu orientador, professor e amigo Flávio Rodrigues que ao longo de nossa parceria buscou me apontar os caminhos, corrigir erros e enganos

promovendo assim as mudanças. A nossa parceria foi permeada de confiança, compromisso, minuciosidade e perspicácia, o que contribuiu sobremaneira para minha formação intelectual na sua plenitude e totalidade, ou seja, ajudou a me tornar realmente uma “Geógrafa”, pois com ele adquiri e aprendi alguns conhecimentos, habilidades, competências permeados pela ética profissional.

Aos meus professores que promoveram e me instigaram a busca pelo conhecimento e amadurecimento acadêmico: Paulo Pessoa, Marcos Nogueira, Cláudia Granjeiro, Zenilde Baima, Lúcia Brito, Lúcia Mendes, Edílson Júnior, Otávio Lemos, Luiz Cruz, Giovane Jacó, Tarcísio Holanda professores da UECE, a Marta Celina, Clélia Lustosa e Elisa Zanella professoras da UFC e a Roberto Célio Valadão professor da UFMG.

A bateria da escola de samba unidos da cachorra e ao seu principal integrante Auricélio por terem me relaxado nos momentos tensos e, ao mesmo tempo, inspiraram-me nos momentos solitários da produção do saber científico.

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de pesquisa que possibilitou o desenvolvimento da dissertação e a dedicação integral.

A EMBRAPA Agroindústria Tropical pela parceria UECE-FAFIDAM, pelo apoio logístico aos trabalhos de campo e pela acessoria na elaboração dos mapas deste trabalho, em especial aos seguintes funcionários: Morsyleide Freitas, Cléa Brito, Sérgio Fuck, Enio Girão, José Américo, Thatiane Araújo e Samuel Miranda.

Ao Laboratório Integrado de Análises Mananciais e Residuárias (LIAMAR), em especial, o professor Raimundo Benvindo Gomes que forneceu os dados dos monitoramentos das comunidades rurais.

Minha gratidão a Renata Aline pelas informações entrevistas e visitas de campo realizadas que contribuíram diretamente com a pesquisa. Além dela os vigilantes das águas: Alessandro Lopes, Moésio Lopes, Zefinha, Gílson e Seu Monteiro, que são moradores das comunidades rurais e ofereceram informações preciosas ao trabalho.

Finalmente, a coordenação do MAG e demais funcionários pelo apoio institucional e a ajuda no desenrolar burocrático dos tramites do fazer científico.

RESUMO

O trabalho discute as microbacias de Muquém e riacho das Pedras à luz da análise geoambiental integrada, tendo como discussão central a gestão participativa dos recursos hídricos em comunidades rurais do semiárido cearense, evidenciando o Programa Vigilantes das Águas. As microbacias foram consideradas categorias de análise, assim como suas paisagens componentes. Foram traçadas suas caracterizações geoambientais, destacando-se a capacidade de suporte de cada unidade de paisagem. Por conseguinte, foram sugeridas diretrizes ao seu uso sustentável. A microbacia Muquém tem 9,5km de extensão longitudinal, ocupa 60km² e dista cerca de 135km de Fortaleza. A microbacia riacho das Pedras tem 12,6km de extensão longitudinal, ocupa 73km² e dista cerca de 260km de Fortaleza. Muquém e riacho das Pedras enfrentam problemas com poucos investimentos financeiros e baixo nível tecnológico nas lavouras e na criação de animais, bem como restritas condições de emprego e renda. Estas carências colaboram para a geração de problemas de degradação ambiental, tais como: desmatamentos e queimadas, proliferação de plantas invasoras, desaparecimento de espécies nativas, erosão e alteração dos solos, poluição e assoreamento de rios e barragens. Notou-se que há sistemas ambientais que requerem maior atenção, tanto porque são mais vulneráveis aos problemas de degradação ambiental - como é o caso da depressão sertaneja - quanto por serem áreas dotadas de significativo potencial ecológico, a exemplo das planícies fluviais e dos maciços residuais. A análise ambiental integrada, portanto, ofereceu subsídios à atuação do Programa Vigilantes Globais da Água, fornecendo informações sobre as condições atuais dos solos, da vegetação e dos recursos hídricos, Estas informações podem ser úteis à gestão integrada de cada microbacia por comunidades rurais.

Palavras-chaves: microbacia hidrográfica; semiárido; análise geoambiental;; Vigilantes Globais das Águas.

ABSTRACT

The paper discusses the watersheds of Muquém and riacho das Pedras based in integrated geoenvironmental analysis and has as central discussion the participative management of hydric resources in rural communities of semi arid in Ceará State, evidencing the Global Water Watch Program. The watersheds were considered analysis' categories, as well their landscapes components. It was drawn its geoenvironmental categorization, stood out the capacity of supportiveness of each landscapes units. Later, were suggest guidelines for its sustainable use. The Muquém basin has 9,5km of área and occupy 60km² and is 135km distant of Fortaleza. The riacho das Pedras basin has 12,6km of área and occupy 73km² and is 260km distant of Fortaleza. Muquém e riacho das Pedras face problems with little investments money and low technology level in farm works and animal farming, as well restricts job and salary conditions. This lacks contributes to generate environmental degradation problems, such as: deforestation and forest fire, increase invaders plants, disappearance of native species, erosion and changes of soils, pollution and sitting-up of river bed and dams. Futhermore, it was noticed that had environmentals systems that need larger attention, as much because it is more vulnerables the environmental degradation problems for example paths of sertaneja depression; as many as because were areas with ecological potentations, for example the river plains and massifs residuals. The integrated geoenvironmental analysis, therefore, offered subsidy the performance of Global Water Watch Program, supplying informations about the current conditions of soils, of vegetation, and hydric resources. This informations can be useful the integrated management of each watershed by rural communities.

Key-words: watershed; semiarid; geoenvironmental analisys; Global Water Watch.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 CONTEXTO TEÓRICO - METODOLÓGICO	22
2.1 Legislação dos recursos hídricos e os Vigilantes Globais da Água	24
2.2 Pressupostos para a análise ambiental integrada	31
2.3 Microbacia hidrográfica enquanto unidade de estudo e gestão	36
2.4. Procedimentos técnico-metodológicos	38
2.4.1 Etapa de gabinete	42
2.4.2 Etapa de campo	43
2.4.3 O diagnóstico geoambiental	45
2.4.4 Metodologia de mapeamento	50
2.4.5 Síntese e diretrizes	51
3 POTENCIALIDADES DOS RECURSOS NATURAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BAIXO E DO MÉDIO JAGUARIBE	53
3.1 Características da sub-bacia hidrográfica do baixo Jaguaribe	60
3.2 Características da sub-bacia hidrográfica do médio Jaguaribe	65
4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DE MUQUÉM E RIACHO DAS PEDRAS	70
4.1. Caracterização ambiental de Muquém	70
4.1.1 Depressão sertaneja	88
4.1.2 Serras Palhano	96
4.1.3 Tabuleiros interiores	100
4.1.4 Planície fluvial do rio Palhano	104
4.1.5 Núcleo rural de Muquém e a prática dos Vigilantes Globais da Água	112
4.2 Aspectos ambientais do riacho das Pedras	122
4.2.1 Planície fluvial do riacho das Pedras	139
4.2.2 Depressão sertaneja	146
4.2.3 Núcleo rural de Santa Bárbara e a prática dos Vigilantes Globais da Água	159
5 SUBSÍDIOS GEOAMBIENTAIS ÀS AÇÕES DO PROGRAMA VIGILANTES GLOBAIS DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	174
5.1 Sinopse da compartimentação dos sistemas ambientais das microbacias	176

5.2 Capacidade de suporte dos sistemas ambientais: potencialidades e limitações das microbacias de Muquém e riacho das Pedras	183
5.2.1 Domínio natural: vales	184
5.2.2 Domínio natural: serras	185
5.2.3 Domínio natural: glaciais de deposição interiores	186
5.2.4 Domínio natural: sertões	187
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	190
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA - Agência Nacional das Águas
CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará
CEEIBH – Comitê Especial de Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica
COGERH – Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CHESF- Companhia Hidroelétrica do São Francisco
DNOCS- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAFIDAM - Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos
FCC- Fundo Cristão Para Crianças
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GEPE – Grupo Espírita Paulo Estevão
GPS - Sistema de Posicionamento Global por Satélite
GWW – Global Water Watch / Vigilantes Globais da Água
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDACE- Instituto Desenvolvimento Agrário do Ceará
IFOCS- Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LI - Linhas de Instabilidade
ONG'S - Organizações Não Governamentais
PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PIN- Plano de Irrigação Nacional
PLIRHINE- Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste Brasileiro
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNRH- Política Nacional de Recursos Hídricos
PRODHAM - Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental
PROGERIRH - Projeto de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Ceará
PROURB- Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará
P1MC- Programa Um Milhão de Cisternas
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste.
UECE – Universidade Estadual do Ceará
UFC – Universidade Federal do Ceará
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização das microbacias	20
Figura 2 : Modelo de Monitoramento Comunitário da rede GWW.	31
Figura 3: Diagrama conceitual para a análise de microbacia hidrográfica na Geografia	37
Figura 4: Diagrama Metodológico	41
Figura 5: Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará	54
Figura 6: Localização da microbacia riacho das Pedras na sub bacia do médio Jaguaribe	58
Figura 7: Localização da microbacias Muquém na sub bacia do baixo Jaguaribe	59
Figura 8: Mapa básico da microbacia Muquém	72
Figura 9: Hierarquia de drenagem dos canais fluviais de Muquém	73
Figura 10: Perfil sudoeste-nordeste da microbacia do rio Palhano.	74
Figura 11: Perfil transversal da microbacia do rio Palhano.	75
Figura 12: Açude Muquém no período seco.	83
Figura 13: Pequeno barreiro particular em Muquém.	83
Figura 14 e 15: Casa com cisterna de placa em Muquém.	85
Figura 16: Superfícies de pedimentação aplainada em Muquém.	90
Figura 17: Superfícies de pedimentação em Muquém próxima a estrada.	90
Figuras 18: Superfícies de pedimentação aplainada em Muquém recobertas por caatingas arbustivas	90
Figura 19: Presença de afloramentos rochosos no leito fluvial do riacho Timbaúbas.	92
Figura 20: Presença de cactáceas nas áreas de caatingas arbustivas de Muquém.	93
Figura 21: Caatingas arbustivas densas no período seco.	93
Figura 22: Remanescente de caatingas arbóreas em Muquém. Açude Muquém e a serras Palhano.	94
Figura 23: Prática de queimadas e desmatamentos nos solos de Muquém.	95
Figura 24: Açude Muquém e as serras Palhano.	96
Figuras 25: Argissolos vermelho-amarelo distróficos recobertos por Caatingas Arbustivas.	102
Figura 26: Argissolos vermelho-amarelo distróficos em Muquém de textura areno-argilosa	102
Figura 27 e 28: Cultura de feijão e cajueiros consorciados nas áreas de Tabuleiros Interiores de Muquém.	103
Figura 29: Planície fluvial do rio Palhano com vegetação parcialmente conservada em suas margens.	104
Figura 30: Prática do lazer nas águas do açude Muquém	109
Figura 31: Prática do comércio as margens do açude Muquém.	109
Figura 32: Placa informativa aos visitantes sobre os usos permitidos no açude Muquém. .	109
Figura 33: Usos das margens do reservatório Muquém para pastagem e das águas para dessedentação animal	110
Figura 34: Vigilantes Globais da Água em Muquém.	113
Figura 35 e 36: Infraestrutura elétrica e telefônica em Muquém	114
Figura 37 e 38: Posto de saúde e capela da comunidade..	114

Figura 39 : Prédio escolar desativado nas proximidades da comunidade Muquém.	115
Figura 40: Prédio da escola pública na comunidade de Melancias	115
Figura 41: Reuniões realizadas pela EMBRAPA na comunidade de Muquém.	118
Figura 42: Pontos de monitoramento participativo na microbacia Muquém, em Ibicuitinga e Morada Nova – CE	120
Figura 43: Mapa básico da microbacia riacho das Pedras	124
Figura 44: Hierarquia de drenagem dos canais fluviais de riacho das Pedras.	125
Figura 45: Perfil oeste-leste do riacho das Pedras	125
Figura 46: Perfil transversal do riacho das Pedras	126
Figura 47: Açude Santa Bárbara no município de Jaguaretama	135
Figura 48: Vista parcial do açude Luís Ferreira.	135
Figura 49: Captação de água no açude Mufinesa.	135
Figura 50: Poço Trapia instalado as margens do Açude Santa Bárbara	138
Figura 51: Alto curso do riacho das Pedras.	139
Figura 52: Carnaúbas em meio a lavouras de milho.	142
Figura 53: Lavouras de feijão-de-corda e de coco	143
Figura 54: Cultivo de hortaliças em Santa Bárbara.	143
Figura 55: Superfícies de pedimentação aplainada em r. das Pedras	147
Figura 56: Superfícies de pedimentação aplainada próximo a barragem Santa Bárbara.	147
Figura 57: Superfícies de pedimentação levemente onduladas em riacho das Pedras. Maio de 2008	148
Figura 58: Superfícies de pedimentação levemente onduladas em riacho das Pedras. Dezembro de 2008	148
Figura 59: Argissolos vermelho-amarelo distróficos recobertos por caatingas arbustivas densa e aberta em Luís Ferreira - Jaguaretama	149
Figura 60: Neossolos litólicos em riacho das Pedras com material pedregoso em sua superfície.	150
Figura 61: Material pedregoso encontrado nos Neossolos litólicos	150
Figura 62: Afloramentos rochosos no leito fluvial de riacho das Pedras	151
Figura 63: Processos erosivos acelerados nos solos de riacho das Pedras.	152
Figura 64: Caatingas arbustivas densas referentes a maio de 2008	154
Figura 65: Caatingas arbustivas densas referentes a dezembro de 2008	154
Figura 66: Presença de marmeleiro e facheiro nas superfícies de pedimentação levemente ondulada.	154
Figura 67: Agricultores trabalhando com a terra em Luís Ferreira – Jaguaretama	155
Figura 68: Lavouras de feijão-de-corda	156
Figura 69: Lavouras de Milho	156
Figura 70: Cultivo de mamona	156

Figura 71: Pecuária caprina no assentamento Luís Ferreira.	158
Figura 72: Pecuária bovina extensiva em Santa Bárbara	158
Figura 73: Principal rua do núcleo rural Santa Bárbara.	161
Figura 74: Vista parcial do núcleo rural nas proximidades do reservatório Santa Bárbara.	161
Figura 75: Uso Comercial na entrada do pólo de lazer.	162
Figura 76: Centro espírita Benvindo de Melo.	162
Figura 77: Museu de divulgação espírita.	162
Figura 78: Vegetação nim indiano presente nos jardins do pólo de lazer e da escola em Santa Bárbara.	163
Figura 79: Escola Fabiano de Cristo.	165
Figura 80: Prática da queima de resíduos sólidos em Santa Bárbara.	166
Figura 81: Depósitos utilizados para a coleta seletiva de resíduos sólidos.	166
Figura 82: Sede da cooperativa.	167
Figura 83: Sede da associação da agrovila de Santa Bárbara.	167
Figura 84: Prédio da fábrica de redes e vassouras desativado.	167
Figura 85: Currais instalados as margens do açude Santa Bárbara.	168
Figura 86: Estação de tratamento de esgotos da escola e do pólo de lazer.	169
Figura 87: Grupo de Vigilantes das Águas reunidos no assentamento rural de Santa Bárbara	169
Figura 88: Pontos de monitoramento participativo na microbacia riacho das Pedras, Jaguaratama – CE	171
Figura 89: Mapa de sistemas ambientais da microbacia de Muquém	181
Figura 90: Mapa de sistemas ambientais da microbacia riacho das Pedras	182

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias de precipitações mensais em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007.	71
Gráfico 2: Médias mensais de temperatura em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007	72
Gráfico 3: Totais anuais de precipitação na microbacia Muquém no período 1988-2007.	73
Gráfico 4: Médias de precipitações mensais em Riacho das Pedras (Posto Jaguaratama - CE) na série histórica de 1974-2007	120
Gráfico 5: Médias mensais de temperatura em riacho das Pedras (Posto Jaguaratama – CE) na série histórica de 1974-2007.	121

Gráfico 6: Totais anuais de precipitação na microbacia Riacho das Pedras no período (1974-2007)	122
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias Mensais de precipitações e temperatura em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007	70
Tabela 2: Totais anuais das precipitações em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007.	72
Tabela 3: Dados climatológicos da microbacia de Muquém referente ao posto Ibicuitinga	74
Tabela 4: Áreas de abrangência dos canais fluviais e dos corpos d'água que compõem a microbacia de Muquém.	75
Tabela 5: Distribuição dos principais reservatórios de superfície e área dos terrenos alagados da microbacia Muquém.	76
Tabela 6: Localização, quantidade e tipo de uso dos poços cadastrados na área da microbacia Muquém	80
Tabela 7: Localização dos pontos monitorados em Muquém	112
Tabela 8: Resultados das análises de <i>E. coli</i> dos pontos monitorados em Muquém.	112
Tabela 9: Médias de precipitações e temperatura mensais em Riacho das Pedras (Posto Jaguaretama-CE) na série histórica de 1974-2007	119
Tabela 10: Totais anuais das precipitações em Riacho das pedras (Posto Jaguaretama – CE na série histórica de 1974-2007).	121
Tabela 11: Dados climatológicos da microbacia riacho das Pedras	123
Tabela 12: Áreas de abrangência dos canais fluviais e dos corpos d'água que compõem a microbacia riacho das Pedras	124
Tabela 13: Distribuição e área dos principais reservatórios de superfície e terrenos alagados da microbacia riacho das Pedras	125
Tabela 14: Localização, quantidade e tipo de uso dos poços cadastrados na área da microbacia riacho das Pedras	128
Tabela 15: Localização dos pontos monitorados em riacho das Pedras.	159
Tabela 16: Resultados das análises de <i>E. coli</i> dos pontos monitorados.	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos usos múltiplos das águas de Muquém	100
Quadro 2: Principais vetores de poluição hídrica da microbacia Muquém.	105
Quadro 3: Classificação dos usos múltiplos e das fontes de poluição das águas em riacho das Pedras	134
Quadro 4: Sinopse da compartimentação ambiental da microbacia de Muquém.	167
Quadro 5: Sinopse da compartimentação ambiental da microbacia de riacho das Pedras	169
Quadro 6: Síntese das potencialidades, limitações e diretrizes ao uso sustentável das unidades geoambientais das microbacias Muquém e riacho das Pedras	178

1 INTRODUÇÃO

Os grupos humanos nordestinos sempre procuraram meios de transportar, acumular e manusear a água de acordo com as suas necessidades econômicas e de sobrevivência. Denota-se, pois, a perspectiva utilitarista adotada pelas populações no uso desse bem fundamental.

Nessa perspectiva, esse bem disponível na natureza adquiriu valor econômico atribuído pela sociedade e se tornou um recurso, o qual foi considerado ao longo dos anos inesgotável e de um potencial elevado a ser explorado. Com essa visão e mediante a prática utilitarista, os recursos hídricos tornaram-se, em algumas áreas, comprometidos ambientalmente e impróprios ao uso nas diversas atividades em que envolvem seus usos múltiplos.

Em relação às comunidades rurais nordestinas, estas vivem em meio à ocorrência de processos e conflitos que refletem um quadro caótico das suas demandas atuais. Dentre os principais processos geradores de conflitos cabe ressaltar o desigual acesso à água e à terra, bem como a ínfima participação efetiva da maioria da população na gestão dos recursos hídricos.

Esses contrastes ocorrem em meio à política da gestão dos recursos hídricos implantada especialmente nas esferas federal e estadual e resultam de processos naturais e conjunturas políticas que coexistem no presente e influenciam sobremaneira na sobrevivência das populações nordestinas.

Os processos degradacionais que comprometem os ambientes fluviais influenciam na mudança de posição da sociedade com os seus recursos, pois vem crescendo o movimento pela busca de maior eficiência no uso dos recursos hídricos, dada a importância ambiental que eles tiveram ao longo da formação dos diversos agrupamentos humanos com seus traços culturais e históricos característicos.

Nesse sentido, a bacia hidrográfica é um reflexo desse contexto apresentado, pois reúne fatores naturais e sociais combinados e atuantes que têm comportamentos diferentes e causam-lhes alterações complexas. Possui potencialidades e limitações específicas que, comumente, não são valorizadas tampouco respeitadas pelos agentes sociais organizadores do espaço, em razão da ausência de informações que estes possuem a respeito do ambiente nos quais estão inseridos.

Este sistema fluvial, ao mesmo tempo, poderá ser pensado como uma unidade natural de análise para o planejamento de determinado espaço, de forma adequada e eficiente, segundo as realidades e demandas ambientais que comporta ao longo de sua área de drenagem.

O Ceará reflete esse contexto, na medida em que suas bacias hidrográficas foram adotadas enquanto unidades básicas para o gerenciamento dos potenciais hídricos e dos problemas de escassez relativa das águas.

Na busca de promover a melhoria da qualidade de vida, a autos-sustentabilidade e a orientação de ações para conservação e gestão dos recursos hídricos e para o despertar da consciência crítica e da organização de comunidades rurais, algumas instituições governamentais e não governamentais desenvolvem ações educativas em oficinas, projetos e campanhas de conscientização.

Envolvidas neste processo, estão a EMBRAPA - Agroindústria Tropical, a Universidade de Auburn, no Alabama (EUA), e demais entidades parceiras, como o Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET, a Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte e o Grupo Espírita Paulo Estevão - GEPE, a Universidade Estadual do Ceará - UECE/Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos - FAFIDAM, as quais desenvolvem ações que compõem o Programa Vigilante Globais da Água (Global Water Watch), junto às comunidades rurais do rio Jaguaribe-Ceará.

O programa consiste em promover capacitações, monitoramentos e planos de ações para a resolução ou minimização dos problemas relativos à qualidade da água que abastece as comunidades rurais.

Com isso, este Programa busca motivar a gestão participativa das águas em comunidades rurais e a formação de agentes locais de transformação, para o uso e a gestão adequada das fontes hídricas.

A metodologia adotada sensibiliza e capacita pessoas leigas da comunidade para o monitoramento em longo prazo das características microbiológicas e físico-químicas das águas, com base em pontos escolhidos pelos moradores.

Em 2005, a Embrapa Agroindústria Tropical iniciou a formação de grupos de monitoramento com esses princípios retrocitados em comunidades rurais do Ceará. Estas comunidades, por sua vez, foram escolhidas mediante alguns critérios socioeconômicos e ambientais. São eles:

- a localização geográfica fosse no semiárido cearense;
- condições de saneamento básico limitadas;
- fontes hídricas que evidenciassem dependência no abastecimento;
- os usos múltiplos da água para as atividades produtivas implicassem riscos e impactos;
- recebessem o acompanhamento e o apoio de instituições e organizações não governamentais, como a Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte e o Grupo Espírita Paulo Estevão, na promoção da organização política e social diante das carências e dos problemas ambientais na gestão e na qualidade de seus recursos hídricos;

As localidades que atenderam a esses critérios e foram escolhidas como focos de atuação desse Programa foram: o assentamento rural Santa Bárbara, localizado no Município de Jaguaratama, as comunidades de

Muquém e Jardim, que estão no Município de Ibicuitinga/Morada Nova e a comunidade de Neblina, localizada no Município de Morada Nova, sendo que esta última não constitui área de estudo deste trabalho.

As microbacias estudadas pertencem, respectivamente, as sub-bacias do baixo Jaguaribe e a do médio Jaguaribe (Figura 1).

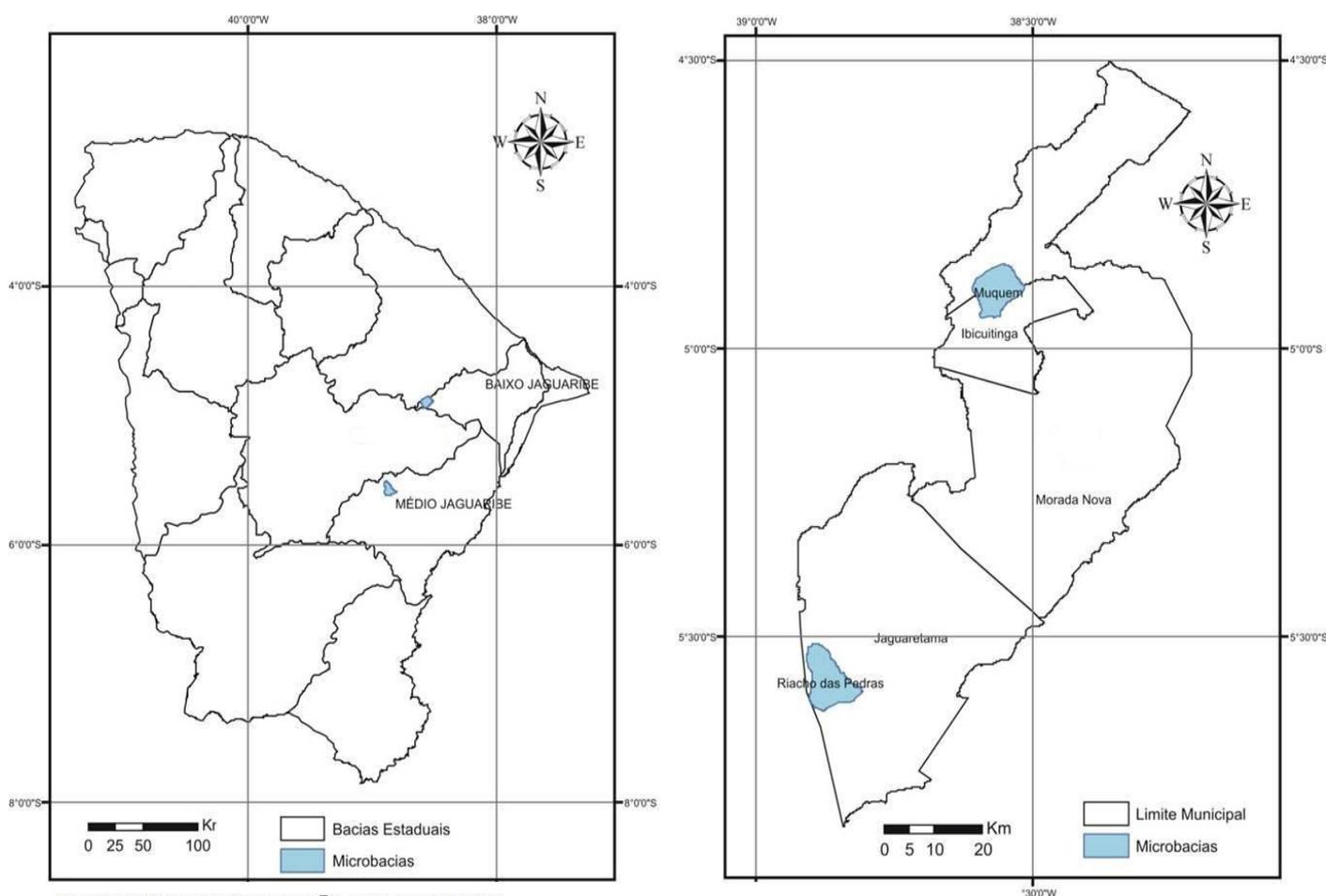


Figura 1: Mapa de localização das microbacias

Este trabalho visa a contribuir com o Programa Vigilantes Globais das Águas, realizando um estudo de bases geográficas. Para tanto, foram escolhidas as microbacias hidrográficas de riacho das Pedras e do rio Palhano, as quais drenam as comunidades rurais focos de atuação desse Programa como unidades de estudo, para realização de análises geoambientais.

Diante das implicações existentes no uso e gestão dos recursos naturais no semiárido cearense, os quais ocorrem em virtude da atuação de vários agentes sociais, esse problema é evidenciado e pensado em microbacias cearenses, com suporte nos seguintes questionamentos iniciais:

- 1) Como os recursos naturais estão dispostos, quais suas potencialidades e limitações e como são apropriados e usados pelas populações de microbacias pertencentes às sub-bacias do médio e do baixo Jaguaribe-CE?
- 2) Quais as diferenciações naturais e as contradições sociais envolvidas no uso e gestão das microbacias hidrográficas?
- 3) De que forma a análise geoambiental poderá dar subsídio à gestão participativa das águas proposta pelo Programa Vigilantes das Águas?

Para nortear a pesquisa aqui destacada e tentar responder a tais inquietações propostas, elaborou-se, como principal objetivo, oferecer subsídios ao Programa Vigilantes das Águas com a análise ambiental integrada das microbacias de Muquém (Ibicuitinga/Morada Nova) e riacho das Pedras (Jaguaretama), considerando os usos múltiplos de suas águas realizadas nas comunidades rurais de Muquém, Jardim e Santa Bárbara, respectivamente.

Na ânsia do cumprimento deste objetivo principal, foram elencados os objetivos específicos a seguir, que se vinculam com a proposta metodológica deste trabalho.

I realizar diagnóstico geoambiental para destacar as potencialidades, limitações e os problemas ambientais das microbacias;

II sugerir estratégias que poderão nortear o uso e a gestão dos recursos hídricos por comunidades rurais;

III contribuir, por intermédio de informações geoambientais úteis, com o programa de monitoramento participativo da qualidade das águas, Vigilantes Globais da Água (GWW).

Acredita-se que este estudo auxiliou os planos de trabalho desse Programa, haja vista que possibilitou repensar os pontos positivos e os desafios na prática dos Vigilantes da Água; considerou os aspectos naturais e socioeconômicos das microbacias; revelou as causas e as consequências dos problemas de degradação ambiental identificados e mostrou as ações práticas e políticas que podem ser realizadas ante as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais encontrados.

2 CONTEXTO TEÓRICO-METODOLÓGICO

A água é atualmente um insumo produtivo apropriado e transformado segundo a lógica de vários vieses, desde o domínio territorial, passando pela exploração econômica, desperdício, degradação, insustentabilidade e abandono, o que afeta a qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis.

Outro fator digno de registro é a escassez relativa que ocorre pelo fato de o Estado do Ceará “ter a maior área proporcional do Nordeste seco, ou cerca de 92,1% de seu território distribuído no perímetro da semiaridez” (NASCIMENTO 2006 p.04).

O regime climático semiárido no Nordeste brasileiro, segundo AB’ Saber (2003 p.85), é “muito quente e sazonalmente seco e projeta derivadas radicais para o mundo das águas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões.” No que se refere à semiaridez cearense, Souza (2000a) acrescenta que as chuvas são muito irregulares, marcadas pela incerteza com antecipações, retardamentos ou ausência quase absoluta; as temperaturas são elevadas; altas taxas de evaporação; forte incidência de radiação solar; os rios têm regime intermitente sazonal e a vegetação é espinhosa e garranchenta.

A par da semiaridez pronunciada no Ceará, pode-se afirmar que o elemento hídrico é rodeado por uma série de restrições quanto ao seu uso e

aproveitamento, passando, assim, a serem planejados o seu manejo, uso e armazenamento, incorporando valores diversos, de acordo com a sua demanda de utilização.

O consumo da água é feito por intermédio de usos múltiplos que, segundo Nascimento (2003), podem ser consuntivos (abastecimento humano, industrial, irrigação e dessedentação animal) e não consuntivos (recreação, pesca, navegação e geração de energia). De acordo com Christofidis (2002), esses usos ora competem entre si, ora se complementam ou ainda concorrem e são dependentes um do outro.

Consoante Nascimento (*op.cit*), os usos consuntivos relacionam-se aos usos nobres em que a água é diretamente consumida, portanto exigem melhores padrões de qualidade. Em relação aos usos não consuntivos, estes não exigem elevados padrões de qualidade nem provocam perda ou alterações significativas nos corpos hídricos.

Sobre este assunto, Christofidis (2002) alerta para a noção de que os usos consuntivos diminuem espacial e temporalmente as disponibilidades quantitativas e/ou qualitativas dos corpos hídricos, pois o seu retorno aos mananciais é menor, com a qualidade e a quantidade alteradas em face das finalidades dos usos.

Confirmando esta premissa, ressalta-se que os diversos agentes sociais organizadores do espaço ao longo do tempo atuam no uso e gestão das águas, promovem conflitos de interesse e podem desenvolver práticas inadequadas que alteram a disponibilidades e a qualidade desse recurso natural.

Inicialmente, cabe considerar que a questão relacionada à gestão dos recursos hídricos se tornou tão complexa que passou a ser objeto de amplas investigações científicas, como mostram diversos trabalhos:

1) Temas relativos aos conflitos e a otimização no uso da água - Saraiva (1999), Bougerra (2003), Deléage (2003), Christofidis (2002), Leal (2003), Castro *et. al.*, (2005) ;

2) Quanto ao armazenamento, preservação e conservação dos recursos hídricos, destacam-se os trabalhos de Setti (1994), Mota (1995), Rebouças (1997), Campos (1997), Santos (2003), Garjulli *et. al.*, (2003 e 2004) e Vieira (1999);

3) Já os documentos oficiais; e as reflexões teóricas que tratam da legislação e da gestão dos recursos hídricos em âmbito mundial, nacional e estadual, foram visualizados em Brasil (1987), Brasil (1997), Brasil (2002), Ceará, (1992 e 1993), Tucci (2001), Tomaz (2003), Araújo (2006), Petrella (2003), Tundisi (2003);

A gestão, segundo Rodrigues (1999), é um processo que “procura compatibilizar no espaço e no tempo, a proteção do ambiente físico (suporte de diversas atividades econômicas) e à busca da qualidade de vida e a necessidade de equidade social.” Conforme Ceará (2007c), a gestão objetiva aumentar a oferta para as demandas, buscar novas fontes de abastecimento, realizar diagnóstico, traçar cenários em longo prazo na perspectiva do desenvolvimento sustentável e do gerenciamento dos conflitos resultantes dos usos múltiplos.

2.1 Legislação dos recursos hídricos e os Vigilantes Globais da Água

A Constituição de 1988, segundo Garjulli *et. al.*, (2004), foi um importante instrumento legal que permitiu a descentralização das decisões, a regulamentação de práticas da gestão participativa, delegando aos municípios a administração dos recursos destinados a este setor.

Neste contexto, em 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por meio da Lei nº 9.433/97, que permitiu, de acordo com Castro *et. al.*, (2005), a criação dos seguintes instrumentos da gestão: o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGERH); a adoção da bacia hidrográfica enquanto unidade da gestão e

planejamento; e os comitês de bacias hidrográficas (CBHs) federais e estaduais.

A política hídrica nacional considera, de acordo com a Lei nº 9.433/97, a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico, cujos usos prioritários são abastecimento humano e dessedentação animal, e que a gestão deve ser realizada segundo três focos-oferta, demanda, e conflitos pela água, com a participação pública.

A par desta Lei, de acordo com Pompeu (2005 p.66), “os Estados organizam-se e regem-se pelas constituições e decretos-leis que adotarem, observados os princípios das Constituições Federais.” No Brasil, o primeiro Estado a seguir esta lógica de auto-organização e auto gestão foi o de São Paulo, que implantou sua política estadual por meio da Lei nº 7.663/91, regulamentando seu sistema de gerenciamento integrado e criando os seus comitês de bacias hidrográficas.

No caso do Estado do Ceará, foi em 1992 que houve a instituição de sua política estadual de recursos hídricos, discriminando seu sistema de gerenciamento, pela Lei nº 11.966, de 1992. O Ceará foi, portanto, o segundo Estado do Brasil, depois de São Paulo, a instituir tal política.

Os princípios que rejeem essa política estão estabelecidos em Ceará (1992) e preconizam uma gestão integrada, descentralizada e participativa. Dispõe também de objetivos para norteá-la e, dentre os principais, destacam-se: coordenar e programar políticas; planejar, gerenciar, controlar o uso, preservar e recuperar os recursos hídricos.

A agência reguladora estadual foi criada pela Lei nº 12.217/93, Segundo Ceará (1993), denominando-se Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – COGERH, que atua no Estado cearense. Esta agência é uma empresa pública que gerencia a oferta dos recursos hídricos constantes nos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado, procurando equacionar questões relativas ao seu aproveitamento e controle por meio das discussões instituídas nos comitês de bacias hidrográficas existentes no Ceará.

Para Castro *et. al.* (2005 p.41), “o colegiado denominado comitê de bacia é uma instância participativa composta por vários segmentos sociais que deliberam as decisões do que fazer com a água.” Estes comitês, portanto, têm representantes do Poder Público, usuários e sociedade civil, que passaram a mediar a gestão nas sub-bacias do baixo e do médio Jaguaribe. E a Política Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992) foi instalada com o princípio básico de que o gerenciamento dos recursos hídricos deva ser integrado, descentralizado e participativo por meio dos comitês de bacias eleitos e atuantes no Ceará (CEARÁ, *ibid*).

Conforme Ceará (2006b), existem os seguintes comitês instalados e atuantes: bacias do alto, médio e do baixo Jaguaribe, bacias do Banabuiú e do Salgado, bacias Metropolitana e do Litoral, bacias do Acaraú, do Curu e do Coreaú, totalizando dez comitês de demandas, prioridades e conflitos diferenciados.

Nada obstante, as áreas de estudo se inserem no âmbito de atuação dos comitês do baixo e médio Jaguaribe, os quais serão caracterizados em linhas gerais a seguir.

O Comitê de Bacia do Baixo Jaguaribe, conforme Ceará (2006b), foi criado pelo Decreto - Lei nº 25.391, de 01 de março de 1999, e instalado em 16 de abril de 1999. É constituído atualmente por 46 instituições-membros, estando estas representadas nos seguintes segmentos: sociedade civil (30%) com dez instituições; usuários (30%) com 18 instituições; Poder Público municipal (20%), com nove instituições e Poder Público estadual e federal (20%) com 09 instituições, totalizando 46 instituições-membros.

A Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe tem o rio Palhano como seu principal afluente. Por essa razão, a microbacia de Muquém está inserida na área de influencia deste comitê, já que abrange o alto curso do rio Palhano, localizando-se na porção norte do Município de Ibicuitinga e na porção centro-oeste do Município de Morada Nova, conforme demonstra a Figura 1 da página 20.

Já o Comitê de Bacia do Médio Jaguaribe, segundo Ceará (2006b), foi criado pelo Decreto – lei nº 25.391, em 01 de março de 1999, e instalado em 15 de abril de 1999. É constituído por trinta instituições-membros, estando estas representadas nos seguintes segmentos: sociedade civil (30%), com nove instituições; usuários (30%), com nove instituições; Poder Público municipal (20%), com seis instituições; Poder Público estadual e federal (20%), com seis instituições, totalizando trinta instituições-membros.

O médio Jaguaribe comporta em seus limites hídricos a microbacia riacho das Pedras, situada na porção sudoeste do Município de Jaguaratama, mas esta não tem qualquer relação com o referido comitê no tocante à gestão de seus recursos hídricos, demonstrando, assim, distorções entre o que prega a legislação e o foco de atuação do Estado, que não constitui a gerência de conflitos relacionados ao acesso e uso da água em torno de pequenos reservatórios encontrados em riacho das Pedras.

A gestão pode ser definida, portanto, como “um processo social que media interesses e conflitos entre atores sociais que agem sobre um ambiente natural e o construído”, conforme preceitua Botelho e Silva (2004 p.184). Esta gestão deve ser feita, portanto, com a participação de vários segmentos sociais, Poder Público, usuários e sociedade. Tais grupos participam do processo da gestão porque usufruem direta ou indiretamente dos recursos hídricos.

Em se tratando da gestão integrada dos recursos hídricos, Machado (2003 p.24) a conceitua da seguinte forma:

[...] Trata-se de uma integração, primeiro, no sentido de abranger os processos de transportes de massa de água que tem lugar na atmosfera; segundo, quanto aos usos múltiplos de um curso d'água de corpo hídrico; terceiro, no que diz respeito ao interrelacionamento dos corpos hídricos com os demais elementos dos mosaicos de ecossistemas (solo, fauna e flora); quarto, em termos de participação entre gestores, usuários e populações locais no planejamento e na administração dos recursos hídricos; e finalmente, em relação aos anseios da sociedade com vistas a preservação ambiental .

Nesta contexto estadual da gestão integrada das águas existem lacunas e desafios a serem enfrentados pelo Estado. Sobre as intencionalidades e as facetas da ação do Estado como agente social, Alves (2008 p.25) destaca:

[...] o Estado assume papéis como o de legalizar empreendimentos do setor privado, modifica a paisagem com a construção de uma barragem, ou mesmo cria mecanismos estruturantes, como políticas públicas que referendam a exploração do potencial paisagístico [...]. Por outro lado, a ausência da atuação do Estado através dos seus mecanismos legais de fiscalização, desenvolvimento e execução de ações de planejamento na organização espacial, pode permitir a ocorrência de impactos diversos nos meios naturais e sociais com intensidades variáveis e diretamente ligadas às formas de uso.

Verifica-se com efeito que a ação do Estado é marcante e, ao mesmo tempo, limitada nas microbacias. É marcante por desenvolver ações estruturais, com a construção de barramentos, com a legalização de terras para a fundação de assentamentos rurais, na oferta de serviços, como educação, saúde e programas de assistência social. É limitada por não dizer ausente no atendimento de necessidades básicas, como saneamento básico e abastecimento hídrico com qualidade; além de não implementar políticas públicas adequadas à realidade do semiárido e se ausentar quase que totalmente da fiscalização dos problemas advindos da inadequação legal do uso dos solos e das águas.

Neste contexto, o Programa Vigilantes Globais da Água vem se inserir como um programa da gestão integrada e participativa das águas. Neste sentido, este Programa desenvolve ações em comunidades rurais na busca do monitoramento da qualidade da água e da gestão participativa e comunitária das águas no âmbito de microbacias hidrográficas.

A propósito disto, o Programa dos Vigilantes Globais da Água (Global Water Watch) prevê: capacitações com os membros das comunidades; levantamentos sobre os recursos naturais; diagnósticos das microbacias na qual estão inseridas as comunidades rurais atendidas; monitoramento dos corpos hídricos e planejamentos das ações.

As instituições colaboradoras com este Programa junto às comunidades rurais do rio Jaguaribe – Ceará são: a EMBRAPA - Agroindústria Tropical, a Universidade de Auburn, no Alabama (EUA), e demais entidades parceiras, como o Centro Federal Tecnológico - CEFET, a Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte e o Grupo Espírita Paulo Estevão – GEPE, a Universidade Estadual do Ceará – UECE/FAFIDAM e a Universidade Federal do Ceará - UFC.

Cabe destacar que a capacitação e a conscientização ambiental de comunidades rurais resultam de experiências desenvolvidas tanto por instituições estatais quanto por organizações não governamentais – ONGs, que realizam ações educativas em oficinas, projetos e campanhas temáticas.

A atuação das organizações não governamentais – ONGs nesse processo têm papel relevante, na medida em que desenvolvem ações em defesa dos espaços, sendo contrária à devastação do meio natural na contextura local. Com estas ações, as ONGs que agem na área de estudo contribuem para organizar os espaços e mudar comportamentos e visões de mundo, tornando as comunidades rurais politizadas para a autogestão e para a cobrança de seus direitos junto aos poderes Municipal e Estadual.

Destacam-se o papel e as ações empreendidas pela Cáritas Diocesana em Muquém, e pelo Grupo Espírita Paulo Estevão em riacho das Pedras. Estas organizações mobilizam as comunidades por meio da evangelização, pois são atreladas ao catolicismo ou ao espiritismo.

A experiência de monitoramento participativo das águas do Programa Vigilantes Globais da Água já é realidade em muitos países. Em âmbito nacional no vale do Jequitinhonha e, mais recentemente, no Ceará, conforme mostram os estudos de Deutsch e Duncan (2006), Araújo (2007) e Figueirêdo *et. al.* (2007), que são experiências de destaque.

Esse Programa, conforme apontam Figueirêdo *et. al.*, (2007), originou-se há cerca de vinte anos, por ter sido este o período em que se consolidou o trabalho de voluntários no monitoramento de rios e represas nos

Estados Unidos. O trabalho foi sendo, segundo os autores, incentivado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), com recursos financeiros e humanos no monitoramento das águas.

No contexto das iniciativas estadunidenses de monitoramento comunitário da qualidade da água, esses autores destacam a importância do trabalho desenvolvido e coordenado pela Universidade de Auburn, no Alabama (EUA), considerando o número de países atendidos pela respectiva rede que esta instituição coordena:

A rede no Alabama atua desde 1992 na consolidação de uma rede mundial de Vigilantes da Qualidade da Água (GWW), conta atualmente com 240 grupos de monitoramento coletando e analisando dados em 1.800 diferentes locais em 700 corpos d'água. "Grupos de monitoramento na Tailândia, Filipinas, Equador, México e Brasil integram essa rede. (DEUTSCH e DUNCAN, 2006 *apud* FIGUEIREDO *et. al.*, 2007 p. 06).

No Brasil, segundo Araújo (2007), foi o Fundo Cristão para Crianças FCC, o responsável por implantar uma rede de monitoramento comunitário junto a quatro comunidades rurais no vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, sendo a primeira experiência no País da rede Vigilantes Globais da Água.

Este trabalho pioneiro objetivou monitorar a qualidade de fontes de água utilizadas para consumo humano, baseado nos princípios contidos em FCC (2006), que enfoca a formação de agentes ambientais que foram denominados Vigilantes da Água. Estes vigilantes serão multiplicadores, nas suas comunidades, dos conhecimentos e das práticas adquiridas.

O trabalho dos Vigilantes Globais da Água no Ceará, de acordo com Figueirêdo *et. al.*, (2008), foi estruturado pela Universidade de Auburn, no Alabama (EUA), e consiste em várias etapas: a de formação teórica, a de prática com uso de *kits* e planos de monitoramento, e a última abrange reflexões e mobilizações para as ações em prol do monitoramento e melhoria

da qualidade de vida da comunidade, numa dada bacia hidrográfica. Estes preceitos metodológicos contidos em FCC (2006), Deutsch e Duncan (2006) e Figueirêdo *et. al.*, (2008) estão expressos na Figura 2.

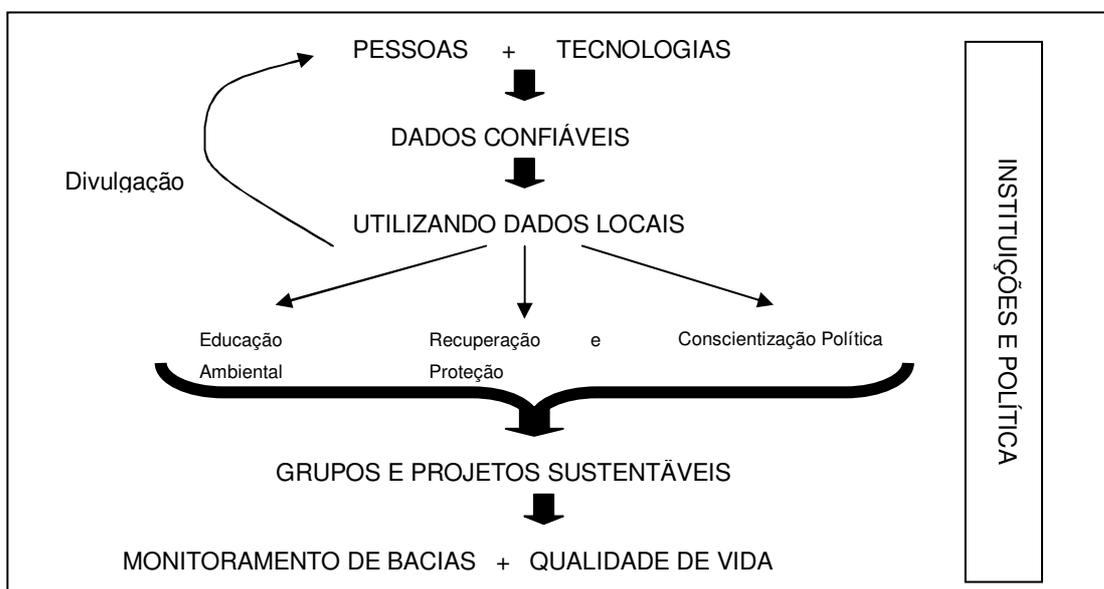


Figura 2: Modelo de Monitoramento Comunitário da rede GWW.
Fonte: CWM (2006) apud Figueirêdo *et. al.*, (2008).

No modelo teórico de trabalho desse programa mostrado na Figura 2, as pessoas que participam do Programa são voluntárias e pertencem a comunidades rurais atendidas. Com base em Figueirêdo *et. al.*, (2008), estes participantes são formados e tornam-se capacitados tanto para o uso das tecnologias como os *kits* bacteriológicos estadunidense - empregados nas campanhas de monitoramento - quanto para a geração de dados confiáveis, análise, divulgação e utilização dos resultados na condução de atividades voltadas a educação, proteção e recuperação ambiental bem como atuação política junto aos tomadores de decisões.

Dessa forma, são pensados os grupos de Vigilantes da Água que, com o apoio de instituições parceiras, atuarão localmente multiplicando conscientização ambiental e contribuirão para a melhoria da qualidade de vida

das comunidades inseridas em microbacias hidrográficas no caso do Ceará, por exemplo.

A situação dos recursos hídricos na área de estudo reflete o contexto da relação sociedade x natureza no contexto cearense. Essa relação caracteriza-se, parafraseando Raffestin (1993), por ter sido dissimétrica, ou seja, com práticas destrutivas do meio material ao longo dos anos.

O problema da degradação ambiental é apontado por Nascimento (2006) como sendo um processo que, aliada às vicissitudes climáticas no semiárido, compromete a auto-organização e a capacidade de suporte da biosfera, influenciando nos processos morfodinâmicos em bacias hidrográficas cearenses.

Para Cunha (2000), o estudo da degradação ambiental em bacias hidrográficas tem que ter algumas premissas básicas, tais como:

[...] não deve ser realizado apenas do ponto de vista físico. Para que o problema possa ser visto de forma global e integrada, deve-se levar em conta a sua relação com a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstruir áreas degradadas e repensar novas práticas. (CUNHA, 2000 p. 337).

Diante da situação ora apresentada, o caminho adequado para se estudar bacias hidrográficas na óptica integradora da relação sociedade-natureza, segundo os princípios conceituais e metodológicos da Geografia, é realizar uma análise ambiental integrada desses ambientes fluviais.

2.2 Pressupostos para a análise ambiental integrada

Para evidenciar o contexto geoambiental das microbacias, optou-se por trabalhar com base em princípios sistêmicos, os quais oferecem melhores respostas acerca da totalidade de elementos que compõem e se inter-relacionam na natureza, dos quais se destacam os mencionados por Nascimento (2003):

Os sistemas naturais funcionam através de fluxos de matéria e energia e de informações entre os seus componentes que buscam um equilíbrio dinâmico;

Os sistemas podem ser complexos, abertos, possuem variáveis conectadas, enfrentam os ciclos de transformação, auto-ajuste, dissipação e novamente auto-organização com a produção de entropia;

A caracterização de um sistema deve ser feita com a explicitação de seus objetivos, propósitos ou finalidades e a sua função;

A bacia hidrográfica é um sistema natural espacialmente definido, no qual seus elementos mantêm relações dinâmicas entre os componentes físicos, biológicos e socioeconômicos. (p.5).

Tais premissas foram observadas no trabalho de Bertrand (1971), que conduziu a análise de fatos geográficos por meio das suas combinações e interações, as quais se encontram dispostas em unidades estruturadas segundo sua hierarquização no complexo geográfico.

Esse autor se respaldou na teoria geossistêmica e compartimentou os ambientes em unidades superiores e inferiores, espacializando cada um para delinear sobre seus componentes básicos: do potencial ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia), da exploração biológica (solos, vegetação e fauna) e da ação humana (formas de uso e ocupação da terra), compondo assim os geossistemas ou geofácies, por exemplo.

Os geossistemas, para Bertrand (1971), resultaram das combinações diversas de um conjunto físico e natural que passou por etapas de evolução, possuindo certa homogeneidade e dinâmica própria, visualizada esta nas diferentes paisagens. Segundo esse autor,

[...] o geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica do quadro natural. Ele representa dados oriundos, inicialmente de combinações parciais dos fatores morfoestruturais e climato-hidrológicos, tendo em vista as relações mútuas entre tais componentes, ditos do potencial ecológico como os solos a cobertura vegetal e a fauna. (BERTRAND 1971 p 146).

Para Troppmair (1983) *apud* Seabra (2007 p.108), o geossistema é a concepção teórica mais representativa para a análise dos fenômenos

geográficos, pois “o geossistema compreende inter-relações horizontais geográfico espaciais, funcionando harmonicamente e mantidas por fluxos de matéria e de energia.”

Este complexo geossistêmico ultrapassa a mera funcionalidade e ocorrência de processos, não constituindo sistema natural fechado. Para esse autor, devem ser considerados igualmente tanto processos naturais, como aqueles induzidos pelo homem, uma vez que estes são simultâneos, e devem ser compreendidos num contexto bem mais amplo, portanto sistêmico, englobando o meio ambiente em sua totalidade.

Nesse contexto, a Geografia Física, conforme apontou Granjeiro (2004), trabalha com a organização, a estrutura e a funcionalidade dos componentes físicos dos sistemas naturais, seguindo a concepção geossistêmica anteriormente discutida. É essa, portanto, a base metodológica que norteará a investigação proposta, já que, conforme assinala Souza (1985 p.35),

[...] esta concepção abre perspectivas para um conhecimento abrangente do ambiente, permitindo estabelecer avaliações das potencialidades dos recursos naturais renováveis, assim como das limitações impostas a sua utilização e, finalmente, oferece indicações ou alternativas viáveis e adequadas para o aproveitamento racional do território.

Os estudos desenvolvidos na perspectiva retrocitada são denominados de análise ambiental integrada, a qual privilegia a visão de interdependência dos elementos componentes do meio. Em trabalho de Souza (1985), foi mencionado o modo como essas pesquisas básicas podem ser conduzidas e quais as respostas que podem ser traduzidas, das quais se destacam:

- o diagnóstico geoambiental, como a primeira etapa adotada, foi o caminho para identificar e conhecer os componentes, destacar as qualidades e restrições dos recursos naturais disponíveis, as quais foram ser expressas em mapas temáticos ou quadros-sínteses;
- os subsídios teóricos e aplicados da Geografia Física integrada tornou possível explicar a realidade à luz da Ciência, detectando as

contradições e os problemas configurados no ambiente, bem como refletindo a respeito da melhor alternativa para minimizá-los ou solucioná-los.

A análise ambiental integrada fornece subsídios para entender o objeto em estudo, pois, segundo Nascimento (2003), na qualidade de unidade natural, as bacias hidrográficas apresentam alterações paisagísticas decorrentes da diversidade registrada na ocupação e manejo da terra e devem ser estudadas por intermédio de uma metodologia sistêmica e holística, baseada na interdisciplinaridade.

A base geossistêmica tem assumido papel fundamental nas pesquisas sobre estudos integrados de ambientes fluviais, constatados nos trabalhos de Schiavetti e Camargo (2002); Nascimento (2003 e 2006); Cunha (2000 e 2003); Nascimento e Carvalho (2004); Granjeiro (2004); Cunha e Freitas (2004); Santos (2006); Souza *et. al.*, (2005 e 2006); dentre outros.

Souza (2000a) reforça a noção de que a abordagem geoambiental é composta por um diagnóstico com o levantamento integrado de todos os elementos componentes de um determinado ambiente. Neste levantamento constam necessariamente os estudos setoriais e integrados. De acordo com Souza (2000b p.8), os estudos setoriais caracterizam-se por ter

[...] natureza analítica e buscam identificar e analisar os diversos componentes geoambientais constitui etapa indispensável ao conhecimento interdisciplinar e integrado do ambiente. Tratam dos temas de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, climatológica, fitoecológica e socioeconômica.

Já os estudos integrados, conforme aquele autor,

[...] são executados a partir das análises setoriais com sínteses e correlações entre os componentes geoambientais. Integram todos os fatores e processos do ambiente, para que sejam destacados as relações de causa-efeito e sociedade-natureza, revelando a sensibilidade e a resistência do ambiente em face das ações antrópicas (SOUZA 2000b p.16).

Os estudos setoriais e integrados que compõem o diagnóstico geoambiental são fundamentais à avaliação dos recursos naturais. De acordo com Aires e Nascimento (2007), é esta a concepção teórica que melhor fornece elementos indispensáveis ao conhecimento sobre a dinâmica e o funcionamento da natureza, principalmente em trabalhos com escala de detalhe. Tais estudos oferecem vantagens, pois nomeiam ou reconhecem os atributos naturais dos geossistemas e permitem revelar os seus estados de conservação ou de degradação e suas qualidades e restrições, as quais podem ser classificadas como potencialidades e limitações.

Soma-se a isso o fato de que, com arrimo nos estudos geoambientais, é possível traçar ou indicar, à luz das variáveis ambientais levantadas, diretrizes ou mapeamentos que orientam a ordenação de ocupação do espaço geográfico estudado, uma vez que as características dos atributos geoambientais influenciam e refletem, muitas vezes, os sistemas de uso e ocupação da terra.

Nesta linha metodológica, entende-se que a escolha mais adequada para realizar uma análise ambiental integrada de ambientes fluviais em nível de detalhe é trabalhar com as categorias de paisagem e microbacia hidrográfica.

A microbacia hidrográfica pode ser vista sob a óptica da paisagem propalada por Bertrand (1971), pois a paisagem, para esse autor, é a entidade espacial que comporta características peculiares e elementos constituintes e definidores, já que, de acordo com Ferreira (2007 p.53), “a paisagem é determinada por atributos referentes a geomorfologia, clima, uso da terra, dentre outros.” Estes atributos foram estudados com suporte em levantamentos bibliográficos, observações da paisagem que permitiram a constituição das inferências.

Sendo assim, considera-se as microbacias hidrográficas como paisagens complexas, dados os seus diferentes arranjos e atributos naturais característicos. Ao mesmo tempo, tais unidades de estudo constituem paisagens dinâmicas, pois tais atributos mantêm certas conexões e

interações funcionais. Essas conexões entre os elementos são comumente alteradas, modificadas e até transformadas pelas ações dos seus agentes organizadores do espaço.

Tendo os princípios retrocitados como norteadores da investigação, procurou-se desenvolver a visão de ambiente fluvial, como objeto de pesquisa inserido em uma problemática de uso e gestão dos recursos naturais, notadamente os recursos hídricos.

A categoria de estudo microbacia hidrográfica permite discorrer sobre as características e o planejamento de determinado espaço, possibilitando fornecer subsídios ao uso e à gestão participativa dos recursos naturais em ambientes fluviais no sertão cearense. A visão teórica discutida foi perseguida ao longo deste trabalho, como mostra a Figura 3.



Figura 3: Diagrama conceitual para análise de microbacia hidrográfica na Geografia.
Fonte: Elaborado por Aires, R.

2.3 Microbacia hidrográfica enquanto unidade de estudo e gestão

Nota-se nos últimos anos o interesse pela bacia hidrográfica como unidade de estudo e gestão. Esta, de acordo com Granjeiro (2004), é uma unidade autônoma, fundamental aos estudos hidro-geomorfológicos, permitindo a identificação quali e quantitativa do conjunto de processos que promovem a sua dinâmica. A bacia hidrográfica é entendida por Botelho e Silva (2004 p.153) como “uma célula básica de análise ambiental, a qual permite conhecer e avaliar os seus diversos componentes, bem como processos e as interações que nela ocorreram.”

Conforme preceitua Botelho (2007 p.268), é possível compreender uma dada bacia hidrográfica como “uma unidade ideal de planejamento de uso das terras”. E, para a sua análise, é necessário, segundo Nascimento (2003 p.129), “estudar além do corpo d água, os intervenientes que modificam a sua qualidade ambiental. Incluindo aspectos socioeconômicos conseqüentes do uso e ocupação do solo, a jusante e a montante de cada bacia.”

Neste contexto, a bacia hidrográfica é um espaço complexo e heterogêneo, cujos elementos se combinam e se misturam, refletindo as formas de sobrevivência de uma sociedade com o uso e a ocupação de sua área de drenagem.

Já a microbacia é a menor unidade capaz de refletir o comportamento de suas variáveis ambientais de forma integrada e interconectadas por canais fluviais. A microbacia expressa a interação dos diferentes fatores que a compõem e revela a dinâmica das ações de seus agentes interventores, que colaboram para a sua degradação ambiental ou para a manutenção conservacionista. A sua pequena dimensão e a sua maior escala cartográfica permitem análises mais verticalizadas a respeito dos estudos da dinâmica dos fatores de exploração biológica e do potencial ecológico ante seu uso e seu manejo.

As pesquisas que abordam bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica têm múltiplos fins, alguns deles constatados nos trabalhos de: Hissa e Machado (2004); Rodrigues e Adami (2005); Aires e Nascimento

(2007); e Botelho (2007), que discutem metodologias distintas para a investigação, gestão e planejamento de microbacias hidrográficas; outros trabalhos, como os de Botelho e Silva (2004), Ferreira (2007), Souza e Fernandes (2000), e Teodoro *et. al.*, (2007), que apresentam reflexões conceituais e estudos de caso sobre bacia hidrográfica e sub-bacia. Estas investigações citadas guiaram e contribuíram para as concepções teóricas e levantamentos ao longo desta pesquisa.

Conforme Hissa e Machado (2004), o estudo de microbacias tem particularidades observadas na sua execução e nos resultados obtidos, pois esta categoria de análise, quando vista sob a óptica integradora da relação sociedade-natureza,

[...] amplia o conhecimento dos impactos e do manejo inadequado das terras, possibilitando juntamente com as comunidades rurais discutir e desenvolver modelos de sistemas integrados de manejo uso e gestão dos recursos hídricos (HISSA e MACHADO, 2004 p.356).

Na microbacia hidrográfica, é possível, portanto, avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e os desdobramentos dessas ações no seu equilíbrio hidrológico.

Considerando esta premissa e os objetivos propostos neste trabalho, para o seu desenvolvimento decidiu-se adotar os princípios metodológicos de investigação de bacias hidrográficas, testados e ratificados, pois o que as diferenciam é basicamente a escala de estudo e análises da sua área de drenagem, do macroespaço da bacia hidrográfica para o microespaço da microbacia.

A microbacia hidrográfica, segundo Botelho (2007 p.268), “é uma célula natural que pode ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas, como as cartas topográficas ou por meio de fotografias aéreas.”

Por seu turno, a ênfase na microbacia se justifica, de acordo com Hissa e Machado (2004), por ser este um espaço geográfico de referência,

delimitada por divisores de água, drenada por um curso d'água principal e seus afluentes. Esta unidade natural tem nível de complexidade ambiental suficiente para permitir a análise e o monitoramento das interações socioambientais.

Pode-se dizer que o espaço geográfico de microbacia, de acordo com Botelho (2007, p.272), é “uma bacia hidrográfica de tamanho menor”, poderá ser pensado como unidade efetiva de planejamento e gestão adequada e eficiente, segundo as realidades e demandas ambientais que ela comporta ao longo da ocupação da sua área de drenagem.

As unidades de estudos são denominadas de microbacias, haja vista os aspectos dimensionais, hidrológicos e ecológicos que apresentam. Em relação às suas características dimensionais, exibem áreas oscilando entre 60 e 73km²; a cerca das suas características hidrológicas, observam-se canais de 1^a, 2^a e 3^a ordens, desaguando suas águas em bacias hidrográficas de ordem hierárquica maior; e, quanto de seus aspectos ecológicos, amplia-se a visão de interdependência entre seus elementos constituintes. Estes fatores ratificam a noção que se tem de microbacia.

As microbacias são ideais para o estudo e planejamento integrado do manejo sustentável dos recursos naturais em sua área de drenagem.

Para o manejo sustentável dos materiais terrestres, pressupõe-se a adoção de medidas, posturas e práticas que sejam permeadas por preceitos conservacionistas. Tais preceitos são entendidos à luz de Souza (1988a e 2000). Ele acentua ser o uso adequado ou sustentável uma forma de usufruir de cada recurso natural por práticas que mais se harmonizem a cada ambiente, sem implicações com a degradação, poluição ou desperdício.

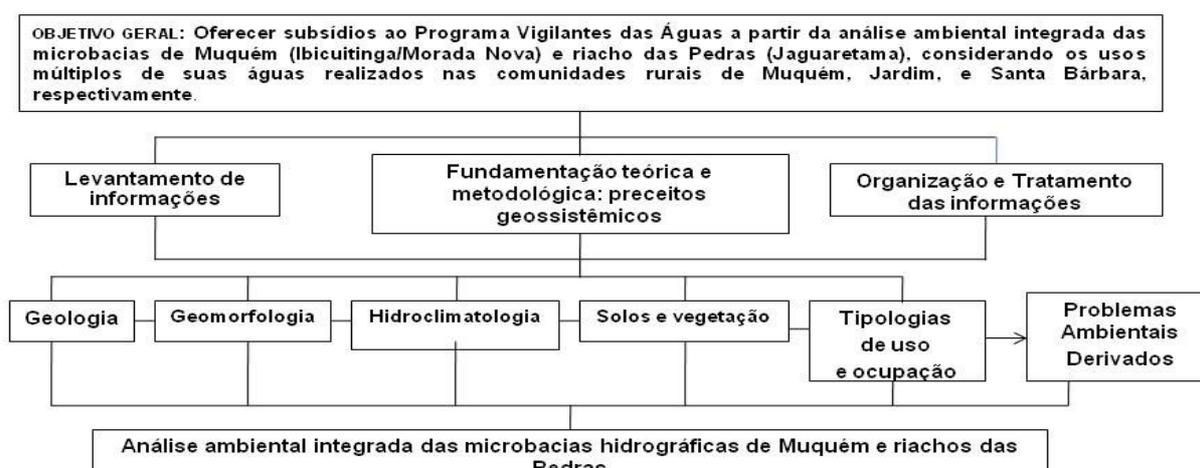
Esta visão de manejo sustentável dos recursos naturais é a base para se traçar as sugestões ou propostas ao planejamento ou ordenamento de uso da terra e da água, com vistas à gestão participativa das águas nas microbacias.

2.4 Procedimentos técnico - metodológicos

Na linha de pensamento e abordagem há instantes defendida, a visão integrada do sistema fluvial aqui perseguida foi adaptada de Nascimento (2003). Essa investigação foi executada mediante o desenvolvimento de alguns eixos principais de trabalho pressupostos pela abordagem sistêmica, cada um deles buscados da seguinte forma:

- **analítico** - estudo, reconhecimento e levantamento do contexto geoambiental em que as microbacias estão inseridas, compondo diagnósticos;
- **sintético** - caracterização das variáveis encontradas e seus contrastes, contemplando a sua composição, a funcionalidade e os sistemas ambientais. Além disso, foram revelados os papéis dos agentes sociais organizadores do espaço, as formas de uso e ocupação atual da terra e suas implicações para o uso e a gestão dos recursos naturais;
- **dialético** - consideram-se as etapas anteriores para o cruzamento das informações, segundo os princípios unificadores da Geografia. Essa discussão será concebida com análises temáticas, apontando-se propostas, perspectivas e tendências do cenário estudado.

Para facilitar a apreensão metodológica, a Figura 4 representa os procedimentos metodológicos perseguidos. Na sequência, foram caracterizadas as etapas de gabinete, de campo, de análises temáticas e de sínteses, caracterizando cada um dos seus respectivos procedimentos



2.4.1 Etapa de gabinete

O procedimento técnico-metodológico inicial foi o levantamento de informações em diversas instituições visitadas, tais como: a Universidade Estadual do Ceará - UECE, a Universidade Federal do Ceará- UFC, a EMBRAPA - Agroindústria Tropical, Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos - FAFIDAM, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará - IDACE, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária- INCRA.

O material buscado nessas instituições foi referendado por fontes cartográficas e de sensoriamento remoto sobre as bacias hidrográficas e microbacias:

- cartas da SUDENE em escala 1: 100.000, sendo as folhas Limoeiro do Norte, Bonhu e Jaguaratama, 1960;
- Projeto RADAMBRASIL; cartas temáticas sobre geologia, geomorfologia, solos, recursos hídricos, vegetação e uso e ocupação, folha Jaguaribe/Natal SB 24/25, em escala 1:250.000, 1981;

- mapa de solos do Ceará em escala 1:600.000, disponibilizados e revisados pelo IPECE/EMBRAPA, 1998;
- mapas básicos e de sistemas ambientais das microbacias de Muquém e riacho das Pedras, elaborados pelo Programa Vigilantes das Águas, em parceria com UECE/FAFIDAM, em escala 1:50.000, 2007; e
- mapas exploratórios de solos e vegetação dos Municípios de Jaguaratama, Morada Nova e Ibicuitinga, em escala 1:600.000, editados por DHIMA-FUNCEME, 2008.

Pesquisou-se, ainda, sobre a legislação dos recursos hídricos, planos de desenvolvimento urbano, perfis básicos municipais, projetos de leis, e outros documentos sobre as políticas de água para o semiárido cearense.

Com base na legislação dos recursos hídricos nacional e estadual, foi possível correlacioná-la às ações do Programa Vigilantes Globais da Água, que desenvolve a prática da gestão participativa das águas nas microbacias.

Concomitante, procedeu-se ao levantamento bibliográfico conceitual e metodológico sobre os conceitos-chaves e a base teórica que nortearam a pesquisa: relação sociedade e natureza no semiárido; análise ambiental integrada, método geossistêmico, sistemas ambientais; bacia e microbacia hidrográfica; degradação ambiental; usos múltiplos da água; gestão dos recursos hídricos e agentes sociais organizadores do espaço, conservação e manejo sustentável dos recursos naturais.

O critério adotado para a denominação das microbacias obedeceu ora à denominação do seu canal de drenagem principal, como a microbacia riacho das Pedras (Jaguaratama), ora a denominação da comunidade rural mais próxima, no caso, o rio Palhano é o canal de drenagem principal e a comunidade atendida é a de Muquém. Daí denominou-se microbacia de Muquém (Ibicuitinga e Morada Nova). Feito isto, procurou-se checar e identificar as características ambientais das unidades de estudo.

2.4.2 – Etapa de campo

As visitas de campo têm papel fundamental para reconhecimento e as devidas atualizações, correções e coletas de dados empíricos para a pesquisa e constitui outra forma de levantamento de informações.

De acordo com o modelo teórico do Programa Vigilantes Globais da Água, na primeira etapa de trabalho, que é de formação teórica e capacitação prática, é importante dialogar com os moradores sobre as características do local em que vivem.

Com tal suposição, foram realizadas visitas de campo. Respeitou-se a sazonalidade climática nas visitas configuradas no período da estação chuvosa e da estação seca, para executar algumas observações e procedimentos.

A primeira visita objetivou o reconhecimento da delimitação das microbacias e a identificação das comunidades rurais da sua área de drenagem, principalmente aquelas que constituem o raio de ação do Programa Vigilantes Globais da Água.

A base cartográfica das microbacias já existia e foi produzida seguindo critérios topográficos e geomorfológicos. Estes mapas foram produzidos com esteios em levantamentos sistemáticos realizados pela UECE/FAFIDAM.

Convém ressaltar que esses mapas constituíram fonte relevante para definir que elementos constituem a ordenação e a morfologia do espaço geográfico das microbacias em análise. Tais informações foram sintetizadas em relatórios e com os devidos registros fotográficos.

Neste sentido, de posse da delimitação das microbacias, foram obtidas informações em reuniões com os membros das comunidades no tocante a localização e identificação de elementos importantes para este estudo, como a presença de cursos d'água, serras, propriedades rurais, escolas, reservatórios e poços, os seus respectivos usos e quais as possíveis fontes de poluição hídrica. Buscou-se, também saber da existência ou não de

áreas desmatadas, áreas cultivadas, áreas com vegetação e solos conservados.

A segunda visita objetivou relacionar o arranjo dos componentes ambientais na área delimitada, destacando as características dos solos e da vegetação com as formas de uso e ocupação, e os possíveis pontos de poluição e de contaminação destes pelas comunidades rurais identificadas. Procedeu-se com a aquisição de pontos de controle georreferenciados com o uso de GPS, para correção ou atualização dos mapas elaborados, abrangendo as áreas percorridas.

Além disso, conversou-se com os moradores, tomando-se como base um roteiro previamente definido, considerando vários temas que foram: a história de ocupação dessas áreas; o funcionamento dos poços instalados; as condições de saneamento básico, de educação e de saúde - para fins de diagnósticos das microbacias.

A terceira visita constituiu-se de uma reunião com membros das diferentes microbacias, como forma de apresentar o que foi realizado na pesquisa até aquela ocasião. E, ao mesmo tempo, foi possível a correção das informações discutidas e trabalhadas no decorrer da pesquisa, numa espécie de *feedback (estudos/pesquisa-comunidade)*.

Esses dados foram úteis tanto ao Programa, no que tange ao conhecimento das principais fontes hídricas e dos possíveis focos de poluição locais, quanto para definir em sua primeira etapa de trabalho o plano de monitoramento para cada microbacia, promovendo o conhecimento e levantamento *in loco* dos componentes ambientais que integram as microbacias.

2.4.3 O diagnóstico geoambiental

Com esteio no reconhecimento em campo e no referencial teórico-metodológico expressado, procedeu-se com o levantamento de informações respeitantes aos componentes que formam o quadro natural e

socioeconômico de cada microbacia, em função dos objetivos e da escala de detalhe adotada para este experimento.

Este levantamento permitiu discussões com abordagens escalares distintas. Partiu-se da escala regional das sub-bacias hidrográficas do médio e do baixo Jaguaribe, ampliando-se a escala local das microbacias hidrográficas de Muquém e riacho das Pedras.

Imprimiu-se destaque às diferenças, as semelhanças e arranjo dos componentes e as suas relações mútuas encontradas nas duas microbacias. Foram seguidas as orientações de Souza *et. al.*, (2002), quando foram destacados os elementos, descrevendo a dinâmica, o significado e a morfologia do cenário atual, salvo as adaptações metodológicas realizadas quando necessário, conforme delineado na sequência.

As condições geológicas - com base na literatura e nos mapas de sistemas ambientais elaborados pela UECE/FAFIDAM, foram feitas inferências sobre os macrocompartimentos da área-teste, seus principais litotipos, de acordo com sua cronoestratigrafia e sua distribuição. Em campo, foram atualizados ou corrigidos os mapas de sistemas ambientais.

As condições geomorfológicas – foram observadas, definidas e delimitadas com apoio na literatura consultada, da identificação dos compartimentos geológicos e com a percepção da paisagem nas visitas de campo. As formas de relevo que integram as microbacias hidrográficas se diferenciam em função da gênese dos terrenos e dos graus de declividade. O critério geomorfológico serviu para definição, nomenclatura e identificação dos sistemas ambientais das microbacias, feita com base em Brandão *et al* (2003) e Ceará (2006a).

As condições climáticas - foram trabalhadas as características do regime climático regional/local com base em análises de séries históricas climáticas de 33 anos (1974-2007) para riacho das Pedras e de 19 anos para Muquém, tendo em vista a disponibilidade dos dados.

Os indicadores de precipitação foram obtidos na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUCEME, enquanto os de temperatura foram produzidos com a inserção dos dados sobre a latitude, a longitude e altitude dos postos trabalhados no *software* de Sales e Oliveira (1985).

Este *software* é composto por um “pacote de programas que são artifícios para os estudos físicoecológicos, permitindo ensejar indicativos climáticos, fazer balanço hídrico, calcular erodibilidade dos solos e erosividade das chuvas, entre outros.

Discutiu-se sobre as variações climáticas intra e interanuais das precipitações e as variações intra-anuais de temperatura, expressas em tabelas e gráficos de postos pluviométricos das microbacias.

Por fim, com apoio nos totais de precipitação anuais da série histórica inseridos no *software* de Sales e Oliveira (1985), foram produzidos alguns dados climatológicos como: precipitações anuais e mensais médias; temperaturas médias mensais; máxima e mínima;

As condições hidrológicas – foram caracterizados e identificados as disponibilidades das águas de superfície e subsuperfície existentes na área drenada, reconhecendo o regime hidrológico e a configuração de cada microbacia, com base em interpretações dos mapas básicos e o de sistemas ambientais, levantamentos de campo e cadastros de poços da CPRM.

Para discussão sobre as potencialidades e limitações das águas superficiais, destacaram-se as áreas de drenagem, a abrangência dos canais fluviais e dos corpos d’água e a extensão do rio principal que compõem cada microbacia.

Enfatizou-se ainda, a densidade de corpos d’água, ou seja, o percentual correspondente à área ocupada por estes reservatórios ou pequenos barreiros em cada microbacia. Também se evidenciou o percentual que a planície fluvial ocupa na área total das microbacias, a fim de destacar sua importância espacial e geoambiental.

Para a contagem dos canais fluviais, realizou-se a hierarquia de drenagem com base nos esquemas de Strahler, combinado ao de Horton, os quais foram visualizados em Christofolletti (1980). Definiram-se o canal principal, a quantidade e a hierarquia dos canais fluviais que compõem a planta de cada microbacia.

Já o cálculo das áreas dos reservatórios de superfície foi feito via ferramentas de geoprocessamento do programa ArcGIS 9x, bem com base na cartografia disponível pelo Programa Vigilantes Globais da Água. Foram destacados os corpos hídricos de maior importância em cada microbacia e os mais próximos das comunidades rurais de Muquém, Jardim e Santa Bárbara.

Foram discutidas as potencialidades e as limitações das águas subsuperficiais, considerando os tipos de aquíferos, a quantidade, a distribuição e os usos dos poços instalados na área das microbacias.

A fim de caracterizar e ilustrar visualmente o rio principal de cada microbacia, foram elaborados seus perfis longitudinais e transversais, contendo altimetria e os afluentes do rio Palhano e do riacho das Pedras. Estes foram confeccionados por meio do programa *Global Mapper*, tendo como base a imagem SRTM_Ceara_90_utm_pix_irr.

Sua visualização possibilitou identificar as variações altimétricas e morfológicas dos terrenos drenados.

As condições pedológicas - tal reconhecimento se deu de acordo com a identificação e caracterização dos principais tipos de solos, via consulta aos levantamentos sistemáticos feitos por Jacomine *et. al.*, (1973), mapas pedológicos elaborados por Ceará (1998d e 2008c), bem como visitas de campo para constatações e/ou atualizações.

Procedeu-se ao reconhecimento das características morfológicas e físicas, das potencialidades e limitações e do uso atual das classes de solos, estabelecendo-se relações com a cobertura vegetal, os principais usos e problemas de degradação ambiental.

A cobertura vegetal - levantada com inferências nos trabalhos de Fernandes (2000 e 2003), Souza (2000a e 2005) e Ceará (2008c). Foram discutidos os principais padrões fisionômicos e florísticos que ocupam os sistemas ambientais por meio das unidades fitoecológicas, caracterizando-se o seu estado de conservação em cada um deles.

Uso e a ocupação da terra – os principais trabalhos ou levantamentos utilizados como fonte de consulta bibliográfica acerca dos conceitos e definições das terminologias empregadas na classificação de uso da terra derivam de consultas aos trabalhos de: Brasil (2006), Nascimento (2003 e 2006), Santos (2006) e Souza *et. al.*, (2005 e 2006), sendo feitas, quando necessário, as devidas adaptações ao local estudado.

Além destes, os trabalhos de campo constituíram operações necessárias a este levantamento, pois subsidiaram sobremaneira as interpretações e o cruzamento de informações sobre as condições de uso, conforme a expressão espacial em cada microbacia estudada, com vistas à espacialização da cobertura vegetal e dos usos da terra.

Iniciou-se com a caracterização das condições de uso no tocante a fatos históricos da ocupação, aos agentes sociais organizadores do espaço, a infraestrutura das comunidades rurais de Muquém e Santa Bárbara. Para tanto, foram coletados dados secundários com informações do Grupo Espírita Paulo Estevão, da Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte e da EMBRAPA Agroindústria Tropical. Os dados primários provieram das reuniões com associações de moradores, Vigilantes da Água e líderes comunitários.

De posse dessas informações, restaram caracterizados os principais vetores de uso e ocupação atual e os respectivos problemas de degradação ambiental derivados, sistematizando as classes de uso e ocupação das terras denominadas a seguir:

- núcleo ou povoamento rural;
- usos múltiplos dos recursos hídricos; e

- agroecossistema - esta classe temática é composta, pois representa a junção de alguns tipos de uso da terra e coincide com lavouras, criação de animais, extrativismo vegetal e áreas em pousio.

Nascimento (2006 p.230) chama a atenção para as sazonalidades das atividades econômicas numa bacia submetida às condições de semi-aridez que variam conforme as peculiaridades regionais, a saber:

[...] as características das atividades produtivas podem mudar sob influência das características geoambientais, como em relação às condições climáticas que possibilitam melhor participação da agropecuária (principal atividade produtiva) na economia, provocando crescimentos ou retardos. Ademais, a indústria, o serviço e o comércio influenciam e são influenciadores da agropecuária no contexto socioeconômico.

As classes de usos da terra, portanto, relacionam-se entre si e compõem o espaço circunscrito pelas microbacias hidrográficas. Neste sentido, foi seguida a concepção de que os usos da terra acarretam desdobramentos ou processos que alteram os solos e a qualidade e quantidade das águas dos corpos hídricos, além de poderem causar outros problemas.

Os principais problemas de degradação ambiental foram identificados em campo conforme sua ocorrência nas comunidades rurais visitadas, e estão agrupados em três categorias - degradação dos recursos hídricos, dos solos e da vegetação.

2.4.4 Metodologia de mapeamento

Nas visitas, procurou-se georreferenciar e fotografar os principais aspectos dos sistemas ambientais e outros elementos que compuseram os mapeamentos já elaborados pela UECE/FAFIDAM e que mereceram destaque nas reflexões.

As visitas, porém, foram insuficientes, porque não se conseguiu percorrer algumas áreas relevantes em razão do difícil acesso, do tempo

curto que se tinha disponível para as visitas, bem como dos recursos de pesquisa que foram limitados.

Ressalta-se que, desde as observações dos moradores e das visitas de campo, os mapas básicos da delimitação das microbacias e os mapas dos sistemas ambientais dos recursos naturais puderam ser revisados e constantemente ampliados, no sentido de introduzir outros pontos significativos para monitoramento e corrigir distorções.

Estes mapas foram utilizados pelo Programa em dois momentos: o primeiro foi para mostrar aos Vigilantes os rios, riachos e principais reservatórios mapeados, para que os grupos os reconhecessem e corrigissem possíveis distorções e enganos.

O segundo momento de sua utilização foi na segunda e terceira etapas de trabalho do Programa. Feita a seleção de pontos para monitoramento pelos membros das comunidades, estes pontos passaram a compor os mapas que serviram para espacializar visualmente a sua distribuição.

Os mapas foram utilizados ainda para mostrar aos demais membros das comunidades, quando da divulgação e reflexão sobre os resultados encontrados nas campanhas de monitoramento, onde se localizavam os pontos com maiores índices de contaminação.

Para as discussões, análises e entrada dos dados vetoriais e matriciais que retratassem a verdade terrestre, foi adotada a escala numérica de 1:60.000. A escala de impressão adotada após os devidos ajustes e manuseio das informações foi de 1:72.000 em Muquém e 1:76.000 em riacho das Pedras.

Considerando que a escala numérica de impressão é a que possibilita a visualização das representações espaciais das microbacias e a divulgação dos dados em papel, nesta escala, foram impressos os mapas básicos e o de sistemas ambientais.

As correções e atualizações dos mapas ocorreram após o manuseio, editoração da atualização e da sistematização dos dados armazenados nos programas devidamente habilitados: Arcgis 9x, Spring 4.0 e o Coreldraw 10.

2.4.5 Sínteses e diretrizes

Nesta etapa dialética, foram interpretados dados, correlacionando os componentes geoambientais e as formas de uso e ocupação da terra e a prática dos Vigilantes Globais da Água.

Ao longo deste levantamento, foram valorizados os saberes dos Vigilantes da Água de cada comunidade visitada e as informações obtidas dessas fontes primárias constituem o conteúdo deste trabalho.

A análise ambiental integrada das microbacias hidrográficas pode subsidiar as ações do Programa Vigilantes Globais da Água, na medida em que incentive a participação das comunidades rurais na formulação dos conhecimentos locais da dimensão ambiental e origine informações geoambientais úteis, tanto ao Programa, quanto para a sobrevivência das comunidades rurais aqui destacadas.

As unidades geoambientais foram definidas e delimitadas com base em critérios geomorfológicos, uma vez que a compartimentação geomorfológica facilitou a identificação e a interpretação dos compartimentos físico-ambientais do ambiente. Fez-se a subcompartimentação das microbacias, a fim de mostrar a distribuição dos sistemas ambientais.

A área de cada sistema ambiental foi calculada com amparo de ferramentas de geoprocessamento do programa Arcgis 9x e da cartografia básica. Nesses cálculos, não foram consideradas as áreas de acumulação e inundação sazonal. Já a expressão espacial dos espelhos d'água de açudes e lagoas, foi mapeada e destacada na discussão sobre as condições hidrológicas das microbacias.

Cada sistema ambiental foi sumariado segundo as condições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas, cobertura vegetal e de uso e ocupação, todos resumidos em quadros-sínteses.

Por fim, a espacialização desses sistemas foi representada nos mapas de sistemas ambientais obedecendo os seguintes níveis taxonômicos: domínio natural, sistema ambiental e subsistema considerando-se, portanto, a hierarquização espacial taxonômica segundo as concepções geossistêmicas propalada no item 2.2.

A compartimentação ambiental e as informações levantadas viabilizaram a possibilidade de se propor sugestões de usos para cada sistema ambiental, tendo como base os preceitos conservacionistas, descritos por Souza (1988 e 2000), Brasil (1981 e 1997) e Nascimento (2006).

Diante de preceitos conservacionistas e de uso sustentável dos recursos naturais, e, feitas as devidas adaptações as áreas de estudo, foram adotados como base Nascimento (2006) e Ceará (2006a), para traçar a capacidade de suporte e as diretrizes ao uso sustentável de cada sistema ambiental.

A capacidade de uso e suporte ambiental das unidades ambientais das microbacias foi sumariada privilegiando os seguintes elementos: características naturais e usos dominantes, potencialidades, limitações, problemas ambientais e diretrizes ao uso sustentável para cada sistema. Em seguida, representou-se em um quadro-síntese a compartimentação ambiental, que retratou e sintetizou as informações e as análises das unidades presentes em cada microbacia.

3 POTENCIALIDADES DOS RECURSOS NATURAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MÉDIO E DO BAIXO JAGUARIBE

O rio Jaguaribe foi alvo de inúmeros estudos e levantamentos voltados para o melhor aproveitamento dessa bacia. Cabe sublinhar os trabalhos de Brasil (1967 e 1999) e Ceará (1982, 1996 e 1999), estudos de base importantes sobre o rio Jaguaribe e abordaram as suas características hidrológicas, hidrogeológicas, minerais, pedológicas, bem como aspectos histórico-culturais.

A bacia do rio Jaguaribe drena um total de 80 municípios, cada um com suas respectivas demandas por água (BRASIL 1999). Os municípios às margens desse rio abrigam, de acordo com Araújo (2006), 1/3 da população estadual. Este contingente populacional, conforme a autora, apresenta tendência de acelerado crescimento nos próximos anos.

A bacia hidrográfica do Jaguaribe abrange uma área de 74.621km² e cerca de 48% do Estado do Ceará (SOUZA *et. al.*, 2002). Possui extensão de 610km desde suas nascentes na serra da Joanhina, localizada no Município de Tauá, até desaguar no oceano Atlântico no Município de Fortim (BRASIL 1999).

Em virtude das dimensões espaciais e da diversidade ambiental que possui essa bacia hidrográfica, está subdividida em cinco sub-bacias: Salgado, alto Jaguaribe, médio Jaguaribe, baixo Jaguaribe e Banabuiú, as quais ocupam a porção centro-leste do Estado conforme a mostra Figura 5.



Em se tratando das condições climáticas dessa bacia hidrográfica, os principais sistemas reguladores do clima no Nordeste brasileiro são destacados nos trabalhos de Ab'Saber (1974), Brasil (1994), Souza Filho (2003).

Para esses autores, os principais sistemas produtores do clima semiárido no Nordeste e no Ceará, são: a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT; os ventos alísios ou ondas de leste, as linhas de instabilidade - LI e as oscilações da temperatura da superfície dos Oceanos Pacífico e Atlântico. Esses sistemas meteorológicos possuem cada um peculiaridades e atuam com intensidade variada, provocando, assim, precipitações em quantidades e períodos distintos.

Segundo Ab'Saber (1974), as precipitações são irregulares no tempo e no espaço, cujas médias anuais, apenas para efeito de referência, variam entre 400 e 800 mm, configurando-se em sertões muito quentes e sazonalmente seco. Conforme observado em Ceará (2008a), entre os anos de 1975 e 2005 as médias pluviométricas anuais nas sub-bacias do baixo e do médio Jaguaribe corresponderam a 764 e 795 mm, respectivamente.

Esses aspectos climáticos influenciam diretamente os atributos hidrológicos pois, segundo os trabalhos de Souza (2000 e 2002), os cursos d'água regionais denotam uma dependência climática na sua renovação hidrológica, uma vez que os rios são de regime intermitente sazonal. A intermitência dos rios, conforme Ab'Saber (1974 p. 26), se pronuncia quando

[...] estes se beneficiam das alternâncias regionais da alimentação fornecida na época das chuvas ocorrendo cheias, e após 5-6 meses perdem sua correnteza e têm uma tendência natural para o regime efêmero ou esporádico.

De forma geral, os cursos d'água são intermitentes, porém fluem durante todo o ano por conta dos açudes instalados que regulam a sua vazão. Esses rios que compõem a bacia do Jaguaribe, geralmente, nascem nas encostas de serras ou cristas residuais das depressões sertanejas; possuem grande frequência e densidades de canais e elevados índices de escoamento superficial.

Souza *et. al.* (2002) justificam os padrões de escoamento assumidos pelo rio Jaguaribe, elencando:

O padrão dominante é o dendrítico, observando-se padronagens distintas na sua foz, onde domina o padrão anastomótico; no seu alto curso os padrões diferenciam-se entre o subdendríticos, paralelos e subparalelos, além de retangular (Souza *et. al.*, 2002 p.66).

Em virtude das condições de semiaridez, da intermitência sazonal dos cursos d'água, e da crescente necessidade do consumo de água pelas populações, inúmeras foram as intervenções dos agentes sociais diversos, no sentido do aproveitamento máximo das águas correntes. Sobre esta ação para a transformação da água em recurso natural manipulado, anota Sampaio (2005, p. 471):

[...] as águas livres traçam seus caminhos, todavia, estes caminhos não são livres como antes, pois as águas livres estão sendo impedidas de seguirem seu destino natural, porque o Estado, a população e a iniciativa privada mudam o traçado geográfico para lhes determinar outro trajeto, objetivando atender as necessidades dos homens que as aprisionam em açudes, barragem, adutora, canais e poços.

Assim, na ânsia de atender as demandas econômicas regionais dos latifundiários, empresas e populações em geral, o Estado, principalmente, passou a perenizar os canais de drenagem com a construção de reservatórios.

Ao longo dos anos, esta bacia hidrográfica vem sendo modificada e se torna uma reserva de água estratégica para os diversos setores econômicos do Ceará, conforme aponta Araújo (2006, p.20):

Desempenha atualmente um papel estratégico na infraestrutura hídrica que garante os usos múltiplos do extenso vale perenizado e, através do Canal do Trabalhador, integra o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza e do seu parque industrial.

O vale do rio Jaguaribe, portanto, passa por transformações para a instalação da infraestrutura hídrica que atenda as necessidades econômicas da região e do Estado do Ceará.

Sobre o volume acumulado de água, Souza *et. al.* (2002) assinalam que “a bacia do Jaguaribe contribui com um volume médio de $52.430\text{m}^3/\text{km}^2/\text{ano}$ totalizando cerca de $3.912.160.000\text{m}^3/\text{ano}$.” Acredita-se, porém, que esses valores não poderão ser constantes durante todos os anos em razão das variações intra e interanuais das precipitações.

Atualmente, as respectivas vazões passaram a ser mais constantes durante o ano, porque são controladas pelas águas dos reservatórios instalados ao longo dos canais da referida bacia.

Dentre os principais reservatórios que controlam os deflúvios, destacam-se: o Orós, que foi o primeiro reservatório construído nesse vale fluvial e contribuiu para a perenização do médio-baixo Jaguaribe; o Banabuiú no baixo Jaguaribe, além do Castanhão, no médio Jaguaribe.

As microbacias focos deste estudo encontram-se nas áreas de drenagem dos principais contribuintes das sub-bacias do médio e do baixo Jaguaribe pela margem esquerda (Figura 5). A microbacia riacho das Pedras deságua no riacho do Sangue, contribuinte da sub-bacia do médio Jaguaribe (Figura 6). Já a microbacia Muquém tem o seu nível de base no rio Palhano, que é contribuinte da sub-bacia do baixo Jaguaribe (Figura 7).

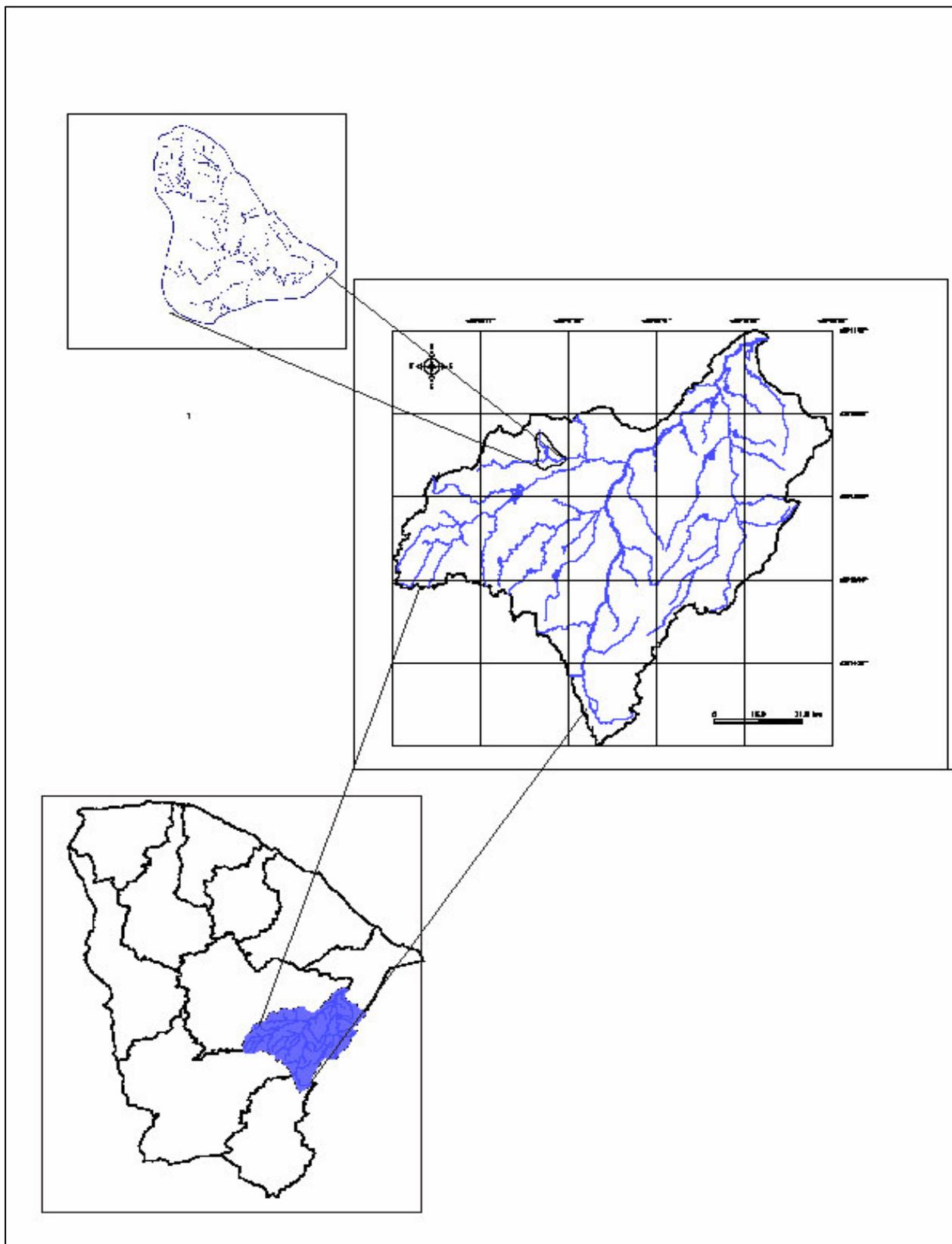


Figura 6: Localização da microbacia riacho das Pedras na sub-bacia do médio Jaguaribe.
Fonte: Elaborado por Aires, R. Guerra, M. D.

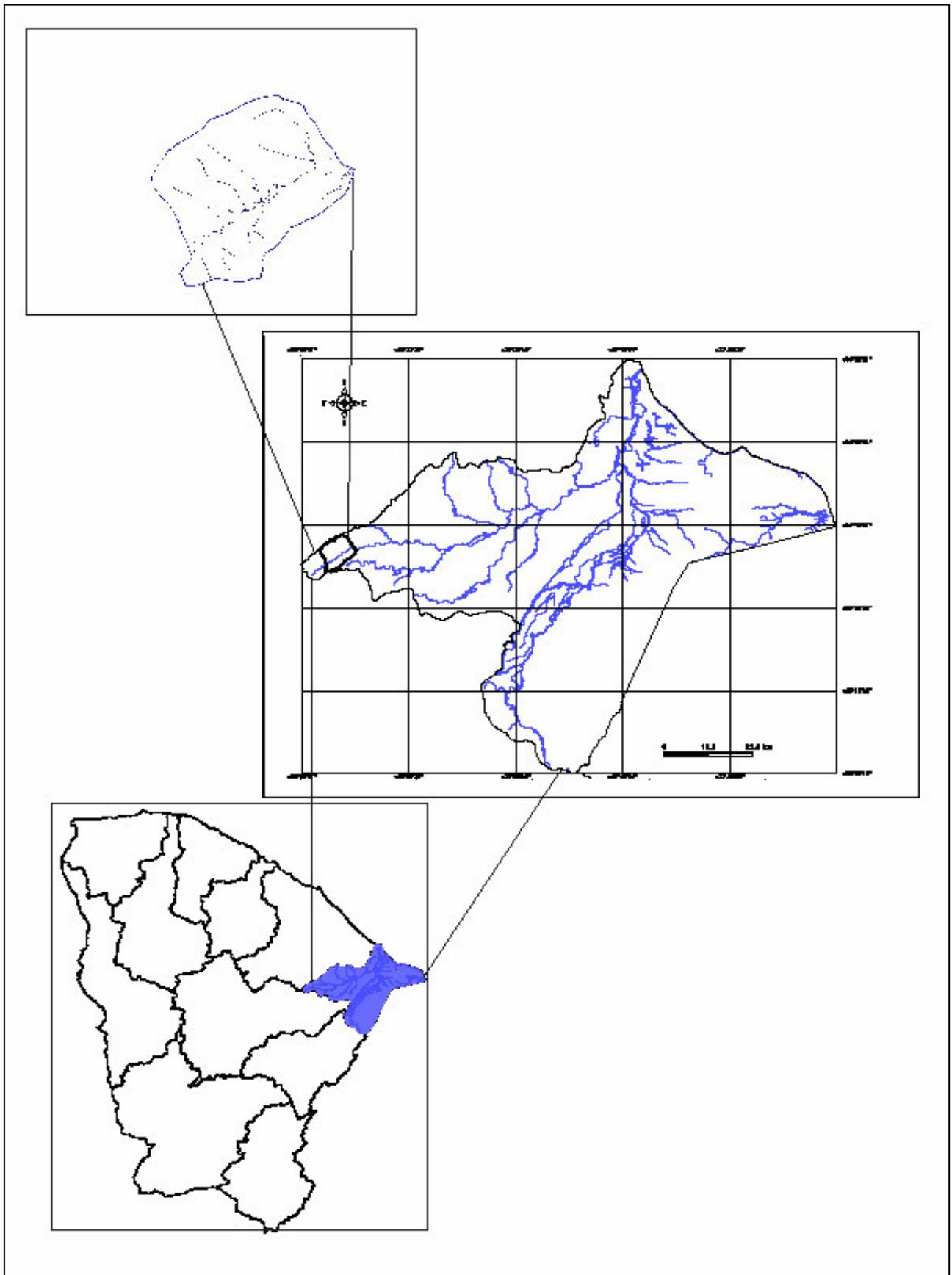


Figura 7: Localização da microbacia Muquém na sub-bacia do baixo Jaguaribe.
Fonte: Elaborado por Aires, R. Guerra, M. D.

3.1 Características da sub-bacia hidrográfica do baixo Jaguaribe

A sub-bacia do baixo Jaguaribe é a menor dentre as outras sub-bacias do rio Jaguaribe, e tem, segundo Souza *et. al.* (2002), uma área de 4.302,6km². Esta sub-bacia hidrográfica banha 13 municípios: Aracati, Icapuí, Jaguaruana, Quixeré, Tabuleiro do Norte, Russas, Palhano, Itaiçaba e Ibicuitinga e parte dos Municípios de São João do Jaguaribe, Alto Santo, Morada Nova e Limoeiro do Norte.

Os atributos naturais que compõem a região do baixo Jaguaribe foram inicialmente revelados nas descrições paisagísticas contidas em Brasil (1967, p.225):

Este é o baixo Jaguaribe propriamente dito, no qual os dois grandes rios vão misturar suas águas caminhando com dificuldades pelos leitos sinuosos e variados até a zona do estuário, serpenteando entre o maciço cristalino a Oeste, e a falésia dos calcários do Apodi, a Leste, no meio de florestas de carnaúba, que revestem as zonas baixas inundáveis, alternadas pelas culturas de subsistência e frutíferas, que são anunciadas, de longe pela silhueta familiar do cata-vento.

Trata-se dos elementos que compõem a paisagem do encontro do rio Banabuiú com o baixo curso do rio Jaguaribe. As informações dizem respeito à dinâmica do curso fluvial, seus limites hidrográficos, condições vegetacionais da mata ciliar, feições de relevo dos terrenos drenados, formas de uso da terra, trazendo, ainda, possíveis indícios do aproveitamento hídrico subterrâneo.

Em termos de morfoestrutura, a sub-bacia apresenta na sua área de drenagem uma diversidade de rochas e de feições do modelado.

Segundo levantamentos de Souza *et. al.* (1988ab, 2000b, 2002 e 2005 e 2006), e informações coletadas em Ceará (1996), Leite *et. al.*, (2005) e Brasil (1967 e 1999), foram identificados na área de drenagem duas unidades estruturais compreendidas pelas áreas de embasamento cristalino e

por parte da bacia Potiguar Cretácea além dos depósitos de acumulação cenozóicos.

Sobre as principais características existentes nos sertões do baixo Jaguaribe, Souza *et. al.*(2002, p.30), enfatizam:

Trata-se da depressão periférica oriental do Ceará, posicionada a Oeste da bacia mesozóica potiguar. (...) A superfície topográfica apresenta a ocorrência de feições aplainadas que convergem através de declives suaves para os fundos de vale (pedimentos).

As áreas de Embasamento cristalino são compostas de rochas ígneas do Complexo nordestino originárias do período Pré-Cambriano, do tipo gnaisses, quartzitos e migmatitos encontrados nas feições de relevo da depressão sertaneja do baixo Jaguaribe e nos maciços antigos.

As coberturas sedimentares não metamorizadas incluem os sedimentos cretáceos da bacia Potiguar, que são encontrados na feição da chapada do Apodi, uma parte estrutural dessa bacia (*front*) que aflorou no espaço cearense e possui uma estratigrafia bem definida.

As formações aflorantes são representadas pelos arenitos da Formação açu, que constitui o pacote basal da bacia, e está sotoposta pelos calcários da formação Jandaíra, na qual se dá o desenvolvimento dos cambissolos, que são os solos derivados de rochas calcárias.

Os depósitos de acumulação cenozóicos são sedimentos mais recentes depositados na transição terciário-quadernária e ocorrem nas formações Barreiras, Tibau e Faceira.

Os depósitos pleistocênicos - holocênicos recobrem ainda planícies fluviais, planícies de inundação, planícies litorânea e flúviolacustre, áreas de acumulações inundáveis e terraços fluviais e marinhos.

A bacia do baixo Jaguaribe está submetida às condições de semi-aridez. Em relação à potencialidade hídrica superficial é, dentre as demais sub-bacias, a que tem menos água acumulada em grandes reservatórios de

superfície. Em seus limites tem, segundo Ceará (2007b), apenas um reservatório com esse porte, que é o de Santo Antônio de Russas, no Município de Palhano. Este reservatório tem capacidade de até 27.000.000m³.

A situação do aporte hídrico subsuperficial no baixo Jaguaribe é maior que no médio Jaguaribe, pois segundo Souza (2000b, p.42),

[...] os poços instalados na região do Baixo Jaguaribe somam cerca de 153 totalizando uma reserva de 2,6hm³/ano, enquanto que no Médio Jaguaribe existem apenas 80 poços com uma reserva de 0,6hm³/ano.

Este maior aporte hídrico ocorre em virtude das condições dos terrenos que compõem aquela sub-bacia, onde predominam áreas de acumulação que se classificam como aquíferos sedimentares e englobam as aluviões, as dunas, a formação Barreira e Faceira, além de áreas sedimentares do grupo Apodi.

Tais terrenos favorecem a perfuração de poços, pois conforme Souza *et. al.* (2002), as dunas possuem vazões médias elevadas, alcançando cerca de 15m³/h, o que contribui para a instalação de inúmeros poços em seus terrenos; assim como as aluviões, que têm permeabilidade elevada e possuem vazões médias 15,3m³/h e poços rasos de até 30 metros. Já na formação Barreiras e nas coberturas coluvionares, a captação é restrita aos níveis arenosos e as profundidades dos poços variam entre 20 e 50 metros, chegando a uma vazão média de 2,3m³/h.

O aquífero poroso do grupo Apodi, conforme Souza *et. al.*(2002), tem uma reserva de água subterrânea significativa. Na formação Jandaíra, as vazões são de 2,5m³/h e os poços instalados têm mais de 60 metros de profundidade. Enquanto isso na formação Açú as profundidades médias dos poços oscilam entre 60 a 100 metros e as vazões médias chegam até 4,7m³/h.

Foram encontradas nesta sub-bacia as seguintes classes de solos: Os neossolos flúvicos nas planícies fluviais; os argissolos vermelho-amarelos eutróficos e distróficos nas formações Faceira, Barreira e Tibau; os

planossolos, neossolos litólicos, luvissolos na depressão Sertaneja e nos maciços; sendo que somente na chapada do Apodi ocorrem os cambissolos, e na planície Litorânea ocorrem os neossolos quartzarênicos.

Os solos de textura arenosa e argilosa predominam, portanto, no baixo Jaguaribe, e os favoráveis ao aproveitamento agrícola configuram as áreas de cambissolo eutrófico (chapada do Apodi), as de neossolos flúvicos nas planícies fluviais, e a dos argissolos vermelho-amarelo distrófico (manchas de tabuleiros) e de luvissolos.

Dos solos retromencionados, é que emerge o recobrimento vegetal. A identificação dos domínios vegetais foi realizada com base em levantamentos sistemáticos anteriores: Fernandes (2000), Barreto (2002), Souza *et. al.*, (2000), Leite *et. al.*, (2005).

A identificação dos domínios vegetais revelou que ocorrem pelo menos cinco unidades vegetais: o complexo vegetal da planície Litorânea, que recobre as áreas dos campos de dunas e a vegetação de praias e mangues; vegetação ribeirinha ou mata ciliar, que recobre as planícies fluviais com formações florestais representadas pelas carnaúbas; a vegetação de tabuleiros, que recobre os solos derivados da formação Barreiras; ocorrência da mata seca, que recobre parcelas mais úmidas e mais conservadas, como as de pequenos e esparsos maciços residuais.

Além dessas unidades, destacam-se as caatingas de variados padrões fisionômicos e florísticos, que recobrem os solos da depressão Sertaneja, configurando-se com formações herbáceas, além de apresentar, predominantemente, um estrato arbustivo ora denso, ora aberto. Quanto ao estrato arbóreo das caatingas com poucos remanescentes, esta camada pode ser encontrada nos cambissolos da chapada do Apodi.

Os tipos de vegetação aqui destacados encontram-se atualmente em diferentes estados de degradação e conservação, que variam em função dos padrões de seu uso e ocupação das e ocupam de forma diferenciada dos diferentes solos da referida sub-bacia.

Em decorrência das diversidades das condições naturais, vão se concretizar as formas de ocupação desse espaço geográfico regional, as quais são esboçadas com base em Neto e Marques (2000), Gondim *et. al.* (2004), Ceará (1996 e 1999), Araújo (2006) e Amora (2002).

Na sub-bacia do baixo Jaguaribe, as diversas atividades econômicas apresentam-se assim distribuídas: o turismo e a carcinicultura no Município de Aracati; a indústria calçadista, a agricultura irrigada e a exploração mineral de argila em Russas; a indústria metalúrgica de aço em Tabuleiro do norte; a fruticultura irrigada voltada para a exportação, e a exploração de calcários e granitos da chapada do Apodi em Limoeiro do Norte e Quixeré.

Tais atividades são as principais responsáveis pelo dinamismo econômico desta sub-bacia, que tem, segundo Amora (2002), as cidades de Limoeiro do Norte, Russas, Tabuleiro e Aracati como importantes, pois concentram o comércio, o contingente populacional e as ofertas de emprego nas diversas atividades destacadas.

Notou-se que a agricultura irrigada é muito presente na sub-bacia, conforme levantamentos contidos nos trabalhos de França *et. al.* (1997), Neto e Marques (2000) e Gondim *et. al.* (2004).

Segundo Araújo (2006), apesar de o baixo Jaguaribe ser a menor sub-bacia, se comparada às outras que compõem a bacia hidrográfica do Jaguaribe, esta é a que tem o maior potencial para a agricultura irrigada, com os seus 5.371,82 ha de área irrigada e abriga o Polo de Desenvolvimento Integrado Baixo Jaguaribe.

Este polo de agricultura irrigada, segundo Neto e Marques (2000), comporta vários projetos públicos irrigados e grande área irrigada privada. A produção é diversificada, predominando a cultura do arroz e a fruticultura para o mercado interno e internacional. Além dessas atividades, destacam-se também a olericultura e a pecuária leiteira.

Conforme os estudos de Gondim *et. al.*, (2004), dos municípios que fazem parte do polo do Baixo Jaguaribe, os que possuem as maiores áreas

irrigadas são: os de Limoeiro do Norte (2.192ha), Jaguaruana (974 ha), São João do Jaguaribe (802 ha) e Russas (582 ha).

Em se tratando da atividade mineral, os calcários cretáceos, segundo Ceará (1996), têm grandes extensões e ocorrem em toda a bacia sedimentar Potiguar em uma área de 1.400km² dentro do Ceará. As potencialidades dessas reservas minerais foram estimadas em 19.000.000.000 toneladas (dezenove bilhões de toneladas), sendo que sua ocorrência e exploração acontece, principalmente, nos Municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré e Jaguaruana.

3.2 Características da sub-bacia hidrográfica do médio Jaguaribe

A sub-bacia do médio Jaguaribe drena uma área de 10.509km² com 171km de extensão. Esta sub-bacia hidrográfica banha 12 municípios: Milhã, Solonópole, Jaguaribara, Potiretama, Iracema, Jaguaribe, Dep. Irapuan Pinheiro, Pereiro, Ererê, e Jaguaretama e parte de São João do Jaguaribe e Alto Santo (BRASIL 1999).

Em termos de morfoestrutura, a sub-bacia apresenta na sua área de drenagem o predomínio dos terrenos pré-cambrianos do embasamento cristalino, seguidos do domínio dos depósitos de acumulação cenozóicos, os quais são destacados com base nos levantamentos sistemáticos feitos por Souza *et. al.* (1998, 2000, 2002 e 2005 e 2006a), por informações coletadas em Ceará (1996), Leite *et. al.*, (2005) e Brasil (1967 e 1999).

O primeiro domínio é formado pelos escudos antigos do complexo Cristalino, que são um conjunto de rochas ígneas do complexo Nordeste originárias do período Pré-Cambriano. Podem ser gnaisses, quartzitos e migmatitos encontrados nas feições de relevo da depressão Sertaneja e nos maciços antigos.

O segundo domínio dos depósitos cenozóicos é composto por sedimentos pleistocênicos – holocênicos. Suas principais unidades

geomorfológicas são as áreas de acumulações recentes das planícies fluviais e das áreas de inundação sazonal.

A bacia do médio Jaguaribe se destaca porque, dentre as sub-bacias do rio Jaguaribe, é a que apresenta a maior capacidade de água superficial acumulada em grandes reservatórios de superfície.

A exemplo disso, de acordo com dados de Ceará (2009), destacam-se os açudes Castanhão, com capacidade de até 6.700.000.000m³; o açude Riacho do Sangue, com 61,424.000m³; e o açude Joaquim Távora, com 26,672.8000m³, dentre outros 11 onze médios e pequenos açudes que totalizam capacidade de acúmulo total de 6.860.905.600m³ de água.

O açude Castanhão é o maior reservatório desta sub-bacia. Segundo Ceará (2009), tem vazões de 17000L/s e influencia os municípios localizados no vale perenizado do médio e baixo Jaguaribe: Alto Santo, Pereiro, Jaguaribara, Jaguaretama, Jaguaribe, Russas, Limoeiro do Norte, Jaguaruana, São João do Jaguaribe, dentre outros.

Nesse contexto, esta sub-bacia, com os seus reservatórios, influencia no volume médio de água e na vazão na bacia do Jaguaribe ao longo do ano, uma vez que estes variam em função do volume das precipitações anuais e do número de reservatórios instalados que realimentam os leitos de rios e riachos.

Em relação às reservas subsuperficiais da sub-bacia, são apontados com base em Ceará (1996), os domínios hidrogeológicos: os aquíferos fissurais típicos do cristalino e os aquíferos sedimentares.

Os aquíferos do cristalino são derivados de fraturas, descontinuidades e rupturas, as quais são encontradas nos mais variados litotipos que compõem a depressão Sertaneja do médio Jaguaribe. Essas rochas caracterizam-se por possuírem baixa porosidade e permeabilidade e a qualidade das águas acumuladas muitas vezes não é compatível com os padrões recomendados. As vazões médias são pequenas, de 2 a 3 m³/h e as profundidades dos poços oscilam entre 50 e 70 metros.

Os aquíferos sedimentares restringem-se à presença de aluviões, que constituem uma reserva de água subterrânea importante.

Como os terrenos cristalinos são predominantes na área, as ofertas subsuperficiais são restritas e não favorecem a instalação de poços. Tanto é que, segundo Souza *et. al.* (2002), existem apenas 80 poços com uma reserva de 0,6hm³/ano nesta sub-bacia.

A interação dos domínios morfoestruturais aqui destacados, além de influenciar nas condições hidrológicas, origina os diferenciados tipos de combinações de classes de solos.

Os diversos tipos de solos são caracterizados de forma geral para fins de reconhecimento com base nos levantamentos de Jacomine *et. al.* (1973), Ceará (2007), Souza *et. al.* (2000, 2002 e 2006a), Leite *et. al.* (2007).

São encontradas nesta sub-bacia as seguintes classes de solos: os neossolos flúvicos nas planícies fluviais; os argissolos vermelho-amarelos eutróficos e distróficos, planossolos, neossolos litólicos, luvisolos na depressão Sertaneja e nos maciços antigos;

Predominam nesta sub-bacia os solos ditos pedregosos e rochosos como os planossolos e os neossolos litólicos. Estes solos são mais vulneráveis a erosão e têm fertilidade de média a baixa. Já os solos que oferecem melhores condições de aproveitamento agrícola são os neossolos flúvicos, seguidos por algumas manchas de argissolos vermelho-amarelo distrófico, que se encontram associados a outros solos típicos dos sertões.

Desses solos emerge o recobrimento vegetal típico, o qual foi identificado em levantamentos sistemáticos anteriores: Fernandes (2000), Barreto (2002), Souza *et. al.*, (2000), Leite *et. al.*, (2005).

A identificação dos domínios vegetais revelou que ocorrem pelo menos três unidades vegetais: a vegetação ribeirinha ou mata ciliar, que recobre as planícies fluviais com formações florestais representadas pelas carnaúbas; ocorrência da mata seca, que recobre parcelas mais úmidas e

mais conservadas como as de pequenos maciços residuais e a serra do Pereiro.

Além dessas unidades, destacam-se as caatingas de padrões fisionômicos e florísticos diferentes que recobrem os solos da depressão Sertaneja e os maciços, configurando-se com formações herbáceas, além de apresentar, predominantemente, um estrato arbustivo ora denso, ora aberto.

Os tipos de vegetação aqui destacados encontram-se atualmente em diferentes estados de degradação e conservação, que variam em função dos padrões de seu uso e ocupação e ocupam de forma diferenciada dos diferentes solos da sub-bacia.

As formas de ocupação desse espaço geográfico regional são evidenciadas com base em Souza *et. al.* (2005 e 2006), Gondim *et. al.* (2004), Brasil (1999), Ceará (1996 e 1999), Araújo (2006) e Amora (2002). Para tanto, são relacionados, na sequência, os municípios mais importantes e as principais atividades econômicas desenvolvidas.

No médio Jaguaribe, os centros regionais são os Municípios de Jaguaribe e Icó, por estes concentrarem o comércio, a população e a oferta de empregos nas atividades da agropecuária e da agricultura irrigada.

Nesta sub-bacia, as áreas ocupadas por tais atividades são o entorno dos reservatórios e as proximidades dos principais vales fluviais, com a prática predominante da agropecuária, o que fez dessa região a possuidora de um dos rebanhos mais importantes no Estado do Ceará, e se constituindo como bacia leiteira significativa.

Em relação à agricultura irrigada nos perímetros públicos em funcionamento, destacam-se os que estão nos Municípios de Jaguaretama, Iracema, Solonópole e Alto Santo. Estes perímetros públicos, segundo Campos *et. al.* (1997), abrangem uma área irrigada de 570 ha na sub-bacia do médio Jaguaribe.

Percebeu-se que as sub-bacias em destaque possuem elementos naturais que as dinamizam, as caracterizam e as diferenciam no arranjo, na

oferta e no modo como são utilizados os recursos naturais. Diante de cenários distintos, notam-se a diversidade nas condições dos elementos biofísicos presentes e as diversas formas como as populações os ocupam e aproveitam.

Destaque seja dado para as potencialidades geológicas, aproveitadas com a mineração das rochas; bem como para as potencialidades hídricas, que são armazenadas em poços e reservatórios e, por fim, potencialidades pedológicas, comumente aproveitadas com o uso agropecuário.

Sobre este assunto, Figueirêdo *et. al.* (2004) justificam alguns fatores que tornam a região das sub-bacias do médio e do baixo Jaguaribe dinâmicas economicamente, inclusive com influências para o Ceará, a saber:

As sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe são de grande importância econômica e ambiental para o Vale do Jaguaribe e Estado do Ceará, por abrangerem grandes perímetros públicos de irrigação (Jaguaribe- Apodi, Santo Antônio de Russas e Jaguaruana) e por derivarem as águas do rio Jaguaribe para o abastecimento urbano e industrial da região do Jaguaribe e Região Metropolitana de Fortaleza (FIGUEIREDO *et. al.*, 2004 p. 83).

Mediante esta premissa, percebeu-se como os recursos hídricos dessas sub-bacias estão submetidos a usos múltiplos em função das mais diversas atividades econômicas da região e ainda abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza.

A dinâmica econômica, no entanto, é desigual, pois somente os principais municípios dessas sub-bacias concentram ou detêm determinada infraestrutura que possibilita a prática das atividades mencionadas.

Tais municípios e a sua população, de certa forma, dependem, para seu abastecimento e dinamização econômica, dos recursos hídricos correntes nos vales fluviais e das águas acumuladas em reservatórios.

Por seguinte, trata-se aqui de delinear acerca dos levantamentos realizados nas microbacias, tecendo uma caracterização ambiental de cada

uma delas, a qual pressupõe a discussão sobre seus elementos naturais e socioeconômicos constituintes, que são: as condições geológicas e geomorfológicas, hidroclimáticas, de solos e vegetação, das formas de uso e ocupação e dos problemas de degradação ambiental derivados.

4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DE MUQUÉM E RIACHO DAS PEDRAS

4.1 Caracterização ambiental de Muquém

A microbacia de Muquém drena uma área de 60km² e seu principal curso d'água é o rio Palhano, que possui 12 km de extensão longitudinal e dista cerca de 135 km de Fortaleza. Abrange dois municípios cearenses, ficando cerca de 45 km² de sua área na porção norte do Município de Ibicuitinga, isto é, 75% da área total e cerca de 15 km² de sua área na porção centro-oeste de Morada Nova, o equivalente a 25% dos 60km² da microbacia (Figura 8),

Os principais povoados que estão na sua área de drenagem são Muquém e Jardim, atendidos pelo Programa Vigilantes Globais das Águas. Esses núcleos rurais ficam situados no Município de Ibicuitinga e distam cerca de 20km da sua Sede.

Cabe destacar, no entanto, que, nas proximidades de Muquém e às margens do rio Palhano, conforme apontaram os moradores, existem outros pequenos povoados, como a comunidade de Melancias, onde habita a família *Corrado*, a localidade de Pedra Branca, onde predomina a família *Celestina*, e a comunidade Jardim, onde a família predominante é *Pequena*.

A ocupação inicial da comunidade hoje denominada de Muquém, segundo lideranças comunitárias, se deu em 1903, quando José Monteiro de Lima comprou as terras e construiu sua fazenda. Mais tarde, por volta de 1940, João Lopes comprou outras terras na região e constituiu sua propriedade.

O nome Muquém, de acordo com Brasil (2008a), é de origem indígena e deriva de uma vegetação típica que era abundante na época em que viviam os índios na região. Trata-se de uma árvore que hoje é conhecida por canafistula (*Cassia ferrugínea*), uma leguminosa com alto valor nutritivo, utilizado como alimento para o gado no período de seca.

Essa vegetação distribuía-se nas margens do rio Palhano e nas fazendas da região, formando uma mata densa, a qual foi diminuindo no decorrer dos anos, ficando restrita a algumas porções de terras na microbacia.

Ao longo dos anos, muitos conflitos de terra foram sendo desencadeados, culminando com destruição de cercas, queimas de plantações e brigas entre as famílias dos dois latifundiários mencionados.

Atualmente essas terras estão legalmente divididas. São de pequenas e médias propriedades que pertencem às famílias dos Lopes e dos Monteiros, compondo os agroecossistemas em que se encontram atividades agrícolas, agropastoris e extrativismo vegetal.

A microbacia foi denominada de Muquém porque essa comunidade rural se encontra, às margens do rio principal, que é o rio Palhano. O seu principal contribuinte é o riacho Timbaúbas, localizado em sua margem esquerda, conforme apresenta a Figura 8.

O rio Palhano situa-se entre os paralelos 38° 31' e 38° 36' de longitude oeste e entre 4° 51'0" e 4° 57'0" de latitude sul e limita-se com o Rio Pirangi que, segundo Souza (2003), é integrante do grupo de 11 rios que formam a bacia Metropolitana.

Esta microbacia apresenta predominância de canais de 1ª ordem, seguidos de canais de 2ª ordem; sendo que o canal principal e único de 3ª ordem é o rio Palhano; fato que o configura como exutório. Os demais canais fluviais estão distribuídos de acordo com a hierarquia fluvial, observados na Figura 9.

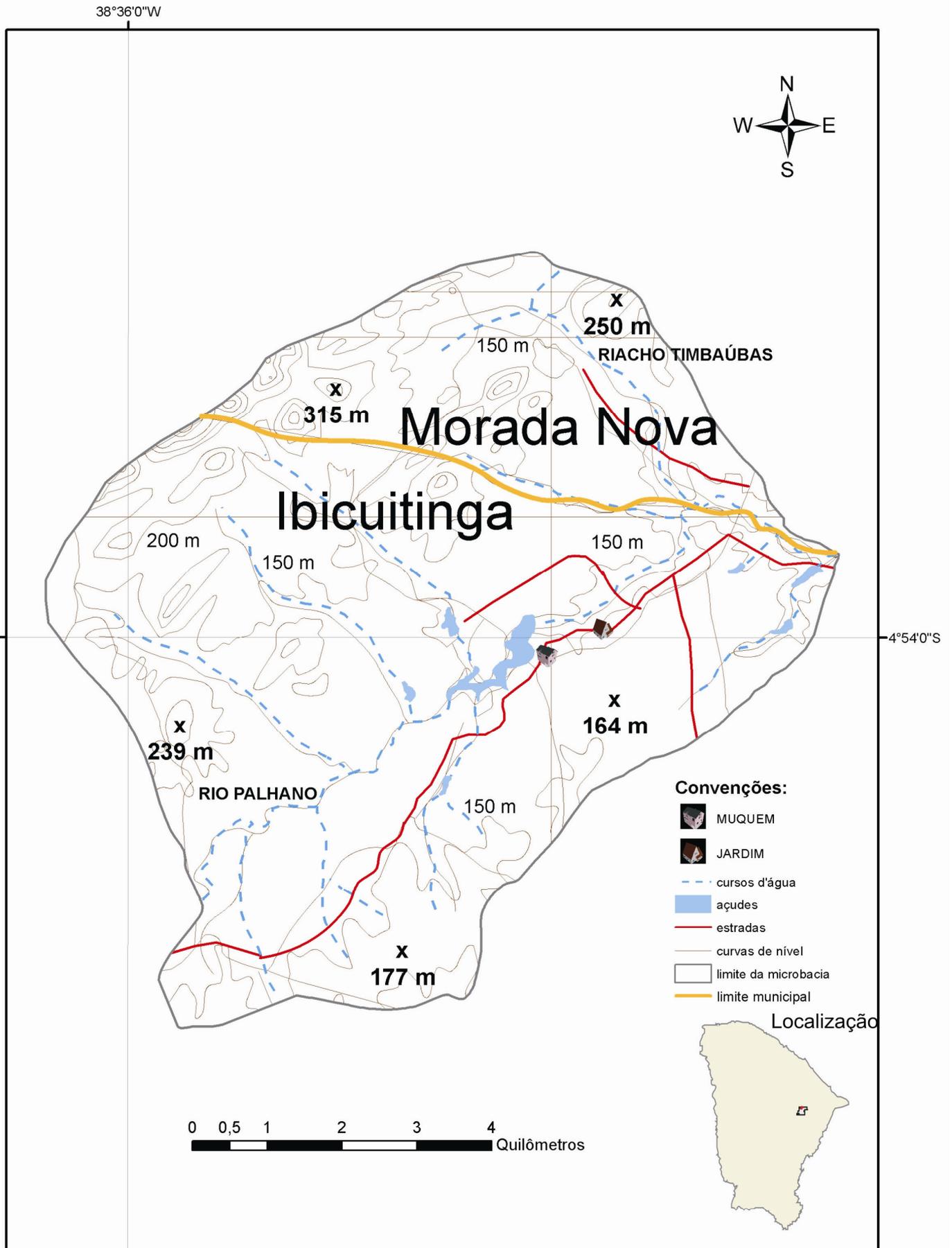


Figura 8: Mapa básico da Microbacia Muquem.

Fonte: Elaborados por Nascimento, F.; Santos, J., com base na carta da SUDENE em escala 1: 100.000, sendo a folha BONHU, 1960. Adaptação: Sérgio Fuck e Samuel Miranda.

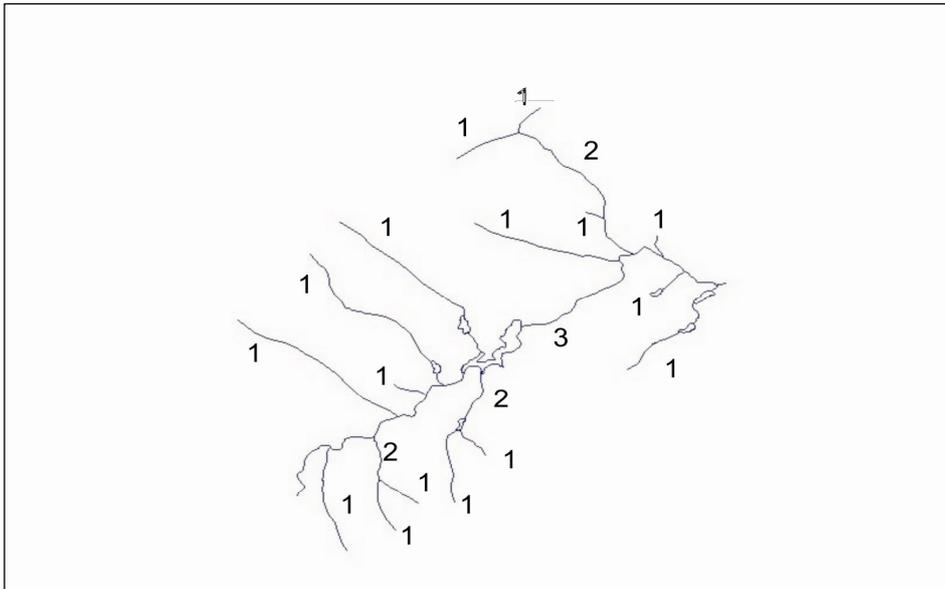


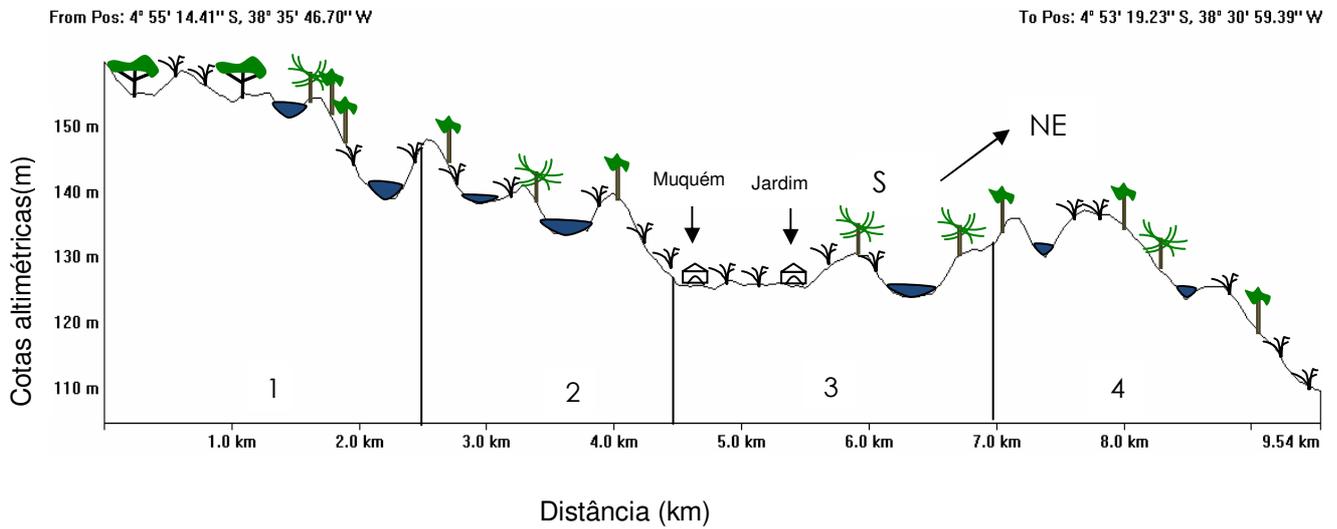
Figura 9: Hierarquia de drenagem dos canais fluviais de Muquém.
 Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980).

Os canais fluviais são de ordens diferentes e têm escoamento de padrão dendrítico e ramificações de drenagem, totalizando cerca de 16 canais de 1ª ordem tributários do rio Palhano, conforme visto na Figura 9.

Os rios dessa microbacia, em razão dos seus gradientes topográficos, nascem no alto Palhano, descem de baixos maciços residuais, passando a drenar terrenos de acumulação recente em tabuleiros interiores. Ao sair destes terrenos, drena terrenos cristalinos que conformam a depressão Sertaneja, os quais ocupam uma faixa larga de terras, como pode ser visualizada no seu perfil longitudinal (Figura 9).

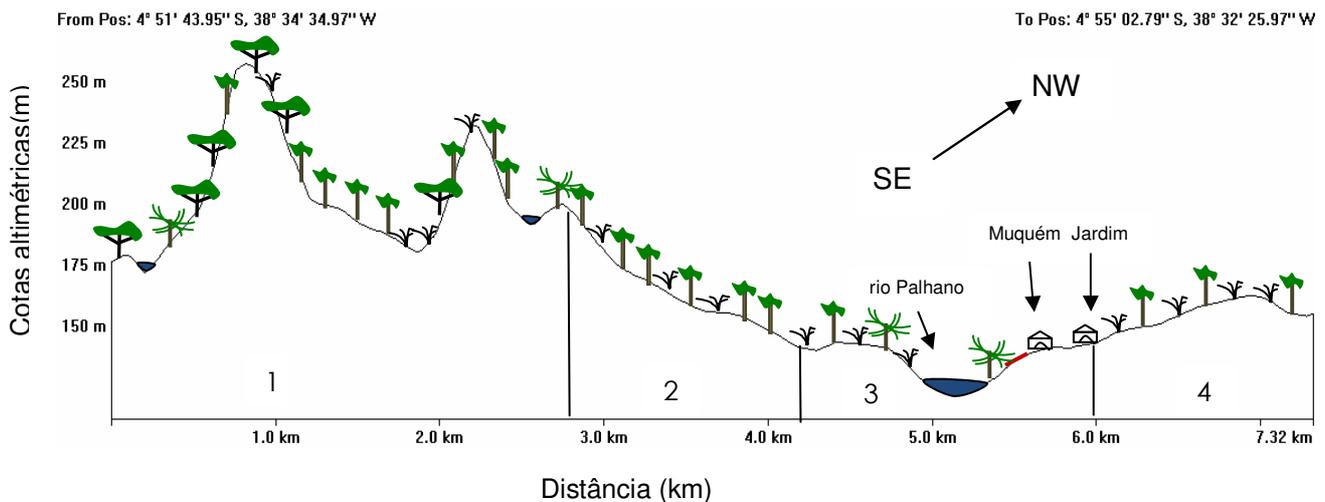
Foi percebido que, em função da existência de terrenos tão diversos ao longo do perfil longitudinal de 9,54km do canal do rio Palhano, há uma variação da declividade. Na área das nascentes, a altitude ultrapassa 150m, formando declives acentuados e densidade de tributários. Ao passo que no nível de base local do rio, as altitudes diminuiram para 110m, com declives suaves. Pode-se afirmar que as variações topográficas nos terrenos influenciam, também, a velocidade das águas correntes, conforme visualizado na Figura 10, em razão de áreas divergentes e convergentes na bacia.

Já o perfil transversal permitiu identificar os sistemas ambientais existentes, sua cobertura vegetal e as suas formas de ocupação, assim expressos na Figura 11.



Legenda:
1- Serras e sertões
2- Transição entre os sertões e os glacis de acumulação interiores
3- Glacis de acumulação interiores
4- Sertões

Figura 10: Perfil Sudoeste-Nordeste da microbacia do rio Palhano. Elaborado por Aires, R. e Guerra, D. Baseado em Nascimento (2003)



Legenda		
Sistemas Ambientais	Cobertura vegetal	Uso e ocupação
1- Serra Palhano	Mata Seca	Agroecossistemas
2- Superfícies de pedimentação dissecada	Mata Seca e caatingas arbóreo-arbustivas	Agroecossistemas
3- Planície fluvial do rio Palhano	Mata ciliar e caatingas	Estrada, Barramento e Agroecossistemas
4-Tabuleiros Interiores	Caatingas	Núcleo rural de Muquém e Jardim e cajueiros plantados.

Figura 11: Perfil Transversal da microbacia do rio Palhano. Elaborado por AIRES, R.; Guerra, D. Visualizado em Nascimento (2003).

Foram encontrados em Muquém quatro macrocompartimentos denominados domínios naturais: serras, sertões, glaciais de deposição e vales. Esses domínios foram compartimentados com base em critérios geomorfológicos e compõem ambientes que se distinguem quanto a sua gênese e a sua forma.

Os sertões comportam as depressões sertanejas, as serras comportam os maciços residuais e ambos são compostos por litotipos do complexo cristalino. Já os glaciais comportam os tabuleiros de acumulação interiores, que são compostos de sedimentos da formação Faceiras, ao passo que os vales comportam a planície ribeirinha com sedimentos aluviais holocênicos.

Os subsistemas ambientais delimitados e mapeados dessa microbacia são: as Serras Palhano, os tabuleiros interiores, a Planície fluvial do rio Palhano e as superfícies de pedimentação dissecada, aplainada e levemente ondulada. Estes subsistemas ambientais são o alvo desta caracterização ambiental, porque reúnem combinações entre os fatores do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação humana que os definem e, ao mesmo tempo, os diferenciam quanto as suas potencialidades e limitações.

Os terrenos identificados na microbacia Muquém estão submetidos na sua totalidade às condições de semiaridez, que apresentam variações pluviométricas intra e interanuais e elevadas temperaturas referentes ao período estudado.

Sabe-se que, para analisar variações climáticas, é necessário estudar vários elementos climáticos, adotando, para tanto, escalas de tempo de no mínimo 30 anos. No caso de Muquém, os elementos climáticos estudados foram somente a precipitação e a temperatura da série temporal que correspondeu ao período entre os anos de 1988 a 2007, totalizando apenas 19 anos em virtude da disponibilidade de dados. Com isso, foram traçadas considerações, tão somente, sobre o comportamento e a distribuição interanuais das chuvas nesta microbacia.

O comportamento mensal e anual das precipitações demonstrou variações significativas e as condições térmicas se mantiveram elevadas constantemente. As médias mensais das precipitações e da temperatura estão resumidas na Tabela 1, e podem ser visualizadas nos Gráfico 1 e 2. Foram comentadas logo a seguir.

Tabela 1: Médias mensais de precipitação e temperatura em Muquém (Posto Ibicuitinga –CE) na série histórica de 1988-2007

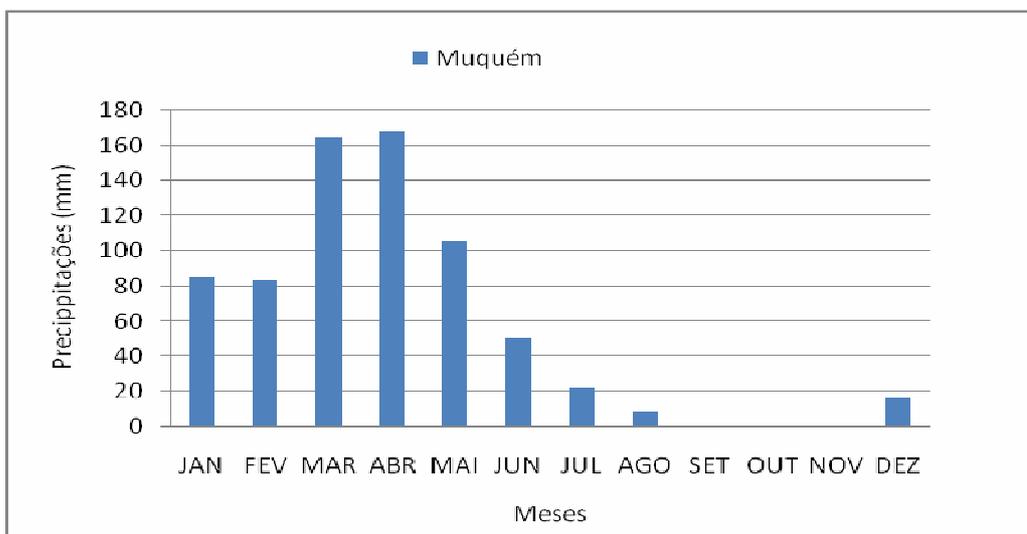
MESES													
Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media mensal
Precipitação	85,3	83,4	164,3	168,1	105,3	50,2	21,8	8,5	0	0,4	0,4	15,8	58,6
Temperatura	27,4	26,7	26,1	25,9	25,9	25,6	25,4	26,3	26,9	27,1	27,4	27,5	26,5

Fonte: Ceará (2007), Sales e Oliveira (1985).

Nos totais médios mensais de Muquém, obteve-se média mensal em torno de 58,6 mm. Além disso, percebeu-se que ocorreu variação intra-anual marcante, pois os meses concentradores das chuvas foram março – abril - maio com cerca de 437,7mm, o equivalente a 62% das chuvas mensais.

O trimestre seco foi composto pelos meses de setembro – outubro – novembro, quando as chuvas somaram apenas 0,8 mm, o que correspondeu a 0,1% do total médio mensal (Tabela 1 e Gráfico 1).

Gráfico 1: Médias de precipitações mensais em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007.



Fonte: Ceará (2007).

Destaca-se o fato de que, de um mês para outro, a variação média mensal foi aguçada somente no segundo semestre de cada ano. A variação mensal ocorreu do mês de maio até setembro. Neste período, a tendência da média mensal do volume de chuva apresentou redução em cerca de 50%, ou seja, pela metade, chegando a ausência de chuvas no mês de setembro (Tabela 1 e Gráfico 1).

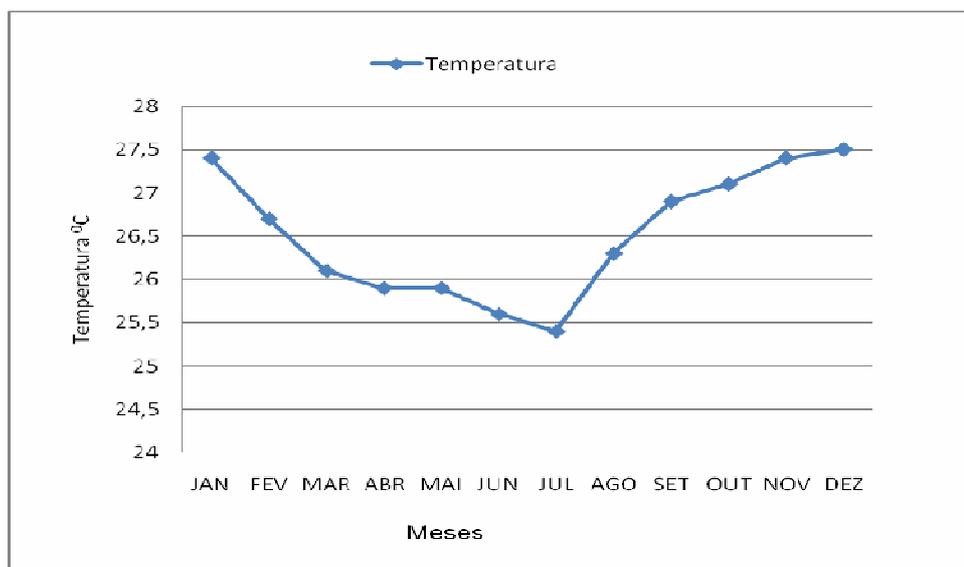
Provavelmente, o excedente hídrico poderá ocorrer, dependendo do comportamento climático do ano, entre os meses de março a maio

(período chuvoso) e o déficit hídrico entre os meses de julho a dezembro. Isto evidencia a sazonalidade das águas superficiais e subsuperficiais, indicando assim os melhores períodos para a realização, dentre outras atividades, das práticas agrícolas.

Os dados de temperatura foram obtidos com o *software* de Sales e Oliveira (1985) com a inserção dos dados de longitude, latitude e altitude do posto pluviométrico de Ibicuitinga.

Esta se manteve ao longo dos meses elevada com médias térmicas de 26,5^oC ao longo do ano. As variações foram de até 2^oC com máximas de 27,5^oC em dezembro e mínimas de 25,4^oC no mês de julho (Tabela 1 e Gráfico 2).

Gráfico 2: Médias mensais de temperatura em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007.



Fonte: Ceará (2007) e Sales e Oliveira (1985).

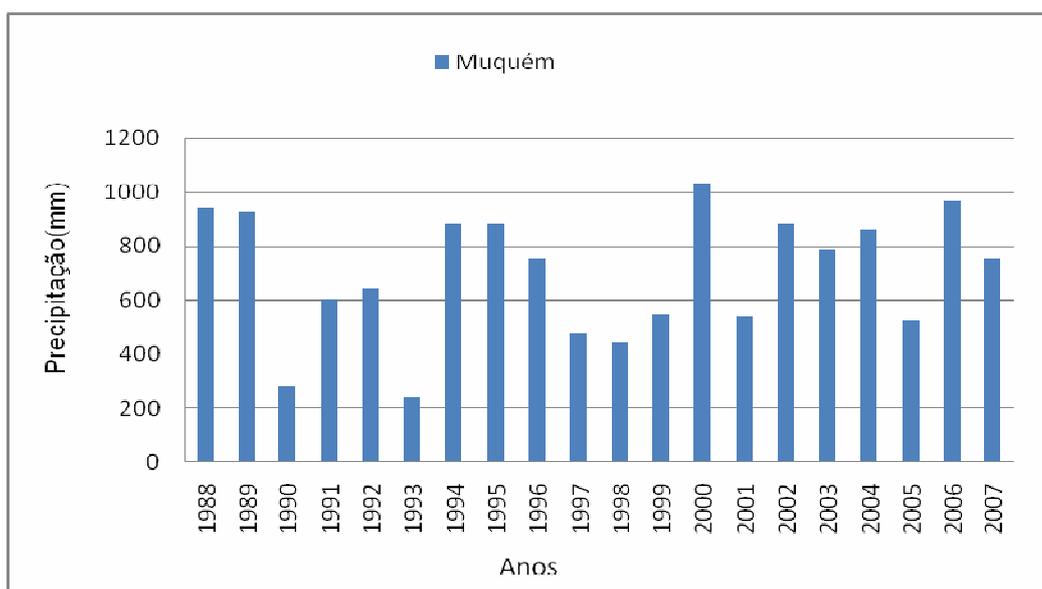
O comportamento dos volumes totais anuais das precipitações, encontra-se destacado na Tabela 2 e no Gráfico 3.

Tabela 2: Totais anuais das precipitações em Muquém (Posto Ibicuitinga – CE) na série histórica de 1988-2007.

Anos	Totais de precipitação (mm)
1988	941,5
1989	923,7
1990	278,3
1991	602,9
1992	642
1993	241,3
1994	879,9
1995	885,8
1996	753,6
1997	477,4
1998	442,8
1999	552,6
2000	1.032
2001	539,1
2002	882,2
2003	783,6
2004	860,4
2005	523,6
2006	965,8
2007	752,9
Média Anual	696

Fonte: Ceará (2007) e Brasil (1994).

Gráfico 3: Totais anuais de precipitação na microbacia Muquém no período 1988-2007



Fonte: Ceará (2007) e Brasil (1994).

Os totais anuais de chuvas demonstram médias de 696 mm (19 anos) por ano e são inferiores à média anual da sub-bacia do baixo Jaguaribe, que foi de 764 mm (30 anos).

Ocorreram, porém, variações interanuais. Os anos mais chuvosos, mais de 950 mm, foram os de 2000 e 2006, seguidos de anos considerados chuvosos que foram 1988, 1989, 1994, 1995, 2002 e 2004. Já os anos classificados como muito secos, os quais expressam valores de menos de 500 mm anuais, ocorreram respectivamente em 1990, 1993, 1997 e 1998 (Tabela 2 e Gráfico 3).

Com base nos aspectos aqui considerados decorridos sobre a série histórica de precipitação (1988-2007), foram sintetizados os dados climatológicos da microbacia de Muquém na Tabela 3.

Tabela 3: Dados climatológicos da microbacia de Muquém referente ao posto Ibicuitinga.

Características climáticas	Índices obtidos
Regime climático	100% semiárido
Temperatura média anual	26,5 ^o C
Temperatura média mensal máxima	27, 5 ^o C
Temperatura média mensal mínima	25,4 ^o C
Precipitação média anual	696 mm
Precipitação média mensal	58,6 mm

Fonte: Ceará (2007), Sales e Oliveira (1985).

A dinâmica climática desta microbacia influencia nas características dos recursos hídricos. Esta relação entre clima e recursos hídricos foi expressa por Santos (2006, p.70):

As características do escoamento e do potencial hídrico superficial e subterrâneo são dependentes das condições climáticas. (...) As condições climáticas têm influências diretas sobre os recursos hídricos, principalmente por meio das chuvas, à medida que elas são a principal fonte de

suprimento aos mananciais e modificam de modo temporário a quantidade de água disponível na superfície e em subsuperfície.

Além do clima, outros atributos naturais, como as condições geológicas e geomorfológicas, influenciam na disponibilidade de água e na dinâmica dos mananciais intermitentes, que compõem a microbacia em tela.

As áreas de drenagens e a dinâmica dos recursos hídricos de Muquém foram aqui delineadas com base no levantamento das potencialidades e limitações existentes em sua planície fluvial.

As potencialidades hídricas em termos de canais fluviais, corpos d'água superficiais e reservas subsuperficiais se diversificam e concorrem para a transformação e armazenamento da oferta da água em reservatórios.

A potencialidade, para Gondim Filho (1994), representa a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, em seu estado natural, o que praticamente se torna difícil mensurar precisamente na área em foco, em decorrência das interferências humanas nos mananciais.

Ante o exposto, foi considerado, com base no referido autor, que uma parcela das potencialidades naturais constitui as ofertas hídricas que foram aos poucos sendo transformadas em disponibilidade pela ação humana, por meio da construção de barragens, poços, entre outros. Estes reservatórios se tornaram reservas hídricas que atendem as necessidades ou demandas das comunidades rurais.

A potencialidade hídrica da microbacia de Muquém pode ser visualizada na Tabela 4, que mostra dados sobre canais fluviais, corpos d'água e suas áreas de abrangência.

Tabela 4: Áreas de abrangência dos canais fluviais e dos corpos d'água que compõem a microbacia de Muquém

Microbacia	Área (Km ²) (A)	Corpos Hídricos (Km ²) (B)	Relação (B/A)	Planície fluvial (Km ²) (C)	Rio principal (Km) (D)	Relação (C/A)	Numero de canais
Muquém	60.143	0, 53	0.8%	4, 3167	12, 235	20%	16

Fonte: Dados obtidos com os softwares Arcgis 9x, a partir da cartografia já disponível ou elaborada pelo Programa Vigilantes das Águas e adaptado de Christofolletti (1980).

Na ânsia de atender as necessidades de suas demandas por água as populações que habitam áreas rurais do semiárido cearense, comumente, se utilizam das águas ditas superficiais, com a construção de reservatórios, como, por exemplo, os barreiros, que captam e acumulam as águas dos rios.

Sobre este assunto, Vieira e Filho (2006) anota que a disponibilidade hídrica superficial no ambiente da semiaridez é encontrada nos reservatórios porque estes proporcionam a regularização interanual dos deflúvios naturais (que é o armazenamento deficiente) e propiciam a disponibilização de volumes anuais constantes a um determinado nível de garantia.

Em Muquém, a distribuição dos principais reservatórios de superfície e suas respectivas áreas de abrangência pode ser consultada na Tabela 5.

Tabela 5: Distribuição dos principais reservatórios de superfície e área dos terrenos alagados da microbacia Muquém

Microbacia	Corpos hídricos	Área (ha)	Área (km²)	Tipos de usos
Muquém	Açude Muquém	34.9	0.34	Abastecimento múltiplo
	Demais reservatórios de superfície	19.7	0.19	Dessedentação animal pecuária, irrigação e agricultura.
	Total	44.6	0.53	

Fonte: Mapas básicos do Programa Vigilantes das Águas.

A maior disponibilidade hídrica superficial acumulada da microbacia é representada, de acordo com a Tabela 5, pelo açude Muquém, com área de 0.3km² (Figura 12), o qual atende, ainda que minimamente, as diversas demandas de uso das comunidades de Muquém e Jardim, pois não se tem estação de tratamento de água e esgoto e nem se tem volume de água suficiente para as demandas durante todo o ano.

Este reservatório superficial, conforme Ceará, (2004), foi construído em 2000, e tem capacidade de até 47.643.000m³. A capacidade acumulada no ano 2000 foi de 59,29%, ou seja, 10.413.400.000m³.

Foi identificado um barreiro que supre somente as demandas das lavouras e do consumo animal da propriedade rural no qual está inserido (Figura 13). Esse, juntamente com outros reservatórios de superfície mapeados ocupam cerca de 0.5km², ou seja, 0,8%, conforme apontam as Tabelas 4 e 5.



Figura 12: Açude Muquém no período seco.
Foto: Programa Vigilantes Globais da Água, 2007.



Figura 13: Pequeno barreiro particular em Muquém.
Foto: AIRES, R. Março de 2008.

Outro tipo de reserva de água são as cisternas de placa, que aparecem na região semiárida como mais uma opção de abastecimento hídrico para suas populações. A cisterna, segundo ASA Brasil (2008), é um reservatório de superfície fechado, de formato cilíndrico, com profundidade variável que serve para armazenar água coletada captada de telhados para consumo humano e animal. Ela coleta e armazena água da chuva e dos telhados para uso humano e animal, o que se torna fonte primária ou suplementar de abastecimento das populações do semiárido nordestino com a implantação do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Este tem como principal objetivo fornecer água potável para um milhão de famílias.

De acordo com o ASA Brasil (2008), a cisterna é composta pelo tanque de armazenamento, que é o reservatório, e pela área de captação que é o telhado. O volume acumulado se dá em função das chuvas anuais. O tempo entre o armazenamento e o consumo *per capita* de água varia conforme a quantidade de usuários. Se cada usuário consumir 14 litros/dia para beber cozinhar e higiene bucal, para uma família de cinco pessoas durante oito meses de estio, o consumo chegará a 16.000 litros, ou seja, a capacidade total de armazenamento da cisterna. Nas comunidades de Muquém e Jardim, foi detectada a existência de 100 cisternas (Figuras 14 e 15).

Estes reservatórios foram construídos comunitariamente pela população local e a Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte, nos moldes das cisternas do programa governamental citado.

As cisternas constituem fonte de abastecimento que garante para as famílias, no período seco, uma reserva hídrica de fácil acesso, porém de potabilidade variável e muitas vezes inadequada.

Sobre este assunto, Brito *et. al.* (2006) afirmam ser a cisterna um reservatório importante que garante o acesso a água sem que as famílias

percorram longas distâncias em busca de água; entretanto, o manejo dessas cisternas pode ser determinante para garantir a qualidade da água no consumo, o que demanda, portanto, assistência técnica para qualificação dos usuários deste equipamento ou orientação.



Figuras 14 e 15: Casa com cisterna de placa em Muquém..
Foto: AIRES, R. Março de 2008

A contaminação dessa água pode ocorrer de formas formas diversas como: pelas primeiras chuvas que captam as sujeiras do telhado, por vasilhas sujas e animais que entram em contato com as cisternas e por água de origem duvidosa trazida pelos carros-pipa e depositada ali..

A respeito, Brito *et. al.*, (2006) realizaram um levantamento da disponibilidade e da qualidade da água de cisternas em municípios do semi-árido brasileiro, na busca de recomendar medidas de manejo da água e melhoria de sua qualidade, com redução dos índices de doenças. Esse estudo revelou que a qualidade da água das cisternas deve ser monitorada de forma sistemática e há necessidade de capacitar agentes que atuam nas comunidades, como também as famílias beneficiárias das cisternas sobre técnicas de tratamento da água.

Na microbacia Muquém, os moradores das comunidades usuários da água de cisternas foram capacitados pela Cáritas Diocesana de Limoeiro do Norte para realizar em seus reservatórios o tratamento da água com o uso de cloro. O que nos leva a inferir que não basta só a existência de cisternas nas comunidades, porém estas devem, por sua vez, estar adequada à captação e com água de boa qualidade.

As potencialidades naturais de águas superficiais e subsuperficiais em Muquém variam em função das características geológicas dos terrenos drenados pela planície fluvial, bem como pela renovação de chuvas.

A potencialidade natural subsuperficial da microbacia é aqui representada pela quantidade e pela disponibilidade de água que os poços instalados possuem, segundo a estimativa municipal e conforme os dados de Ceará (1998a). As águas subterrâneas na região semiárida originam reservatórios subsuperficiais que, conforme Nascimento (2006 p. 189) “encontram-se mais bem protegidas, com uma parcela de perda hídrica consideravelmente menor do que aquela perdida por mananciais de superfície.”

As potencialidades hídricas subsuperficiais na microbacia se diferenciam em função de dois fatores, que são os tipos de aquífero e a quantidade de água.

A Tabela 6 revela a potencialidade de água subsuperficial de acordo com a distribuição dos poços nas áreas drenadas de Muquém para o ano de 1998.

Tabela 6: Localização, quantidade e tipo de uso dos poços cadastrados na área da microbacia Muquém

Localidade	Latitude	Longitude	Situação	Tipo de uso
Tamanduá	045504	383348	Equipado	abastecimento múltiplo
Pedra Branca	045321	383414	não instalado	abastecimento doméstico
Sítio Melâncias	045523	383413	Seco	não consta
Sítio Jardim	045357	383237	não consta	não consta
Timbaúbas	045133	383328	Equipado	abastecimento múltiplo

Fonte: Ceará (1998a).

Os poços inseridos na delimitação de Muquém, conforme os dados de Ceará (1998a), pertencem ao cadastro dos Municípios de Morada Nova (01 poço) e Ibicuitinga (quatro poços).

A estimativa da disponibilidade de água subterrânea instalada no Município de Ibicuitinga com base nesses levantamentos é de 23,8 m³/h, que poderá chegar a um aumento da ordem de 20,4 m³/h em relação à atual oferta d'água subterrânea, caso todos os poços efetivamente funcionarem.

Com base nos levantamentos de Ceará (1998a), ressalta-se que os poços servem para o abastecimento múltiplo, que, por excelência, constitui usos consuntivos (abastecimento humano e industrial, irrigação, dessedentação animal) e nãoconsuntivos (recreação, pesca e navegação). Cabe a ressalva de que, possivelmente, os usos das águas dos poços instalados na área da microbacia, atualmente, mudaram em virtude de outras reservas hídricas como as cisternas e os açudes.

Percebeu-se que existe disponibilidade hídrica subsuperficial inexpressiva em virtude de apenas dois reservatórios subsuperficiais (poços), cadastrados e equipados (Tabela 6).

Os poços que estão habilitados ao uso são o poço Timbaúbas, que pertence ao Município de Morada Nova, e o poço Tamanduá, próximo às comunidades rurais de Muquém e Jardim. Somente estes poços podem ser utilizados, pois estão equipados para o abastecimento dessas comunidades (Tabela 6).

Segundo os moradores das localidades, no entanto, nenhum desses poços está sendo utilizado e se encontram abandonados. O poço Tamanduá está abandonado porque sua água está salinizada e o dessalinizador instalado está quebrado. O poço Timbaúbas fica na área de drenagem do riacho Timbaúbas e não se tem informações sobre o funcionamento e os tipos de uso desse poço particular.

O único poço que ainda funcionava para abastecimento era o de Pedra Branca, apesar de constar no cadastro de Ceará (1998a) como não

instalado. Este poço se localiza na outra margem do rio Palhano, mas precisamente em um sítio construído na vertente das serras Palhano e, em virtude do difícil acesso, foi abandonado pelos usuários de água.

As condições hidroclimáticas apresentadas influenciam diretamente na distribuição dos solos da cobertura vegetal, nas formas de ocupação e na ocorrência de problemas de degradação ambiental nos sistemas ambientais de Muquém. Estes aspectos são caracterizados a seguir.

Depressão Sertaneja

A identificação e a caracterização dos subsistemas ambientais que integram a depressão Sertaneja de Muquém obedeceram aos intervalos de porcentagem de inclinação de seus terrenos e sua nomenclatura foi definida com base em Ceará (2006a) e Brandão (2003), conforme Lemos e Santos (1996) *apud* Penteado (1996).

Os subsistemas ambientais que compõem a depressão Sertaneja de Muquém são as superfícies de pedimentação aplainada, as superfícies de pedimentação dissecada e as superfícies de pedimentação levemente ondulada.

As superfícies de aplainamento da microbacia em causa, conforme Souza *et. al.* (2002), são formadas por vários litotipos do complexo cristalino. Os litotipos que as compõem são rochas gnáissicas, além de migmatitos de procedência diversa, quartizitos e micaxistos em diferentes graus de metamorfismo. Estas rochas se apresentam com diferentes graus de deformação e constituem as superfícies conservadas ou eventualmente dissecadas. Isto conduz a se inferir que tais superfícies foram elaboradas a partir dos processos de morfogênese mecânica o que, por sua vez, resultou na sua morfodinâmica atual.

Considerando-se tais terrenos, há-se que a hidrografia se apresenta com rios de regime intermitente sazonal e com padrão de escoamento dendrítico.

Conforme mencionando no item 3.1, nas superfícies sertanejas da sub-bacia do baixo Jaguaribe, o maior potencial de águas subterrâneas é encontrado nas proximidades dos leitos fluviais, chegando a atingir vazão de 2,3m³/h nos poços instalados.

Reflexos desse contexto regional, os reservatórios subsuperficiais localizados nas áreas da depressão Sertaneja de Muquém são aleatórios, descontínuos, de pequena profundidade e estão abandonados. Suas vazões são comumente pequenas e a água acumulada, algumas vezes, se torna salobra em função da falta de circulação, das propriedades das rochas que os comporta, que podem ser ricas em sais como sódio e magnésio, associados a elevada evaporação.

Quanto ao potencial de água superficial acumulada, foram identificados somente um reservatório público, denominado de Muquém, alguns barreiros particulares e as áreas de inundação sazonal, que ocupam restritas porções de terra distribuídas de forma esparsa ao longo das áreas da microbacia, o que justifica sua difícil identificação e mapeamento.

O subsistema ambiental das superfícies de pedimentação aplainadas possui declive variando entre 1% a 3% em direção aos fundos de vales, abrangendo somente cerca de 4,7 km² da área total da microbacia (Figuras 16, 17 e 18).

As superfícies de pedimentação levemente ondulada (pediplanos) são compostas por colinas de declives suaves, oscilando entre 3% a 8%. Estas superfícies são mais colinosas, se comparadas às demais superfícies, e apresentam níveis altimétricos de até 250 metros. Ocupam vastas porções de terra, abrangendo 15,5km² da área total da microbacia, entrecortando os Municípios de Ibicuitinga e Morada Nova.

É possível afirmar que a microbacia Muquém foi a que mais apresentou formas dissecadas em meio aos níveis rebaixados e levemente ondulados bem definidos. Ademais, as superfícies sertanejas distribuídas de maneira dispersa e descontínua resultam em um mosaico de interação dos ambientes que configuram suas extensas áreas de transição, entre os

tabuleiros interiores e a depressão Sertaneja, totalizando 2,3km² da área total de Muquém. Nestas áreas transicionais há, também, a comunidade rural de Jardim.



Figura 16: Superfícies de pedimentação aplainada em Muquém. Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.



Figura 17: Superfícies de pedimentação em Muquém. Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.



Figura 18: Superfícies de pedimentação aplainada em Muquém, recobertas por caatingas arbustivas. Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.

Compondo os fatores de exploração biológica dessas superfícies, foi observada a presença de uma variação de classes de solos associados aos afloramentos rochosos frequentes. São destacados os neossolos litólicos como típicos das condições pedológicas dessas superfícies.

Estes solos são encontrados em porções diferenciadas das superfícies de pedimentação sertaneja e do maciço residual, ocupando assim áreas consideráveis em Muquém. Estão revestidos por uma mata de caatingas arbustivas e gramíneas distribuídas esparsamente. Ademais, frequentemente, estão associados aos planossolos e aos argissolos vermelho-amarelo eutróficos, ocupando relevos do tipo levemente ondulado.

Estruturalmente, estes solos são pouco desenvolvidos, têm profundidades de rasa a muito rasa e permeabilidade baixa. São susceptíveis à erosão em decorrência de sua pouca espessura, de afloramentos rochosos e da pedregosidade em sua superfície, o que limita sobremaneira o seu uso agrícola.

As superfícies de pedimentação dissecadas (pedimentos) possuem rampas, colinas ou morros residuais com declives de 3% a 8% e caimento para os fundos de vales, alcançando níveis altimétricos de até 200m e ocupando cerca de 7,9km² da microbacia.

Representa um depósito coluvionar que foi originado a partir da mobilização, por gravidade, de sedimentos das vertentes. Este subsistema ambiental se localiza nas adjacências das vertentes das serras Palhano e tem condições de solo e vegetação semelhantes aos dessas vertentes. Por esse motivo, são recobertas por solos de caráter arenoso, como os argissolos vermelho-amarelo distrófico associados aos argissolos vermelho-amarelo eutrófico, aos planossolos e neossolos flúvicos.

Os argissolos vermelho-amarelo distrófico e eutrófico têm distribuição variada, ocupando desde relevos planos até montanhosos. Ocorrem nas superfícies de pedimentação dissecada e levemente-onduladas,

comportando uma vegetação em alguns setores de caatingas arbustivas densas parcialmente conservadas.

Os planossolos abrangem porções significativas das superfícies de pedimentação aplainadas, levemente onduladas e dissecadas, além de porções da planície fluvial e das suas áreas de inundação sazonal. São solos de moderadamente rasos a moderadamente profundos e com drenagem imperfeita, o que agrava os problemas derivados do excesso ou da deficiência de água com o encharcamento no período chuvoso e os ressecamentos e fendilhamentos no período seco.

Outras limitações foram identificadas, como a baixa permeabilidade e a elevada susceptibilidade à erosão, pois suas condições físicas não favorecem a penetração de raízes, suportando, por sua vez, uma vegetação de caatingas com estrato arbustivo aberta ou densa e exíguos exemplares de Caatinga Arbórea.

Por fim, são destacados os afloramentos de rochas de várias origens e formatos, expondo o substrato cristalino do grupo Ceará. São blocos e/ou fragmentos rochosos e não se configuram como sendo classe de solo, porque não chegam a formar horizontes ou camadas e não se apresentam favoráveis ao uso agrícola, sendo indicada a atividade da mineração ou conservação e pesquisa científica.

Distribuem-se ao longo das depressões sertanejas, ocupando tanto áreas planas como áreas onduladas, aparecendo de forma rarefeita na microbacia Muquém (Figura 19).



Figura 19: Presença de afloramentos rochosos no leito fluvial do riacho Timbaúbas. Foto: AIRES, R. Setembro de 2007.

Foi notado que, dessas condições pedológicas sertanejas, emerge o recobrimento vegetal das caatingas. Estas exibem dois padrões fisionômicos que correspondem aos períodos de chuvoso e de estio. Na época chuvosa, resguardam o verde intenso em seus arbustos (Figura 20), enquanto no período de estiagem exibem ramos secos e intrincados, assim visualizados na Figura 21

Quanto aos estratos, podem ser o arbóreo (entre 8-12 metros de altura) ou o arbustivo (de 2 a 5 metros de altura). Em Muquém, configuram-se exíguos exemplares de caatingas de estrato arbóreo nas superfícies pedimentadas dissecadas e levemente onduladas, e de porte arbustivo aberto e esparso nas superfícies pedimentadas aplainadas, conforme visto nas Figuras 21 e 22.



Figura 20: Presença de cactáceas compondo as Caatingas Arbustivas de Muquém. Foto: MIRANDA. S. Marco de



Figura 21: Caatingas arbustivas densas no período seco. Foto: AIRES, R. dezembro de 2008.



Figura 22: Remanescente de caatingas arbóreas em Muquém.
Foto: AIRES, R. Março de 2008.

Os solos que recobrem as superfícies mencionadas são aproveitados com lavouras de subsistência e pastagens para a pecuária extensiva, as quais são realizadas sem apoio governamental nem preocupação com as limitações de uso desse solo, o que afeta seus horizontes superficiais com os processos erosivos intensos.

A estrutura fundiária é concentradora, sendo a maior parte das terras pertencentes a dois fazendeiros. As fazendas e as pequenas propriedades são separadas por cercas ao longo do rio, o que, provavelmente, enseja alguns conflitos por terra e água.

Já a criação de animais é representada, principalmente, por bovinos, aves, suínos, caprinos e abelhas. As lavouras identificadas nas propriedades rurais são compostas por cultivos temporários de subsistência, como feijão-de-corda (*Vigna sinensis*), milho (*Lea mais*) e forragem para o gado.

Tais cultivos recebem poucos investimentos de capital e adotam práticas de baixo nível tecnológico, em função da assistência técnica estatal inexistente. Em decorrência, a produção e a produtividade da agricultura são baixas. O milho e o feijão representam os principais produtos e abastecem as próprias comunidades

Outras práticas ensejam a degradação ambiental das terras nesta microbacia como o desmatamento seguido da queimada, que tem o objetivo de limpar os solos. Tais práticas, no entanto, tornam os solos mais vulneráveis aos processos erosivos, desprotegidos e pouco férteis, já que, com a remoção da vegetação, os horizontes superficiais e a matéria orgânica são retirados ou alterados (Figura 23).



Figura 23: Prática de queimadas e desmatamentos em Muquém.
Foto: AIRES, R. Outubro de 2008.

Sobre este assunto, Nascimento (2003) acrescenta que os desmatamentos desordenados acarretam processos como ablação dos horizontes orgânicos, empobrecimento bioquímico dos solos, intensificando assim o assoreamento dos rios e prejudicando a sucessão ecológica.

Sendo assim, o quadro de degradação dos solos em Muquém é tão evidente que existem áreas de solos expostos próximas aos agroecossistemas, o que implica dizer que, se tais práticas perdurarem, a tendência é agravar a situação ambiental das terras da microbacia, ampliando as áreas de solos degradados.

Serras Palhano

São baixos maciços com níveis aguçados e fortes declives oscilando, conforme Penteado (1996), provavelmente entre 20% e 45% (Figura 24). Além disso, possui altitudes oscilando entre 150 - 300m e apresenta uma dimensão de 19,8 km².



Figura 24: Açude Muquém e as serras Palhano.
Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.

Os maciços residuais exibem, de acordo com Souza (2000), os reflexos de eventos tectônico-estruturais remotos, e dependeram do trabalho de erosão diferencial que os destacou na superfície, sendo formados de rochas metamorizadas e variadas do complexo cristalino pré-Cambriano.

As serras Palhano exibem feições dissecadas com superfícies compostas por morros e/ou outeiros em forma convexa. Aparecem inclinadas abruptamente em busca dos fundos de vales, até o contato com a depressão Sertaneja e as manchas de tabuleiros interiores existentes na referida microbacia.

A presença desse maciço poderá proporcionar maior umidade, em virtude de um provável aumento pluviométrico por orografia, o que contribuiria sobremaneira para o acúmulo de água subterrânea nos tabuleiros e para originar as inúmeras nascentes fluviais da microbacia de Muquém.

Este subsistema ambiental apresenta rios de gradiente levemente inclinado e com escoamento superficial torrencial de padrão dendrítico. Convém destacar que as reservas subterrâneas originam algumas nascentes fluviais.

É formado por uma associação de solos composta pelos argissolos vermelho-amarelos nos topos e altas vertentes, pelos neossolos litólicos ao longo das vertentes íngremes e pelos afloramentos rochosos, denotando sua morfo-pedologia. Estes solos estão revestidos por mata seca e por caatingas arbustivas densa apresentando biodiversidade florística e faunística.

Os argissolos vermelho-amarelos distrófico e eutrófico estão sujeitos a certas instabilidades nas encostas e irão compor, associados aos neossolos litólicos, o topo e as vertentes escarpadas das serras Palhano. Estes solos são suscetíveis a erosão e limitados quanto à mecanização em virtude dos fortes declives dos terrenos. São utilizados com culturas de subsistência sendo revestidos por caatingas arbustivas e pela mata seca.

A mata seca ou mata esclerofila é a vegetação típica que reveste os setores mais úmidos das serras Palhano. Esse complexo vegetal, de acordo com Fernandes (2000), ocupa encostas altas das serras e cristas residuais e chegam a alcançar de três a cinco metros de altura. Assim, o sistema ambiental destacado comporta a mata seca, que é uma vegetação heterogênea do ponto de vista fisionômico. É marcada por um complexo florístico de porte arbóreo e denso, que se integra a mata ciliar e às caatingas arbustivas.

A mata seca, no entanto, se distingue das caatingas típicas e da mata ciliar pelas condições ecológicas (mesófilas), pois permanecem com uma vegetação verde na maior parte do ano, em decorrência das condições mais amenas do clima. Apresentam-se pouco densas com plantas de caules retilíneos, esgalhamento alto e folhas pequenas.

Segundo Fernandes e Bezerra (1990 p.176), é “uma vegetação natural, caracterizada por uma composição florística que não costumam ocorrer nas áreas das caatingas.” Sua flora, portanto, é similar à categoria de vegetação xérica como sendo do tipo *arboreto climático-estacional-caducifólio-mesomórfico/não espinhoso*.

A mata seca é descaracterizada pelos constantes desmatamentos realizados nas encostas dessas vertentes para o aproveitamento agrícola dos solos e extrativismo vegetal.

As lavouras temporárias e permanentes ocorrem em pequenas glebas ou em pequenos sítios e são as formas de uso e ocupação encontradas.

O extrativismo vegetal é representado em ordem de importância pela extração da *Copernícia prunifera* (carnaúba), seguida de outras espécies da caatinga e da mata seca, ocorrendo em alguns setores das serras Palhano e da planície fluvial, nas quais a mata é mais densa. Em alguns setores, é encontrado o estrato arbóreo. A extração vegetal tem a finalidade de suprir somente a demanda local.

A extração de lenha ocorre para uso na construção civil, com a finalidade de dar suporte a telhados das casas, servindo de caibros, ripas e linhas, para a montagem de cercas e para combustível nos fogões das residências.

A matéria-prima provida das carnaúbas é diversa desde o caule, o troco, o talo, a cera a palha, o fruto e o pó. Todos esses elementos podem ser aproveitados pelas populações. Os mais utilizados em Muquém e adjacências são: os frutos como fontes de alimentos para pessoas e animais no período de estiagem; a madeira para as cercas e para fogueiras; e a sua palha que é matéria-prima na confecção de utensílios como chapéus, vassouras e espanadores.

Cabe sublinhar, entretanto, que a extração de lenha e da madeira são seguidas do manejo incorreto da mata seca, caatingas e carnaubais. Entre as práticas, incluem-se a inserção de espécies exógenas a esses ambientes, bem como as queimadas e os desmatamentos descontrolados.

Tais práticas podem ensejar a perda total das espécies vegetais nativas, a fuga de espécies da fauna, além de deixar os solos desprotegidos e alterados quimicamente.

Vale salientar que, de acordo com Brasil (1997), a Lei n° 7.803, de 18/07/1989, no seu art. 2°, inclui as formações vegetais das margens dos rios, lagoas, lagos ou reservatórios naturais ou artificiais, como constituintes de áreas de proteção ambiental (APP's).

No caso de Muquém, há degradação dessas áreas, uma vez que as espécies se tornaram restritas, tanto nas margens fluviais quanto nos sertões, e sinalizam prejuízos nas áreas mais conservadas das serras Palhano. Isto evidencia o extrativismo vegetal predatório e o descumprimento legal de proteção às formações vegetais nestas áreas.

Cabe destacar que tais práticas ocorrem em função de vários fatores, desde a ausência da fiscalização do manejo das formações vegetais, passando por condições socioeconômicas de problemáticas das populações

que concorrem para a inexistência de posicionamentos éticas com a devida consciência ambiental.

Tabuleiros interiores

Sobre a origem dos glaciais de acumulação interiores, Brasil (1967) destaca:

[...] este depósito é do tipo aluvial, foi desenvolvido nos arredores da Fazenda Faceira. Após uma transgressão (início do Quaternário), os rios depositaram e atingiram seus níveis de base originando vastos depósitos aluviais, sendo este um testemunho, poupado pelas fases erosivas posteriores” (BRASIL 1967 p.175).

Os tabuleiros Interiores da formação Faceiras recobrem planícies fluviais, áreas de acumulação inundáveis e terraços fluviais presentes de maneira descontínua e paralelamente à margem esquerda dos rios Jaguaribe e Banabuiú.

Foi verificado que esta unidade geoambiental é fruto de uma ação fluvial que realizou deposições aluviais de forma descontínua, e, quiçá, deposições coluviais por forças gravitacionais, o que justifica as manchas dispersas e significativas desses terrenos em meio às áreas de depressão Sertaneja da microbacia de Muquém, que totalizam 5,6km² de área.

São caracterizadas, segundo Souza (2002), Brasil (1967) e Ceará (1996), por ter em natureza argilo-arenosa, sendo pouco consolidadas e com topografia suave com fácies configuradas em rampas de acumulação.

A hidrografia, nesse subsistema ambiental, é marcada pelos rios de regime intermitente sazonal, com padrão de drenagem, quanto à geometria, subdendrítico e paralelo. Em relação às águas subsuperficiais, cabe destacar a presença de reserva de água explotável.

Esta potencialidade natural de água subsuperficial em Muquém, provavelmente, é significativa porque os tabuleiros interiores contêm solos

porosos e permeáveis. Nesses terrenos, pode-se considerar que o potencial hidrogeológico existe e a água permanece disponível por mais tempo na zona de recarga.

O material que compõe os solos deste ambiente são as coberturas colúvio-aluviais compostas por argilas e areias que originam os argissolos vermelho-amarelo distróficos e estes podem aparecer associados aos planossolos, neossolos litólicos e neossolos flúvicos.

Convém ressaltar que as manchas de argissolos vermelho-amarelo distróficos encontrados são depósitos de textura que variam de média a argilosa, apresentam certa umidade em função da drenagem moderada ou imperfeita e uma coloração com tons avermelhados.

Os argissolos vermelho-amarelo distróficos, portanto, possuem porosidade e permeabilidade que permitem a infiltração da água, o desenvolvimento de nutrientes e matéria orgânica nos seus horizontes superficiais. Em decorrência, os solos normalmente são de profundos a muito profundos e férteis que desenvolvem uma zona de recarga significativa.

Conforme levantamentos de Barreto (2002), Souza *et. al.* (2002), Fernandes (2000) e Ceará (2008), as caatingas de porte arbustivo recobrem os solos dos tabuleiros interiores estudados (Figura 25). Embora haja semelhança dessa feição geomorfológica com os tabuleiros pré-litorâneos, os tabuleiros interiores destacados não apresentaram espécimes típicas do cerrado nem vegetação litorânea, mas somente caatingas.

Estes solos são vulneráveis aos efeitos da lixiviação e da acidez, necessitando de fertilizantes para correções. E, dadas, as condições de fertilidade, a sua produtividade pode ser baixa, apesar de ser favorável à mecanização.

Os argissolos vermelho-amarelos distróficos abrangem as porções de terras esparsas na feição geomorfológica dos tabuleiros interiores de Muquém, apresentando um perfil significativo, conforme mostrado na Figura 26.



Figura 25: Argissolos vermelho-amarelos distróficos recobertos por caatingas arbustivas. Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.



Figura 26: Argissolos vermelho-amarelos distróficos de textura areno-argilosa-Muquém. Foto: AIRES, R. Setembro de 2008.

A espécie predominante de tabuleiros encontrada na área de estudo é representada pela vegetação denominada de *Anarcadium occidentale* (cajueiros), que foi plantada e constitui as lavouras permanentes identificadas nesta microbacia (Figura 27 e 28), ao tempo em que se adaptarem bem às condições do solo ao substituírem as caatingas desmatadas.

A presença dos cajueiros é, portanto, visível e significativa na área dos argissolos vermelho-amarelos distróficos que compõem os tabuleiros interiores evidenciados.

Em geral, os tabuleiros interiores constituem terrenos com diversidade de usos, e são aproveitados com as lavouras temporárias e permanentes, o extrativismo vegetal, a pecuária, pastagens naturais, instalação do núcleo rural da comunidade de Muquém; além disso concentram três poços subterrâneos.



Figuras 27 e 28: Cultura consorciada de feijão e cajueiros nas áreas de tabuleiros interiores de Muquém.
Foto: AIRES, R. Outubro de 2008.

Planície fluvial do rio Palhano

São depósitos de acumulação holocênicos compostos por sedimentos aluviais com areias mal selecionadas incluindo siltes, argilas e cascalhos.

Apresentam relevo plano em faixas de aluviões recentes compostas de inúmeras ramificações hídricas que constituem seus canais de 1^a, 2^a e 3^a ordens de regime intermitente sazonal, com padrão de drenagem dendrítico, além da presença de aquíferos restritos as áreas aluviais.

Nas áreas de inundação sazonal que bordejam esta planície, são encontrados sedimentos coluviais areno-argilosos moderadamente mal selecionados. São terrenos aplainados com ou sem cobertura arenosa sujeita a inundações periódicas.

A planície fluvial do rio Palhano ocupa cerca de 20%, ou seja, aproximadamente 5km² da área total da microbacia, ficando os outros 55km², ou seja, 80% de área ocupada pelos maciços residuais, as superfícies de pedimentação sertaneja, os tabuleiros e as faixas de transição (Figura 29).



Figura 29: Planície fluvial do rio Palhano. Vegetação existente em suas margens parcialmente conservada.
Foto: AIRES, R. Março de 2008.

Constitui o sistema ambiental mais importante porque é a partir do seu estudo que se pode inferir sobre o aporte dos recursos naturais, especialmente o componente hídrico, e de como estes são utilizados.

A bem da verdade, os usos múltiplos desta planície ocorrem porque esta resguarda inúmeras potencialidades, como solos férteis e oferta de água. Seus cursos d'água banham comunidades rurais que realizam os usos múltiplos de suas águas e, ao mesmo tempo, podem ocasionar os problemas de degradação ambiental.

Caracterizam-se por conter barreiros e reservatórios públicos, de pequena abrangência, que ocupam somente 0.5 km², isto é, 0.8% da microbacia de acordo com o mapeamento realizado. O principal reservatório superficial é o açude Muquém.

Em virtude da ocorrência dos problemas de degradação ambiental advindos dos usos da terra realizados as suas margens, este ambiente é alvo de monitoramentos da qualidade de água realizados pelo Programa Vigilantes Globais das Águas, desde o ano de 2005.

Os solos predominantes nesta planície são os neossolos flúvicos, associados aos argissolos vermelho-amarelo distróficos e eutrófico além dos planossolos. Estes solos são revestidos por caatingas arbustivas e remanescentes de matas ciliares em alguns setores desta unidade.

Os neossolos flúvicos, ao longo da planície fluvial do rio Palhano e em áreas de acumulação sazonais, são constituídos por sedimentos recentes não consolidados, de granulometria diversa, e são recobertos por uma mata ciliar galeria ou ribeirinha, representada, principalmente, por *Copernicia prunifera* (carnaúbas).

A estrutura desse solo, quando preservada, oferece condições ao pleno desenvolvimento das plantas, haja vista a presença de nutrientes em sua camada superficial e sua profundidade. Portanto, os neossolos flúvicos possuem grande potencial agrícola e alta fertilidade natural.

Sua limitação ocorre no período chuvoso em razão do esgotamento do coeficiente de capacidade de campo, o que enseja a sua erodibilidade e, muitas vezes, o torna susceptível a contaminação com defensivos agrícolas.

A unidade geoambiental da planície fluvial deveria ser recoberta por uma mata ciliar conservada, no entanto, essa mata apresenta diferentes padrões e estados de conservação, uma vez que as áreas marginais da planície fluvial são utilizadas com atividades que promovem a remoção das espécies vegetais típicas das margens fluviais, resultando assim na dispersa presença das *Copernicia prunifera* (carnaúbas) associadas às caatingas de estrato arbustivo denso e aberto.

Segundo Barreto (2002), essa remoção da vegetação ciliar implica várias consequências ambientais, como a perda dos horizontes superficiais férteis dos solos, a perda de mudas e de sementes, a fuga ou a extinção de espécies animais, além do aumento da erosão nas margens fluviais.

As proximidades da planície fluvial de Muquém são ocupadas com lavouras ou pastagens para os animais, voltados para a subsistência e alimentação das famílias, bem como para a instalação de alguns núcleos rurais. Tais formas de ocupação descumprem a legislação ambiental, pois conforme Brasil (1997), a Lei n° 7803, de 18/07/1989, em seu item “a” do artigo 2°, estabelece que, para os rios de menos de 10m de largura, a proteção as faixas ribeirinhas de florestas e demais formas de vegetação natural devem estar situadas a pelo menos 30m sendo resguardadas como áreas de preservação permanente.

O descumprimento legal observado na microbacia Muquém decorre tanto das condições socioeconômicas precárias das famílias, que veem nos recursos naturais suas principais ou únicas fontes de alimento ou de renda, quanto do fato de essa população não ter acesso a formas sustentáveis de exploração desses recursos e, promovem problemas de degradação ambiental das margens fluviais, sobretudo no que se refere a sua ocupação, a degradação de sua mata ciliar e a poluição das suas águas.

O rio Palhano é o principal curso d'água que drena as comunidades mencionadas. Os usos múltiplos das suas águas podem ser classificados em duas categorias: consuntivos e não consuntivos. O Quadro 1 mostra a distribuição dos usos múltiplos das águas na microbacia Muquém.

Quadro 1: Classificação dos usos múltiplos das águas de Muquém				
Tipos de usos		Subdivisões dos usos		
Consuntivos	Não consuntivos	Competitivos	Complementares	Competitivos vinculados
agricultura, irrigação, pecuária, dessedentação animal, uso de poços, abastecimento humano,	lazer pesca diluição de dejetos	abastecimento doméstico e dessedentação animal	lazer e pesca	irrigação pecuária
		abastecimento e diluição de dejetos		abastecimento e diluição de dejetos

Fonte: Adaptado de Nascimento (2003) e Christofidis (2006).

Os usos múltiplos destacados no Quadro 1 podem ser subdivididos em competitivos, complementares ou ainda competitivos vinculados, conforme apontou Christofidis (2002), indicando, assim, que os tipos de uso da água não podem ser discutidos de forma isolada.

Os usos competitivos caracterizam-se por ocorrer ao mesmo tempo e se rivalizam no consumo da água. Como exemplo, o abastecimento humano e a dessedentação animal, bem como o abastecimento humano e a diluição de dejetos.

Vale ressaltar que o uso para diluição de dejetos constitui um dos principais vetores de poluição hídrica superficial e subsuperficial, haja vista a ausência de saneamento básico da comunidade rural mencionada anteriormente.

No tocante ao abastecimento humano e animal, há competitividade desses usos, que aumentam durante o período seco. Durante as chuvas, o volume maior de água armazenada em reservatórios e em pequenos barreiros garante o suprimento dessas demandas.

Os usos da água voltados para o lazer e a pesca podem ser classificados como usos não consuntivos complementares.

Nos últimos três anos, crescem a visitação à comunidade nos fins de semana e as águas do açude são utilizadas para o lazer (Figura 30). Este fato promove o uso comercial na localidade com a existência de uma mercearia e duas barracas às margens do reservatório. As barracas (Figura 31) atendem a cerca de 50 a 100 clientes com a venda de bebidas e comidas (BRASIL, 2008).

Tais usos provocaram alguns problemas, como a disposição de resíduos sólidos às margens do reservatório Muquém, o que forçou a mobilização dos moradores a fazer campanhas educativas junto aos barraqueiros e aos frequentadores com vistas ao o manejo adequado do reservatório.

Foi retirada pelos moradores mobilizados uma quantidade significativa de resíduos sólidos que se amontoavam às margens do açude, deixados a cada fim de-semana pelos visitantes. Além disso, os moradores colocaram placas educativas voltadas aos usos permitidos no reservatório (Figura 32).

A água armazenada no principal reservatório há pouco citado e nos pequenos barreiros é destinada, ao mesmo tempo, para a irrigação de lavouras e para a pecuária. Estes são os usos consuntivos mais representativos e podem ser classificados como competitivos vinculados (Quadro 2).

Os usos competitivos vinculados, conforme Christofidis (2002), são aqueles usos em que as demandas competem no consumo e estão diretamente relacionados e até mesmo dependentes, pois a captação de água para a irrigação das lavouras e para a pecuária são feitas consorciadas em algumas áreas de Muquém e dependem, de certa forma, da água acumulada nos barramentos (Figura 33).



Figura 33: Usos das margens do reservatório Muquém para pastagem e das águas para dessedentação animal. Foto: AIRES, R. Setembro de 2007.

A criação de animais se dá consorciada com as lavouras. O rebanho é composto de bovinos, aves e suínos, caracterizada por ser uma pecuária extensiva mista. Além da criação desses animais, é desenvolvida também a apicultura.

Os animais são criados às margens do açude Muquém e de pequenos barreiros construídos nas propriedades, o que pode provocar, dentre outros problemas sanitários, a poluição difusa sobre os recursos hídricos.

Esses animais são comercializadas localmente e, dependendo da produção e da procura, podem ser vendidas nas feiras populares da Sede municipal de Ibicuitinga.

Vale ressaltar que o fato de as lavouras estarem consorciadas com a criação de animais motiva os vínculos competitivos desses usos, e por sua vez, ensejam conflitos na finalidade, no modo e na quantidade do consumo de água, podendo ser considerado um dos principais vetores de poluição hídrica das águas superficiais e subsuperficiais de Muquém, seja com dejetos de animais, fertilizantes ou pesticidas utilizados nas lavouras, entre outros.

Considerando que poluição, de acordo Mota (2006 p. 112), “resulta na introdução de resíduos na mesma de modo a torná-la prejudicial ao homem e a outras formas de vida, ou imprópria para determinado uso estabelecido para ela,” afere-se que as práticas de uso da terra na microbacia em destaque se tornam os principais vetores de poluição das águas.

Os monitoramentos realizados pela EMBRAPA junto com os membros da comunidade desde o ano de 2006, detectaram que as águas se tornaram contaminadas, contendo micro-organismos patogênicos ou substâncias químicas causadoras de doenças, oferecendo assim riscos à saúde das populações nas comunidades rurais.

Para ilustrar tais considerações, o quadro 2 sintetiza os principais vetores de poluição das águas superficiais e subterrâneas de Muquém.

Quadro 2: Principais vetores de poluição hídrica da microbacia Muquém

Tipos de poluição	Águas superficiais	Águas subsuperficiais
Pontuais	Efluentes domésticos, comerciais e públicos (posto de saúde e escola)	Infiltração de esgotos através de valas e fossas
Difusas	Resíduos sólidos e chorume	Percolação do chorume
	Águas pluviais com sedimentos, esgotos e resíduos sólidos lançados nos cursos fluviais e lavagem de carros, currais e roupas.	Infiltração de água contendo dejetos de currais, pesticidas, fertilizantes, detergentes, óleos ou graxas

Fonte: Adaptado de Mota (2006).

A contaminação das águas em Muquém provém tanto das fontes circuntanciais de poluição, ou seja, localizadas e representadas pelos esgotos domésticos comerciais e públicos que, possivelmente, se infiltram no lençol freático (Quadro 2), quanto pelas fontes difusas de poluição, que se caracterizam por ser espalhadas e difíceis de detectar ao longo dos cursos d'água, a exemplo: águas do escoamento superficial e subsuperficial, contendo sedimentos, esgotos e resíduos sólidos, dejetos de currais, pesticidas, fertilizantes, detergentes, óleos ou graxas (Quadro 2).

Núcleo rural de Muquém e a prática dos Vigilantes Globais da Água

A população que habita o núcleo rural de Muquém, segundo a associação de moradores, é de 102 pessoas, que compõem 31 famílias. Existe na comunidade um grupo de voluntários com cerca de 20 pessoas que monitora a qualidade da água, atuando em defesa do meio ambiente. Esse grupo são os Vigilantes da Água na microbacia e atuam desde 2005 com o apoio da EMBRAPA/CNPAT, Cáritas e de outras entidades (Figura 34).

Essa população vive em meio às condições de saúde, educação, de saneamento básico e outros serviços que são ofertados pelo Estado, as quais são caracterizadas a seguir. Todas as famílias das comunidades mencionadas têm acesso à rede elétrica e ao telefone público (Figuras 35 e 36). Usufruem do mesmo posto de saúde, da mesma escola e da mesma capela, que é também a sede da associação dos moradores (Figuras 38 e 39).

Cabe sublinhar, entretanto, que a infraestrutura de saúde e a educação ofertada pelo Estado não atendem todas as demandas das comunidades mencionadas, sendo necessário buscar atendimento de saúde na Sede municipal, registrando-se também, a ausência de vagas em escolas próximas à comunidade; sem contar com o fato de que apenas um telefone público instalado não atende as demandas, sendo necessária a instalação de outros aparelhos públicos.

Há dois agentes de saúde que cadastraram e realizam o acompanhamento das famílias. Segundo os agentes de saúde, quase todas as famílias têm o cartão-cidadão e são assistidas por programas sociais, como o Bolsa Escola e o Bolsa Família.

Quanto às enfermidades e os problemas de saúde, os mais evidenciados são diarreia, verminoses e micoses, rubéola, reumatismo e pressão arterial (BRASIL 2008ab).

A ocorrência de algumas dessas doenças, segundo Brasil (2008ab), decorre, provavelmente dos focos de contaminação hídrica, os quais estão associados à inexistência de saneamento básico, pois, de acordo com a associação de moradores, cerca de 90% dessa população têm fossa séptica, e 10% fazem suas necessidades de uricssão e dejeção a céu aberto. Não há coleta periódica de lixo, nem abastecimento de água tratada, significando dizer que as famílias dessa comunidade padecem de saneamento.

Conforme os depoimentos de moradores, a coleta dos resíduos sólidos não tem sido realizada pela Prefeitura. Os resíduos sólidos da comunidade são, geralmente, queimados nos quintais, gerando poluição do ar, do solo e das águas, pois quando acumulados no solo, os resíduos sólidos produzem o chorume, que pode infiltrar e contaminar os rios e o lençol freático, tornando a água um foco transmissor de doenças e imprópria para consumo humano e animal.



Figura 34: Vigilantes Globais da Água em Muquém.
Fonte: Programa Vigilantes Globais da Água no Ceará, 2007.



Figuras 35 e 36: Infraestrutura elétrica e telefônica em Muquém.
Fonte: Francisco Alessandro Lopes de Oliveira, Vigilante da Água de Muquém



Figuras 37 e 38: Posto de saúde e capela da comunidade.
Fonte: Francisco Alessandro Lopes de Oliveira, Vigilante da Água de Muquém.

Em se tratando das condições de educação, existe na comunidade uma unidade escolar, porém, está desativada desde 2004 (Figura 39) e os alunos foram transferidos para a escola da comunidade de Melancias-Escola de Ensino Fundamental José Vitorino da Silva, no Município de Ibicuitinga (Figura 40). Esta escola atende a um universo de 153 alunos vindos de Muquém e dos povoados de Jardim e Pedra Branca. Seu abastecimento hídrico é feito por uma cisterna com capacidade de 20 mil litros, que é insuficiente para a demanda, principalmente no período seco.



Figura 39: Prédio escolar desativado nas proximidades da comunidade Muquém. Fonte: Francisco Alessandro Lopes de Oliveira Vigilante da Água de Muquém.



Figuras 40: Prédio da escola pública na comunidade de Melancias. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

O bebedouro da Escola de Melancias, segundo Brasil (2008ab), é outro foco gerador de doenças por veiculação hídrica aos alunos e funcionários, porque oferece sérios riscos de contaminação caso a água não seja devidamente tratada. Os monitoramentos realizados pela EMBRAPA e pelos Vigilantes Globais da Água da comunidade de Muquém tiveram como resultados elevados percentuais de *Escherichia Coli*.

Segundo os moradores, a luta atual é pela construção de uma cisterna de placa com capacidade de armazenar 100 mil litros para esta escola, além de campanhas educativas com moradores, alunos e funcionários pelo manejo adequado das águas da cisterna.

Diante desse quadro apresentado, a comunidade rural de Muquém e suas imediações, de acordo com Brasil (2008b), tem sido alvo dos monitoramentos realizados pela EMBRAPA/CNPAT e pelo grupo de Vigilantes desde 2006 com a finalidade de identificar e quantificar a presença de coliformes fecais e totais, considerando a *Escherichia coli* como bioindicador de contaminação e/ou de potabilidade das águas que são consumidas ou utilizadas pela população.

Para a análise da água, a comunidade recebe *kits* de monitoramento, certificados pelo programa Global Water Watch (GWW) que avalia parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, turbidez, dureza, alcalinidade e coliformes.

Atendendo as especificidades locais, no entanto, o parâmetro escolhido pela equipe para ser monitorado na comunidade foi a contaminação por *Escherichia Coli*. Ficaram a cargo do CEFET as análises dos outros parâmetros mencionados, já que esta instituição parceira do Programa realiza coletas periódicas, a fim de compará-las com os dados obtidos pelos vigilantes da comunidade nos diferentes pontos.

Convém ressaltar o fato de que, antes da etapa de monitoramento, ocorreram encontros periódicos iniciados em 2005 e organizados pela EMBRAPA e a Cáritas, com voluntários da comunidade que quiseram participar do Programa e se tornar Vigilantes Globais da Água. Nestes encontros, segundo Araújo (2007), foram empregados na formação dos vigilantes princípios elementares de Educação Ambiental, de mobilização, assim como técnicas simples e didáticas de análise da qualidade da água, em oficinas de formação. Estas permitem a obtenção de informações sobre possíveis problemas de poluição e degradação das fontes de água que abastecem a comunidade, por parte dos membros voluntários que participam desse Programa.

Pode-se ressaltar que a atuação deste Programa estimulou a participação efetiva da sociedade na gestão dos seus recursos hídricos, assegurada formalmente na Lei Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, nº 11.966, de 1992. Destaca-se que inúmeras ações foram realizadas no sentido de promover na comunidade de Muquém a busca pelo conhecimento do meio em que vive.

Para promover a percepção da microbacia como unidade de planejamento, foram trabalhados os desenhos elaborados pelos habitantes sobre o local em que vivem e a visualização dos mapas das microbacias elaborados pela EMBRAPA e a UECE/FAFIDAM. Assim, foi permitido que a população desenvolvesse noções sobre bacia hidrográfica e da interdependência de seus elementos (sociedade, solos, água, fauna e flora).

A concepção proposta junto às populações é a de que ambas estão localizadas a jusante e a montante de cursos d'água e de reservatórios que compõem uma unidade denominada microbacia hidrográfica e, dessa forma, dependem em quantidade e em qualidade suficiente dos mesmos recursos hídricos.

Os moradores perceberam que, realizando seus múltiplos usos podem afetar diretamente a qualidade e a quantidade do acesso a água; e

que por isso precisam trabalhar juntos na solução de impasses e conflitos e para a garantia do acesso à água potável.

Esta premissa reforça a concepção de que todos os membros das comunidades passem a ter um objetivo comum, que é gerir, monitorar e assim garantir o atendimento de suas demandas.

O Grupo de Vigilantes de Muquém, após esta preparação teórica, participou da etapa prática, com ênfase no monitoramento das características microbiológicas das águas em longo prazo, para, dessa forma, realizar o acompanhamento periódico das campanhas de monitoramento, a divulgação dos resultados e o planejamento das ações, culminando, assim, na gestão participativa das águas (Figura 41).



Figura 41: Reuniões realizadas pela EMBRAPA na comunidade de Muquém. Fonte: Programa Vigilantes Globais da Água, 2007.

Os Vigilantes das Águas indicaram os pontos mais significativos para serem monitorados pelo Grupo de Muquém, que totaliza cerca de sete pontos.

As Tabelas 7 e 8 mostram a localização dos pontos e os resultados dos monitoramentos, e a Figura 42 exprime a distribuição dos sete pontos, escolhidos pelas comunidades no curso do rio Palhano, que foram monitorados.

Tabela 7: Localização dos pontos monitorados em Muquém.

Coordenadas		
Ponto	S	W
1 Açude Muquém	4º 53'54"	38º 33'5"
2 Cisterna Lopes	4º 54'13"	38º32'55"
3 Açude Melancias	4º 55'13"	38º33'42"
4 Açude Jardim	4º 53'38"	38º32'34"
5 Cisterna Chico	4º 54'6"	38º32'29"
6 Açude Caboco	4º 53'30"	38º31'42"
7 Bebedouro Escola	4º 54'47"	38º33'44"

Fonte: Programa Vigilantes da Água, 2008.

Tabela 8: Resultados das análises de *E. coli* dos pontos monitorados em Muquém.

Contaminação por <i>E. Coli</i> em 100 mL						
Ponto	Dez/2006*	Dez/2006**	Jan/2007*	Jun/2007**	Set/2007*	Nov/2007**
1 Açude Muquém	166,67	***	20	***	17	0
2 Cisterna Lopes	0	460	13	***	2	0
3 Açude Melancias	0	***	20	***	230	1767
4 Açude Jardim	466,67	***	40	***	110	300
5 Cisterna Chico	0	<1	20	***	4	0
6 Açude Caboco	800	***	496	***	300	1967
7 Bebedouro Escola	0	170	***	900	***	33

Fonte: Programa Vigilantes Globais da Água e CEFET/LIAMAR, 2008.

* Realizado pela comunidade

** Realizado pelo CEFET-CE

*** Ponto não monitorado.

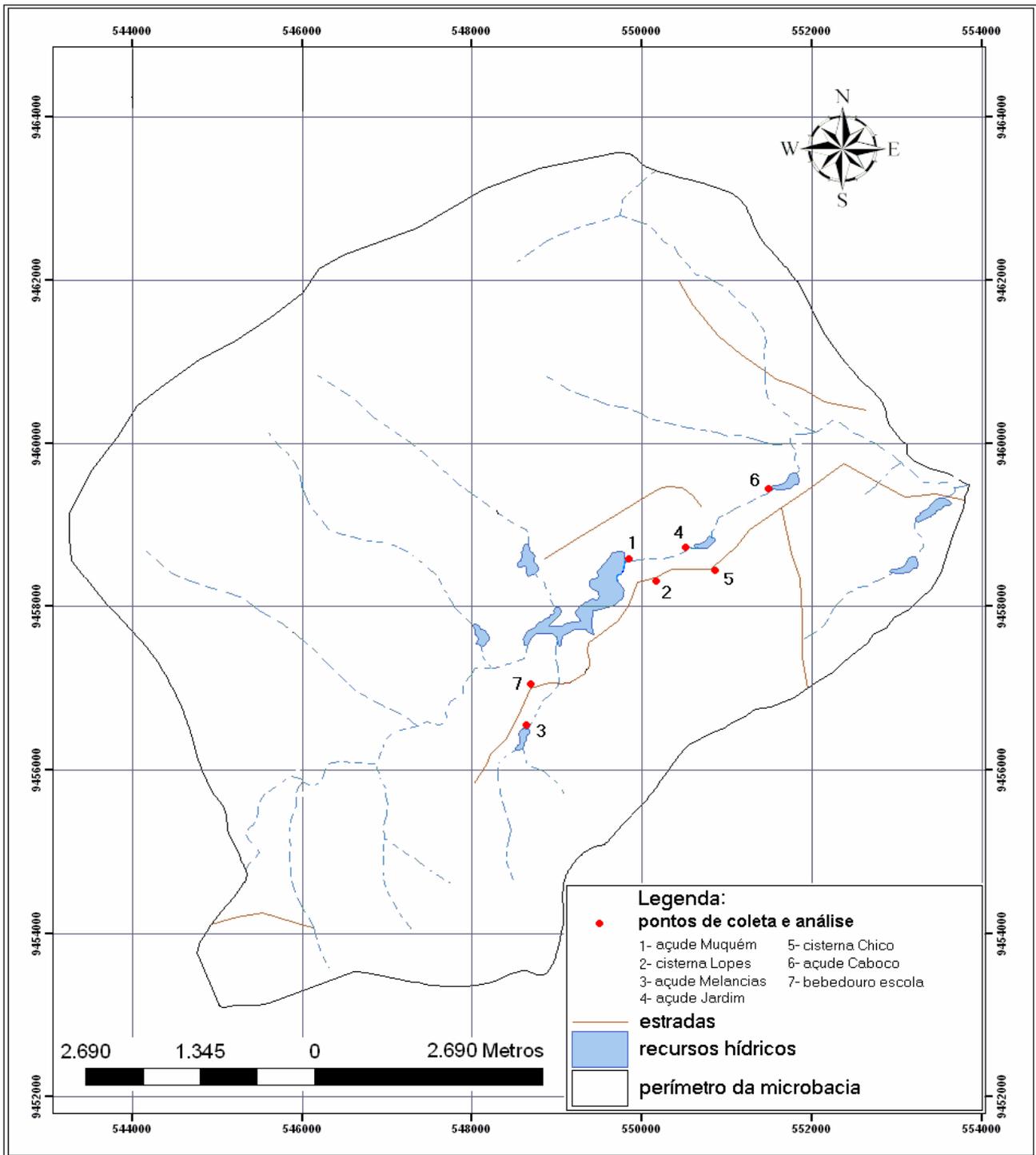


Figura 42: Pontos de monitoramento na microbacia Muquém, em Ibicuitinga e Morada Nova - CE.
 Fonte: Vigilantes Globais da Água, EMBRAPA 2008. Adaptação: Sergio Fuck

Os resultados do monitoramento revelaram elevados índices de *E. coli* nas águas dos açudes Melancias, Jardim e Caboco. Cabe destacar que a contaminação no bebedouro da escola foi de 900 em cada 100ml e reduziu para 33 em cada 100ml na última coleta, conforme visto na Tabela 8.

Os pontos monitorados, porém, são insuficientes para avaliar a potabilidade das águas dos mananciais de toda a microbacia, uma vez que existem áreas ainda não monitoradas (Tabela 8 e Figura 42).

O controle desses poluentes deve ser buscado considerando que o volume de detritos e rejeitos despejados nos cursos d'água supera sua capacidade de depuração, tornando as águas inadequadas para o uso e consumo humano e animal.

Posteriormente, os Vigilantes organizaram, com o apoio da EMBRAPA e da Cáritas, reuniões com os demais membros da comunidade a fim de mostrar os resultados encontrados nas análises da água, para conscientizar a todos sobre os problemas diagnosticados e promover assim campanhas e ações, visando a recuperar e proteger as fontes de água.

Em decorrência, algumas ações de caráter corretivo e ou preventivo foram introduzidas, tais como: incentivos ao manejo adequado das águas das cisternas das residências e da escola; reuniões periódicas para mostrar os resultados dos monitoramentos às outras comunidades; estabelecimento dos usos permitidos para as águas do principal açude público; limpeza e coleta dos resíduos sólidos das margens do açude Muquém; campanhas educativas junto aos barraqueiros e aos frequentadores do reservatório para o seu manejo adequado.

Faltam realizar, no entanto, algumas ações necessárias para a melhoria da qualidade de vida dessa comunidade rural: ampliar os pontos de monitoramento e o número de vigilantes; disciplinar a construção das fossas sépticas e a instalação de poços e implantar um sistema de coleta e tratamento de esgotos e de resíduos sólidos.

De acordo com Brasil (2008b), a comunidade enfrenta outros problemas, como: a desorganização e a falta de planejamento comunitário, a produção de alimentos que é pequena e dependente das condições climáticas, as condições ruins da estrada que dá acesso à comunidade, a falta de apoio ao crédito na agricultura, a dificuldade de transporte das pessoas para a cidade, o roubo de animais, a dificuldade de acesso a medicamentos e a poluição da água do açude; sem esquecer a pequena participação na Igreja, a elevada concentração de terra, a falta de renda para os jovens e mulheres e a falta de áreas de lazer.

4.2. Aspectos ambientais do riacho das Pedras

A microbacia riacho das Pedras situa-se entre os paralelos 38°48' e 38°55' de longitude oeste e entre 5°31' e 5°37' de latitude sul. Ocupa a porção sudoeste do Município de Jaguaratama, dista cerca de 260 km de Fortaleza e perto de 12 km da Sede municipal.

Cabe enfatizar, os agentes sociais que fazem a organização espacial dessa microbacia são de órgãos públicos ou usuários diretos e indiretos das microbacias hidrográficas: oligarquias latifundiárias, produtores rurais, membros da associação, do GEPE, comerciantes e o Estado.

Os produtores rurais e as oligarquias latifundiárias mencionados. são os proprietários que possuem propriedades de tamanhos diferentes com cultivos e criação de animais diversos compondo os agroecossistemas.

A produção e o volume dos cultivos e das atividades pastoris, por sua vez, variam em função do modelo de exploração da terra, das técnicas adotadas, do aporte de recursos naturais existentes nas propriedades e das demandas para consumi-las.

Foi denominada de riacho das Pedras porque este riacho é o seu principal eixo de drenagem. Em relação às suas nascentes observou-se que derivam do sopé de pequenas elevações residuais (maciços baixos),

localizadas a oeste da microbacia. Estes maciços funcionam como divisores de água entre bacias do médio Jaguaribe e do Banabuiu.

Abrange uma extensão longitudinal de 12,6 km, drenando cerca de 73 km². Existem dois eixos de drenagem principais: o riacho Luís Ferreira e o riacho das Pedras, ambos confluindo para um barramento que originou o reservatório Santa Bárbara (Figura 43).

Este despeja suas águas no riacho do Sangue, o principal contribuinte da bacia do médio Jaguaribe na margem esquerda (Figura 6 da p. 54) e coletor de drenagem da microbacia riacho das Pedras.

Possui 28 canais fluviais de 1^a ordem, 8 canais de 2^a ordem, 3 canais de 3^a ordem e seu canal principal configurando como o único canal de 4^a ordem. Estes canais fluviais apresentam-se com escoamento de padrão dendrítico e diversas ramificações de drenagem, conforme visto na Figura 44.

Traçou-se um perfil longitudinal do riacho das Pedras de aproximadamente 10,40 km de extensão e observou-se que ao longo de seu curso fluvial drena terrenos aplainados, ondulados e suave-ondulados apresentando um leito fluvial sinuoso e com vale em forma de “V”, consequência dos níveis de declividade dos terrenos drenados que variam de 3% até 20%, partindo da altitude 130m até 185m, evidenciando os desníveis topográficos.

Na área das nascentes, a altitude máxima foi de 150 m com declives suaves e com densidade de tributários, ao passo que, do médio curso em direção ao nível de base local do rio, as altitudes variam muito em função dos declives acentuados, e chegam ao mínimo de 125 m, conforme visualizado na Figura 45.

Em relação ao perfil transversal, este permitiu identificar os sistemas ambientais, a sua cobertura vegetal e as respectivas formas de ocupação das margens fluviais do riacho das Pedras, assim expressos na Figura 46.

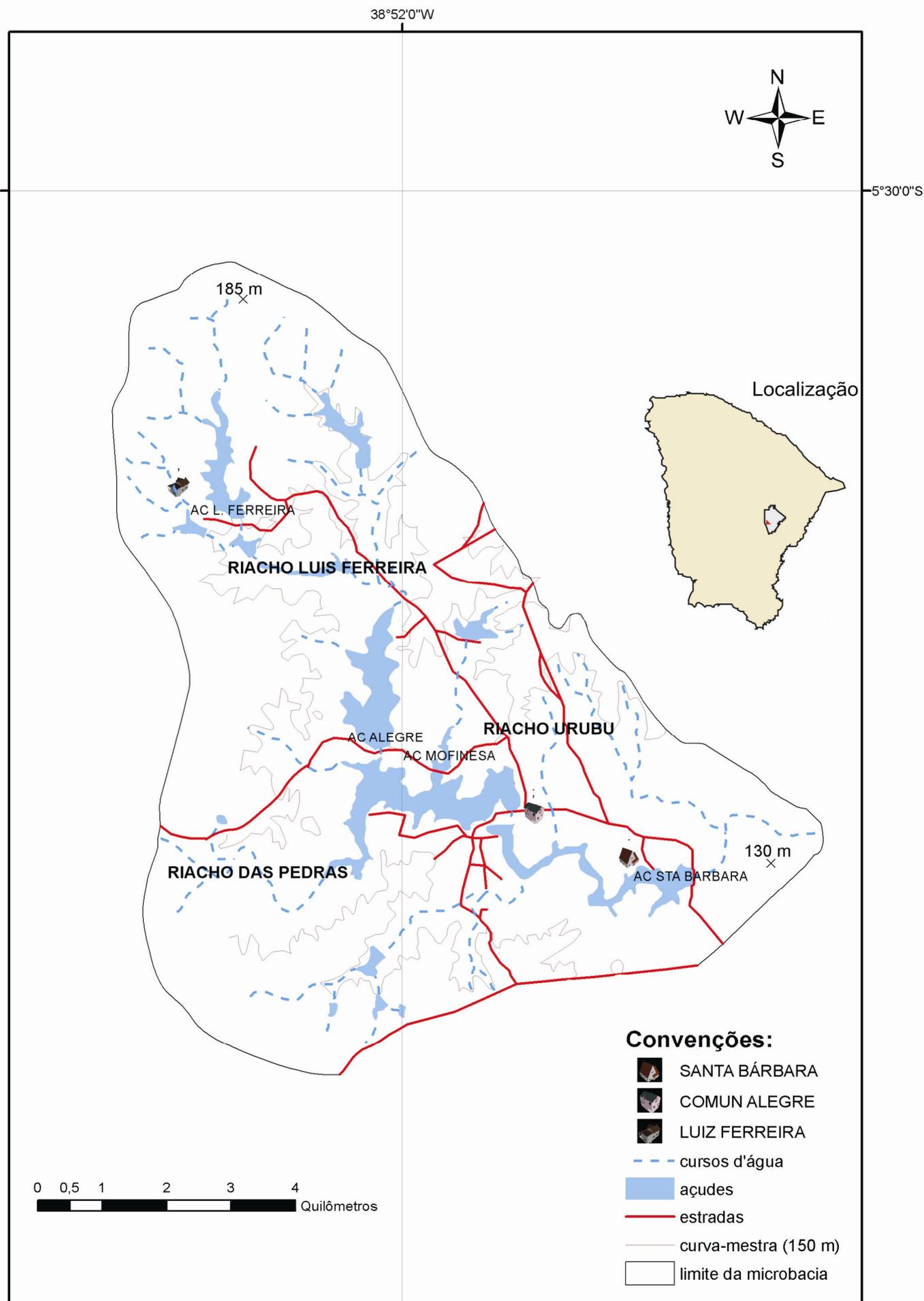


Figura 43: Mapa básico da microbasia riacho das Pedras
 Fonte: Elaborado por Nascimento, F & Santos, J. com base na Carta SUDENE em escala 1: 100.000, folha Jaguaretama, 1960. Adaptação: Sérgio Fuck e Samuel Miranda.

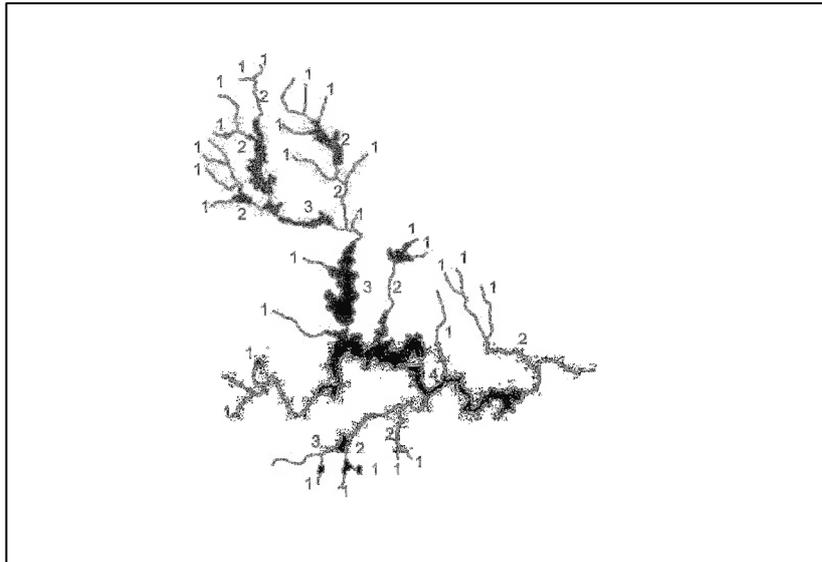
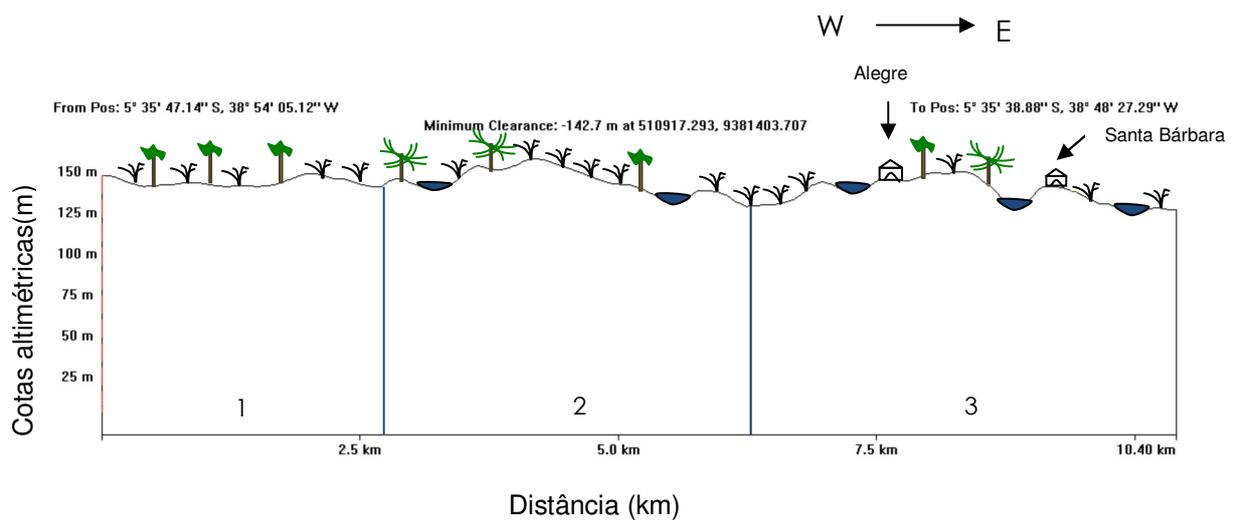
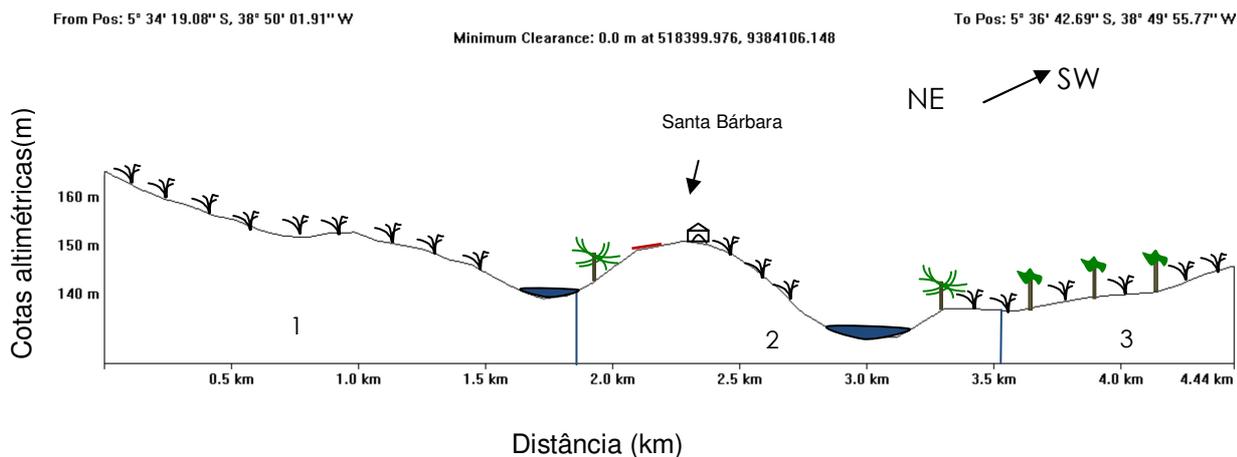


Figura 44: Hierarquia de drenagem dos canais fluviais de riacho das Pedras. Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980).



Legenda	
1-	Superfícies de pedimentação aplainada e suavemente ondulada
2-	Superfícies de pedimentação ondulada
3-	Superfícies de pedimentação aplainada e suavemente ondulada

Figura 45: Perfil oeste-leste do riacho das Pedras. Fonte: Elaborado por Aires, R e Guerra, D. Baseado em Nascimento (2003).



Legenda		
Sistemas ambientais	Cobertura vegetal	Uso e ocupação
1- Superfície de pedimentação aplainada	Caatinga arbustivas aberta	Agroecossistemas
2-Planície fluvial do riacho das Pedras	Mata ciliar e caatingas arbustivas	Estrada, núcleo rural e barramento Santa Bárbara
3- Superfície de pedimentação suave-onduladas	Caatingas arbustivas densas	Agroecossistemas

Figura 46: Perfil Transversal do riacho das Pedras.
 Fonte: Elaborado por Aires, R. Guerra, D. Visualizado em Nascimento (2003).

Distinguiram-se em riacho das Pedras dois macrocompartimentos denominados de domínios naturais, são eles: os vales e os sertões. Os sertões comportam a depressão Sertaneja e os vales comportam a planície Ribeirinha.

Foram delimitadas quatro unidades que constituem os sistemas ambientais: a planície fluvial do riacho das Pedras, as superfícies de pedimentação dissecada, aplainada e levemente ondulada e ondulada. Tais sistemas são caracterizados segundo as variáveis ambientais que os compõem.

Os terrenos identificados nessa microbacia estão inseridos nas áreas de drenagem da sub-bacia do Médio Jaguaribe e, por isso, estão submetidos às condições acentuadas de semi-aridez presentes nesse contexto regional.

Para se traçar considerações sobre as condições climáticas da microbacia riacho das Pedras, foram estudados indicadores de precipitação e temperatura ao longo de uma série histórica de 33 anos, representada pelo período entre 1974 a 2007.

O comportamento mensal médio de precipitação e temperatura está resumido na Tabela 9 e pode ser visualizado no Gráfico 5, que será comentado logo a seguir.

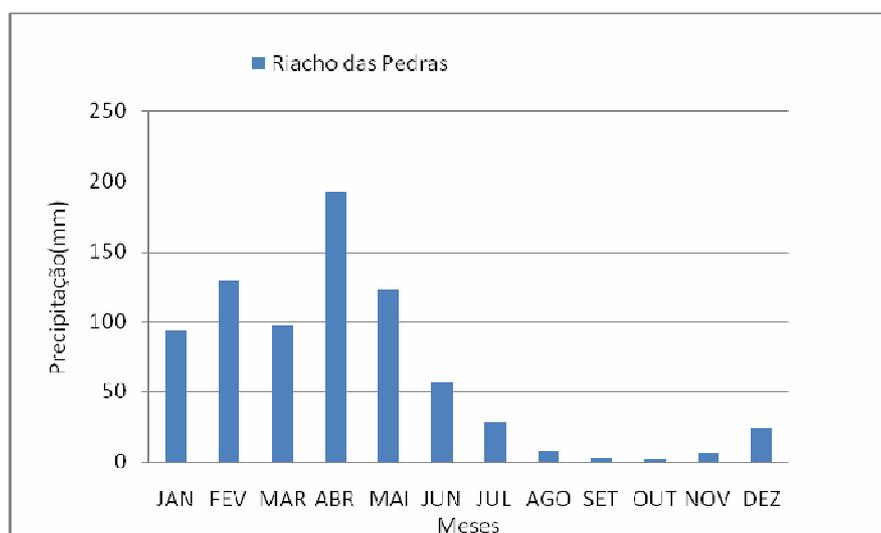
Tabela 9: Médias de precipitações e temperaturas mensais em riacho das Pedras (Posto Jaguaretama - CE) na série histórica de 1974-2007

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média mensal
Precipitação	94,1	128,8	97,5	192,4	122,9	56,6	27,9	7,36	2,2	1,7	6,8	23,8	63,5
Temperatura	28,3	27,4	26,7	26,4	26,4	26	26	27,2	28	28,3	28,5	28,5	27,3

Fonte: Ceará (2007), Sales e Oliveira (1985).

Os totais médios mensais de riacho das Pedras demonstraram que a variação intra-anual das chuvas foi acentuada. Os meses concentradores das chuvas fevereiro – março – abril – maio, que totalizaram cerca de 541,6mm, equivalente a 71% das chuvas mensais em riacho das Pedras. Desse total, 192,4mm ocorreram somente durante abril, considerado o mês mais chuvoso ao longo da série (Tabela 9 e Gráfico 4).

Gráfico 4: Médias de precipitações mensais em riacho das Pedras (Posto Jaguaretama – CE) na série histórica de 1974-2007.



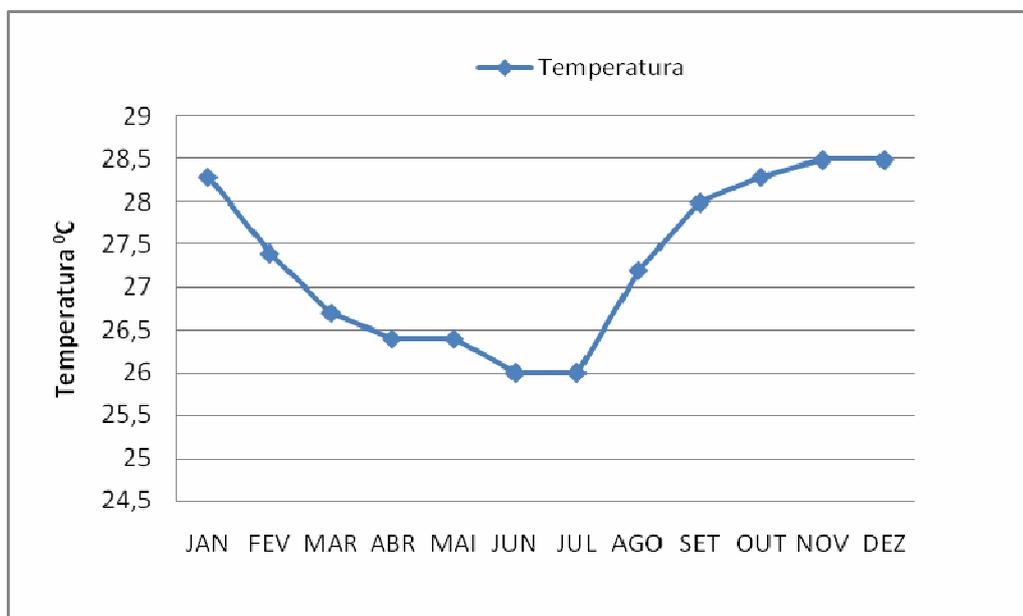
Fonte: Ceará (2007).

Passados os quatro meses chuvosos, a série revelou que o trimestre mais seco é composto pelos meses de setembro – outubro – novembro. Neste período, o mês mais seco foi o de outubro, em que as chuvas somaram apenas 1,7mm, ou seja, 1,4% do total médio mensal dessa microbacia (Tabela 9 e Gráfico 4).

Destaca-se, ao longo da série, que a maior variação pluviométrica mensal foi um aumento médio mensal de 94,9mm nas chuvas entre março e abril, seguida da diminuição de 66,3 mm nas chuvas que ocorreram entre os meses de maio e junho (Tabela 9 e Gráfico 4).

A temperatura se manteve, ao longo dos meses, elevada, com médias térmicas de 27,3°C ao longo do ano. As variações foram de até 2,5°C com máximas de até 28,5°C, em novembro e dezembro, e mínimas de 26°C em junho e julho (Tabela 9 e Gráfico 5).

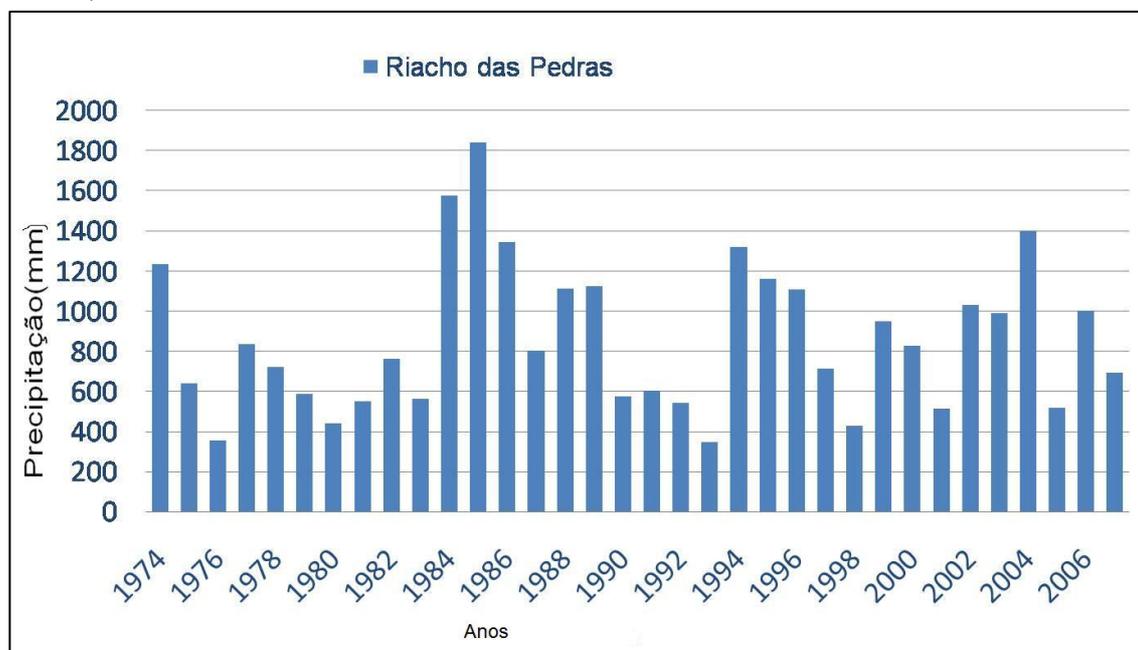
Gráfico 5: Médias mensais de temperatura em riacho das Pedras (Posto Jaguaretama – CE) na série histórica de 1974-2007.



Fonte: Ceará (2007), Sales e Oliveira (1985).

O comportamento dos volumes totais anuais das precipitações estão expressos no Gráfico 6 e na Tabela 10.

Gráfico 6: Totais anuais de precipitação na microbacia riacho das Pedras no período (1974-2007)



Fonte: Ceará (2007).

Os respectivos valores de referência de chuva utilizados para indicar a classificação climática dos anos em muito chuvoso (MC), muito seco (MS), Normal (N), chuvoso (C) e seco (S) na microbacia constam em Brasil (1994) e foram adaptados à área de estudo, como mostrados na Tabela 16.

Tabela 10: Totais anuais das precipitações em riacho das Pedras (Posto Jaguaretama – CE na série histórica de 1974-2007).

Anos	Totais de precipitação (mm)
1974	1235,5
1975	639,7
1976	356,4
1977	833,4
1978	719,6
1979	586,4
1980	439,5
1981	551,1
1982	760,7
1983	563,6
1984	1575,6
1985	1842,4
1986	1343,6
1987	804,2
1988	1111,5
1989	1123,7
1990	575,9
1991	603,6
1992	540,4
1993	345,6
1994	1.321
1995	1.162,2
1996	1.107,8
1997	713,3
1998	425,9
1999	947,1
2000	827,1
2001	511,7
2002	1030,9
2003	991,8
2004	1399,7
2005	518,6
2006	1001,2
2007	690,7
Média Anual	858

Fonte: Ceará (2007).

Os totais anuais demonstram médias de 858mm e um comportamento semelhante aos totais mensais, com acentuadas variações interanuais ao longo da série. Foi observado que o total médio anual da microbacia riacho das Pedras supera os totais anuais da sub-bacia do médio Jaguaribe, conforme apontado no item 3.2.

Foi anotada a ocorrência de anos classificados como muito secos, que expressa valores de menos de 500 mm anuais (Tabela 10), os quais ocorreram respectivamente, nos anos de 1976, 1980, 1993 e 1998 (Gráfico 6 e Tabela 10).

Já os anos apontados como muito chuvosos, com valores anuais da ordem de mais de 950 mm, foram os anos de 1974, 1984-85-86 e 1988-89, 1994-95-96, 2002-03-04 e 2006 (Gráfico 6 e Tabela 10).

Vale ressaltar que as chuvas do ano de 2004, considerado ano muito chuvoso, foram tão intensas que provocaram o rompimento de barragem do reservatório Santa Bárbara, causando enchentes na localidade rural homônima, que é parte integrante da microbacia riacho das Pedras.

Conforme os aspectos climáticos aqui considerados, o comportamento do regime climático semiárido da série histórica de precipitação (1974-2007), apresentam-se os dados climatológicos da microbacia riacho das Pedras, expressos na Tabela 11.

Tabela 11: Dados climáticos da microbacia riacho das Pedras.

Características climáticas	Índices obtidos
Regime climático	100% semi-árido
Temperatura média anual	27,3 ^o C
Temperatura média mensal máxima	28,5 ^o C
Temperatura média mensal mínima	26 ^o C
Precipitação média anual	847 mm
Precipitação média mensal	63,5 mm

Fonte: Ceará (2007) Sales e Oliveira (1985).

Foram observados elevados índices de temperatura média anuais - 27,3^oC - e de precipitações em torno de 847 mm/ano (Tabela 11).

As condições de semiaridez são responsáveis pela intermitência sazonal dos rios da microbacia riacho das Pedras. As águas desses rios, por sua vez, foram barradas, constituindo reserva hídrica. Tais reservatórios armazenam a água dos rios, que fica disponível aos usos por determinado período, em razão da forte evaporação que pode comprometer em quantidade e qualidade as águas e o atendimento às demandas das comunidades rurais.

Ademais, as disponibilidades de água superficial e subsuperficial na microbacia riacho das Pedras são influenciadas diretamente pelos terrenos cristalinos que predominam nesta área, os quais favorecem o escoamento superficial e a infiltração.

Com o levantamento das potencialidades e limitações dos seus recursos hídricos e da forma como estes são utilizados e/ou aproveitados pelas populações, são reveladas, sobretudo, as suas qualidades e restrições ambientais.

A potencialidade natural é entendida como a oferta de água na natureza, expressa pela quantidade e expressividade dos canais fluviais e dos corpos hídricos superficiais e subsuperficiais, que compõem a área de drenagem da microbacia.

Diante do exposto, com base em Gondim Filho (1994), uma parcela das potencialidades naturais constitui as ofertas hídricas que foram, aos poucos, sendo transformadas em disponibilidade pela ação do homem, por meio da construção de barragens, poços, entre outros, se tornando reservas hídricas que atendem as necessidades ou demandas das comunidades rurais.

A potencialidade hídrica superficial da microbacia de riacho das Pedras pode ser visualizada na Tabela 12, que mostra dados sobre canais fluviais, corpos d'água e suas áreas de abrangência.

Tabela 12: Áreas de abrangência dos canais fluviais e dos corpos d'água que compõem a microbacia riacho das Pedras.

Microbacia	Área (km²) (A)	Corpos d'água (km²) (B)	Relação (B/A)	Planície fluvial (km²) (C)	Rio principal (km) (D)	Relação (C/A)	Número de canais
Riacho das pedras	73.320	5, 790	6.7%	1, 979	14, 235	19%	28

Fonte: Dados obtidos com os softwares Arcgis 9x, a partir da cartografia já disponível elaborada pelo Programa Vigilantes das Águas e adaptado de Christofolletti (1980).

Riacho das Pedras caracteriza-se por conter corpos d'água que são barreiros e os reservatórios Luís Ferreira, Santa Bárbara, Mofinesa e Alegre, que ocupam 5,7km², ou seja, 6,7% de área total da microbacia, e o seu principal curso d'água apresenta extensão longitudinal de 14km, conforme apontado na Tabela 12.

Percebe-se a densidade de corpos d'água (6,7%) juntamente com um número elevado de canais fluviais (28), conforme visto na Tabela 12, sugerindo, assim, que parte da potencialidade natural de água superficial nessa microbacia foi transformada em reserva e se encontra disponível nos reservatórios retrocitados.

Em riacho das Pedras, a distribuição dos principais reservatórios de superfície e suas respectivas áreas de abrangência podem ser consultadas na Tabela 13.

Tabela 13: Distribuição e área dos principais reservatórios de superfície e terrenos alagados da microbacia riacho das Pedras.

Microbacia	Corpos hídricos	Área (ha)	Área (km²)	Tipo de usos
Riacho das Pedras	Luís Ferreira	53.2	0.5	Abastecimento múltiplo
	Mofinesa	9.94	0.09	Abastecimento múltiplo
	Alegre	277.0	2.77	Abastecimento múltiplo
	Barragem Santa Bárbara	91.8	0.91	Abastecimento múltiplo
	Demais açudes e áreas de inundação sazonal	147.1	1.47	Dessedentação animal, agricultura e pecuária
Área total ocupada pelos corpos d'água		579.04	5.79	

Fonte: Mapas básicos do Programa Vigilantes das Águas.

Assim como há um elevado potencial de água acumulada nos 14 reservatórios da sub-bacia do médio Jaguaribe, foi observada no contexto local uma disponibilidade significativa de água acumulada nos quatro reservatórios de superfície identificados, muito embora a qualidade hídrica seja duvidosa: o Alegre, com 2,7km², o de Santa Bárbara, com 0.9km² (Figura 47), Luís Ferreira, ocupando 0.5km² (Figura 48) e o Mofinesa (Figura 49), que é o menor de todos, com apenas 0.09 km² (Tabela 13).

Outros reservatórios são barreiros construídos para armazenar água, pois ocupam cerca de 1.47 km², ou seja, 2% da área total da microbacia, conforme apontam a Tabela 12 e a Figura 43 da p.116.

Considerando que a disponibilidade se configura como água acumulada durante um período e em quantidade para o uso, é possível assinalar que a potencialidade natural de água superficial acumulada foi transformada nos principais reservatórios de riacho das Pedras.



Figura 47: Açude Santa Bárbara no Município de Jaguaretama. Foto: AIRES, R. Agosto de 2007



Figura 48: Vista parcial do açude Luís Ferreira. Ao fundo pequenas cristas de baixos maciços. Foto: AIRES, R. Março de 2008.



Figura 49: Captação de água no açude Mufinesa. Existência de uma capa superficial de matéria orgânica na água indicando possível existência de poluição hídrica no local. Foto: AIRES, R. Agosto de 2007

Cabe sublinhar, no entanto, que as principais limitações desses reservatórios decorrem dos múltiplos usos de suas águas e das alterações na dinâmica hídrica dos cursos fluviais. Tais corpos d'água, uma vez instalados, barram e mudam o fluxo natural de sedimentos aluviais e o escoamento das águas.

Além disso, como o escoamento superficial predomina nesta área, é provável que haja um volume significativo de sedimentos sendo transportados e depositados nos fundos de vales, indo ter com os açudes, o que, por sua vez, dificulta a renovação das águas. Daqui a alguns anos poderá ocasionar assoreamento e salinização das águas e, conseqüentemente, a incapacidade desses reservatórios em atender as demandas das comunidades rurais.

Esta situação tem precedentes históricos na região semiárida, os quais foram evidenciados por Vieira (1999 p.513), que expressou: “pagamos, efetivamente, à natureza, um alto preço pela acumulação de água em reservatórios de superfície, pois comumente são construções mal projetadas e ausentes de estudos hidrológicos detalhados”. Por isso, com o tempo estes reservatórios passam por processos de transformação que levam ao seu pleno esgotamento e impossibilitam o desempenhar de suas funções em suprir demandas de uso da água.

Outra limitação é que os reservatórios de superfície, provavelmente, perdem consideráveis volumes de água por evaporação ao longo do ano, pois submetidos às condições acentuadas de semiaridez.

Existe, porém, outro tipo de reservatório superficial em que as perdas por evaporação são mínimas por constituir um reservatório fechado denominado de cisterna de placa, já fora aqui evidenciado.

Na microbacia riacho das Pedras, há cerca de 200 cisternas de placas na comunidade de Santa Bárbara, as quais foram construídas pela

população local e por organizações não governamentais – ONGS, como o Grupo Espírita Paulo Estevão – GEPE, que atua nessa comunidade.

Estes reservatórios encontram-se nos quintais ou na frente das residências dessa comunidade e na escola. Estas cisternas são utilizados como fonte primária para o abastecimento humano, principalmente na estação seca.

Para a garantia da qualidade das águas das cisternas para as famílias, os moradores das comunidades foram capacitados pelo Grupo Espírita Paulo Estevão–GEPE para realizar em seus reservatórios o tratamento da água com o uso de cloro, adequando a captação da água de boa qualidade.

Em relação às potencialidades naturais de águas subsuperficiais, estas variam em função das características geológicas dos terrenos drenados. Os dois domínios hidrogeológicos são os terrenos cristalinos e os depósitos aluvionares.

Tais ofertas subsuperficiais se tornam disponíveis às populações quando transformadas em reservas por meio da perfuração e instalação de poços subterrâneos. Sobre este assunto a Tabela 14 revela a disponibilidade de água subsuperficial armazenada nos poços das áreas drenadas de riacho das Pedras para o ano de 1998.

Tabela 14: Localização, quantidade e tipo de uso dos poços cadastrados na área da microbacia riacho das Pedras

Localidade	Latitude	Longitude	Situação	Tipo de uso
Trapia	053454	385107	Equipado	abastecimento múltiplo
Luiz Ferreira – Assentamento	053225	385359	não instalado	não consta
Almas	053533	385408	Fechado	abastecimento múltiplo

Fonte Ceará (1998b).

Cabe considerar que, conforme Ceará (1998b), a estimativa de disponibilidade de água no Município de Jaguaratama é da ordem de 28,9 m³/h de água. Este estudo indicou que, se fosse implantada uma política de recuperação e/ou instalação dos poços que atualmente não estão em uso,

seria possível atingir um aumento da ordem de 40,8 m³/h em relação à atual oferta d'água subterrânea.

Levantamentos recentes feitos por Guerra e Vasconcelos (2005) apontaram a existência de 94 poços cadastrados nesse Município, sendo que 87% deles estão no cristalino, que constitui um aquífero do tipo fissural. Estes poços comumente apresentam profundidades inferiores a 100m e uma vazão média de 708L/h com riscos de salinidade nas suas águas.

Diante desse panorama municipal, sobressai a existência de apenas três poços na área de estudo, sendo que o poço Luis Ferreira está no domínio cristalino e não se tem informações acerca dos seus usos, enquanto os outros poços (Almas e Trapia) estão no domínio dos depósitos aluvionares localizados às margens da planície fluvial do riacho das Pedras.

Destaca-se o poço Trapia, como o único poço em uso e mais próximo ao núcleo da comunidade rural Santa Bárbara, enquanto os outros não estão funcionando (desativado, fechado ou não instalado). Segundo os moradores, porém, o poço Trapia tem água salobra e não constitui a fonte principal de abastecimento, sendo utilizado basicamente para dessedentação animal (Tabela 14 e Figura 50).



Figura 50: Poço Trapia, instalado às margens do açude Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

As condições climáticas influenciam na dinâmica dos cursos d'água e nas disponibilidades das águas superficiais e subsuperficiais. O elemento hídrico está diretamente submetido, também, às condições ambientais dos terrenos que compõem esta microbacia. Nesse sentido, convém caracterizar os terrenos encontrados no seu arranjo natural que compreendem os seus quatro sistemas ambientais: a planície fluvial do riacho das Pedras e as superfícies de pedimentação aplainada, levemente ondulada e ondulada

Planície fluvial do riacho das Pedras

Representa uma área plana resultante da acumulação de sedimentos aluviais holocênicos. É recoberta por sedimentos grosseiros (seixos e cascalheiras), sendo constituída por canais de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens e padrão de drenagem do tipo dendrítico, ocupando cerca de 1,9km², ou seja, 19% da área dessa microbacia (Figura 51).

Convém ressaltar que, nas áreas de inundação sazonal que bordejam esta planície, formando pequenas planícies flúviolacustres, estão os sedimentos coluviais e aluviais areno-argilosos, moderadamente mal selecionados.



Figura 51: Alto curso do riacho das Pedras. Mata ciliar conservada na margem direita e desmatamento na margem esquerda.
Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Esta planície banha as comunidades rurais de Luís Ferreira, Alegre e Santa Bárbara. Drena os terrenos cristalinos que possuem pouca permeabilidade e, em decorrência, o seu escoamento superficial e a velocidade do seu fluxo são ampliados em detrimento de um baixo potencial de água subterrânea, fazendo com que as águas superficiais permaneçam pouco tempo no leito fluvial.

Possui elevada frequência de cursos d'água e bom potencial de água acumulada em quatro reservatórios, dentre os quais aparece o de Santa Bárbara, que forma o eixo de drenagem principal dessa microbacia, que despejará suas águas no maior coletor de drenagem, denominado riacho do Sangue.

A planície fluvial de riacho das Pedras junto com seus canais fluviais e com os corpos d'água somam aproximadamente 7,7km² da área total da microbacia, ficando os outros 65,6 km², ou seja, 75% de área, sendo ocupados pelas superfícies de pedimentação ondulada, superfícies de pedimentação levemente ondulada e superfícies de pedimentação aplainada, conforme se visualiza na Tabela 12.

Notadamente os neossolos flúvicos se distribuem ao longo da planície fluvial do riacho das Pedras, sendo composto por areias mal selecionadas, incluindo siltes, argilas e cascalhos, que promovem elevada atividade biológica em seu horizonte superficial e texturas de arenosa a argilosa.

Estes aspectos contribuem para sua potencialidade agrícola e colaboram para que sejam os melhores solos da microbacia, em virtude da sua elevada fertilidade natural, o que favorece os seus intensos usos. Tais usos, possivelmente, contribuem para o surgimento de problemas de degradação ambientais desses solos.

Os neossolos flúvicos estão associados aos planossolos, argissolos vermelho-amarelo distróficos e eutrófico.

Suas limitações estão associadas aos riscos de inundações no período chuvoso, de salinização, necessitando do uso de corretivos agrícolas e podendo desencadear a erosão a ser diminuída com o manuseio adequado da terra.

São recobertos por mata ciliar exígua e descaracterizada com a presença das caatingas de estrato arbustivo, em meio a reduzidos e dispersos exemplares de *Copernícia prunifera* (carnaúbas) e *Licania rígida* (oiticicas), principalmente nas proximidades do açude Luís Ferreira e nas nascentes do riacho das Pedras.

Pode-se asseverar que, de modo geral, houve significativa diminuição da vegetação natural, com a conversão da vegetação original em áreas de atividades relacionadas à agricultura, pecuária e extrativismo.

O extrativismo vegetal, de acordo com Brasil (2006), é a exploração dos recursos vegetais nativos mediante coleta ou apanha de produtos. Em riacho das Pedras, o extrativismo vegetal é representado, principalmente, pela extração de lenha e da madeira combustível (carvão vegetal) e na construção civil (cercas e teto das residências). A extração de lenha e da madeira, entretanto, é seguida de manejo incorreto e predatório, degradando, principalmente, as matas ciliares.

A exemplo desse contexto, destacam-se as carnaúbas (*Copernícia prunifera*) que convivem em meio às lavouras de milho e feijão nas propriedades e se encontram reduzidas em sua distribuição espacial (Figura 52).

Cabe sublinhar que as carnaúbas compõem a mata ciliar dos rios da microbacia e, segundo a Lei estadual Nº 12.522, de 15 de dezembro de 1995, estas áreas devem ser indicadas para preservação permanente ou conservação, sob o ponto de vista de protegerem as nascentes, olhos d'água e as margens fluviais da erosão e da poluição, bem como por possuírem valor paisagístico.



Figura 52: Carnaúbas em meio a lavouras de milho. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Identificou-se a falta de que, nas proximidades das margens fluviais, existem cultivos permanentes e temporários, representados por cultivos de coco (*Cocus nucifera*), associados a lavouras de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*), assim visualizados na Figura 53.

De maneira mais restrita, há o plantio de hortaliças em uma pequena horta na área do polo de lazer. Estas hortaliças compõem a merenda escolar e a alimentação das caravanas que visitam o polo de lazer ao longo do ano para retiros espirituais (Figura 54).

Nesse contexto, os usos múltiplos das águas de riacho das Pedras foram classificados em duas categorias: consuntivos (há o consumo e as retiradas quantitativas de água) e não consuntivos (não há consumo direto nem ocasiona perdas quantitativas de água), conforme apontaram Christofidis (2002) e Nascimento (2003).

Sobre este assunto, o Quadro 3 mostra a classificação dos usos múltiplos e as fontes de poluição das águas na microbacia riacho das Pedras.



Figura 53: Lavouras de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*) e de coco (*Cocos nucifera*). Foto: BEZERRA, R. A. Dezembro de 2008.



Figura 54: Cultivo de hortaliças em Santa Bárbara. Maio de 2008. Foto: AIRES, R.

Quadro 3: Classificação dos usos múltiplos e das fontes de poluição das águas em riacho das Pedras

Tipos de usos		Subdivisões dos usos			Fontes de Poluição	
Consuntivos	Não consuntivo	Competitivos	Complementares	Competitivos vinculados	Pontuais	Difusas
Agricultura, irrigação, pecuária, dessedentação animal, abastecimento humano, uso dos poços	uso dos barramentos, diluição de dejetos, lazer e pesca	abastecimento doméstico e dessedentação animal abastecimento e diluição de dejetos	lazer e pesca	irrigação, agricultura, pecuária e usos de barramentos, abastecimento e diluição de dejetos	esgotos domésticos comerciais e públicos	Dejetos de currais, pesticidas, fertilizantes, detergentes, óleos ou graxas

Fonte: Adaptado de Nascimento (2003) e Christofidis (2002).

De acordo com Nascimento (2003), afere-se que os usos nobres em que a água é diretamente consumida, dito consuntivos, incluem por ordem

de importância os seguintes tipos: barramentos, irrigação, pecuária, dessedentação de animais, abastecimento doméstico e poços.

Já os usos em que não há o consumo direto da água, denominado de não consuntivo, englobam as modalidades de uso voltadas para diluição de dejetos, lazer e pesca, por exemplo.

Os usos múltiplos destacados podem ser subdivididos em competitivos, complementares ou ainda competitivos vinculados.

Os usos competitivos mais marcantes ocorrem entre o abastecimento humano e a dessedentação animal, e entre o abastecimento humano e a diluição de dejetos. Isto, por sua vez, enseja perdas quantitativas e qualitativas das águas.

A pressão maior no consumo, possivelmente, seja para diluição de dejetos domésticos e dos currais instalados às margens da planície fluvial, os quais se constituem como um dos principais vetores de poluição hídrica superficial e subsuperficial das águas.

No tocante ao abastecimento humano e animal, observou-se que os consumos de água animal e humano competem entre si, sendo este último complementado por cisternas de placa instaladas nas residências.

Já as águas que permitem atividades como o lazer e a pesca podem ser classificadas como de usos complementares. Estes são usos não consuntivos complementares mais representativos e, segundo os moradores das comunidades, estes usos são permitidos a todos, desde que respeitadas as regras de uso estabelecidas pela associação de moradores em placas informativas.

Os usos consuntivos mais representativos são os barramentos, que totalizam cerca de sete reservatórios de superfície distribuídos na área da microbacia. Estes barramentos ou reservatórios de superfície instalados refletem o contexto de semiaridez vivenciado na área de drenagem.

Conforme Brasil (2006 p.34):

[...] as represas ou reservatórios: são represamentos artificiais d'água utilizados para irrigação, controle de enchentes, fornecimentos municipais de água, geração de energia elétrica, controle de enchentes etc.

Em riacho das Pedras, os barramentos subsidiam atividades como agricultura, irrigação e pecuária. Portanto, estes usos podem ser classificados também como competitivos vinculados, já que a irrigação das lavouras e a pecuária são feitas consorciadas em algumas áreas e dependem, de certa forma, da água acumulada nos barramentos.

Vale destacar que as diversas formas de uso da terra em riacho das Pedras provocam a degradação dos recursos naturais, notadamente, os solos, as águas e a vegetação. Os principais problemas de degradação registrados advêm dos desmatamentos descontrolados, destacados anteriormente, da instalação de grandes reservatórios e da poluição hídrica.

No que concerne a construção dos reservatórios e suas implicações para os cursos fluviais, Nascimento (2003 p.104) expressa que “estes interferem de imediato no ciclo hidrológico com a alteração do volume d'água no rio que seria infiltrado, como pelo aumento do escoamento superficial e da evaporação.”

Evidencia-se que, com a remoção da vegetação ciliar e com o lançamento de dejetos, são transportados para o interior das coleções hídricas, principalmente dos maiores reservatórios, significativos volumes de sedimentos e contaminantes que poderão provocar seu entulhamento ou até mesmo a sua eutrofização futuramente.

Os barramentos provocam também conflitos no acesso e no consumo da água, já que as cercas privatizam muitas vezes o bem natural e público, que é a água.

Quanto à presença de maciços residuais nesta microbacia, cabe sublinhar que, eles ocorrem a oeste e originam as suas nascentes, porém, não foram aqui caracterizados nem possuem denominações porque não

pertencem à delimitação da área-teste, em razão dos objetivos da pesquisa que enfoca as comunidades rurais.

Depressão Sertaneja

A depressão Sertaneja em riacho das Pedras aparece de modo concentrado, exibindo os sistemas ambientais das superfícies de pedimentação levemente ondulada e superfícies de pedimentação ondulada e as superfícies de pedimentação aplainada, derivando-se pois da nomenclatura aferida em Radam Brasil (1981) e Brandão (2003).

São estas superfícies de erosão compostas pela presença dos morros ou colinas intercalados por fundos de vales rasos com declives diferenciados oscilando entre 0 a 20%, sendo ocupadas com o uso agrícola, a pecuária extensiva e a instalação de núcleos rurais.

Em tais terrenos, o aporte hídrico superficial e subsuperficial obedece aos rigores da semiaridez, apresentando padrão de escoamento dendrítico e rios de regime intermitente sazonal.

As superfícies de pedimentação aplainada são superfícies ligeiramente planas e rebaixadas, resultantes de um desgaste por aplainamento e são mais arrasadas pela erosão. Possuem declives entre 1% e 3% e ocupam uma área significativa de 21,9 km² da área total da microbacia: (Figuras 55 e 56).

As superfícies de pedimentação ondulada são as áreas compostas por um conjunto de colinas com declives acentuados entre 8% e 20% e altitudes de até 171 metros, constituindo uma das áreas mais elevadas da microbacia. Sua delimitação e mapeamento revelou que ocupam porções restritas e concentradas de terras de somente 2,2 km² da área total da microbacia.



Figura 55: Superfícies de pedimentação aplainada em riacho das Pedras. Foto: AIRES, R. Agosto de 2007.



Figura 56: Superfícies de pedimentação aplainada próximo a barragem Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Além dessas, ocorrem ainda as superfícies de pedimentação levemente ondulada que são predominantes e ocupam amplas porções de terra nessa microbacia, com cerca de 47,8 km². O seu relevo é composto por suaves colinas que se inclinam rumo aos fundos de vale, com declives entre 3-8% e altitudes de até 185 metros. Constitui uma superfície que recebeu material e formou um depósito coluvionar areno-argiloso derivado de

pequenos maciços situados a oeste da delimitação da microbacia (Figura 57 e 58).



Figura 57: Superfícies de pedimentação levemente onduladas em riacho das Pedras.
Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 58: Superfícies de pedimentação levemente onduladas em riacho das Pedras.
Foto: BEZERRA, R. A. Dezembro de 2008.

Nas proximidades da comunidade Luís Ferreira, foi detectada a ocorrência de manchas difusas de tabuleiros interiores, que configuram áreas

de argissolos vermelho-amarelo distróficos, porém essas manchas não foram mapeadas.

Estes solos aparecem recobrimdo áreas dessas superfícies próximas do alto curso do riacho das Pedras, sendo recobertos pelas caatingas arbóreo - arbustivas densas bem conservadas.

As caatingas assumem o estrato arbóreo em algumas áreas desses solos haja vista suas condições de fertilidade natural de média a baixa; e os restritos exemplares de caatingas com estrato arbóreo podem apresentar, segundo Fernandes (2000), de oito a doze metros de altura.

Observaram-se manchas de argissolos vermelho-amarelo distróficos na área onde está instalado o núcleo rural do assentamento rural de Luís Ferreira (Figura 59). Estes solos são utilizados também para a pastagem bovina e caprina e com lavouras de subsistência. Podem aparecer associados aos planossolos, neossolos litólicos, neossolos flúvicos.



Figura 59: Argissolos vermelho-amarelo distróficos recobertos por caatingas arbustivas densa e aberta em Luís Ferreira - Jaguaretama. Foto: AIRES, R. Março de 2008.

Os argissolos destacados possuem algumas limitações como problemas com susceptibilidade a erosão; necessitam de fertilizantes para correções químicas, e poderão ser alvo do excesso ou deficiência de água. Isto contribui, muitas vezes, para sua baixa produtividade agrícola.

Exceções à parte, nos sistemas ambientais evidenciados, ocorrem predominantemente solos rasos, pedregosos, de baixa fertilidade e vulneráveis a erosão. Os solos predominantes são os neossolos litólicos seguidos dos planossolos e dos luvisolos.

Os neossolos litólicos podem ser encontrados nas superfícies de pedimentação levemente onduladas e aplainadas (Figura 60) da depressão Sertaneja de riacho das Pedras, e podem aparecer associados aos planossolos e aos luvisolos.

Possuem vasto material pedregoso e rochoso em sua superfície e baixa atividade biológica, o que influencia a ocorrência de uma vegetação de caatinga arbustiva aberta. Apresenta um horizonte A diretamente assentado sobre a rocha ou sobre um horizonte C de pequena espessura (Figura 61).



Figura 60: Neossolos litólicos em riacho das Pedras com material pedregoso em sua superfície. Foto: NASCIMENTO, F. Maio de 2008.



Figura 61: Material pedregoso encontrado nos neossolos litólicos. Foto: PINHEIRO, R. A. B. Dezembro de 2008.

Os planossolos, por sua vez, derivam de rochas cristalinas do Pré-Cambriano, são relativamente rasos e com baixa permeabilidade, aparecem associados aos neossolos litólicos e ocupam as superfícies de pedimentação desta microbacia.

Estes solos possuem limitações quanto aos usos agrícolas, pois nos períodos de chuva, são vulneráveis a encharcamentos e, nas épocas secas, é suscetíveis da ocorrência de fendilamentos.

Por fim, se destaca a presença dos luvisolos, que são rasos ou pouco profundos, com textura média ou argilosa e fertilidade natural de média a alta e estão normalmente associados aos neossolos litólicos, ocupando as áreas de relevo plano a levemente ondulado, onde se encontram rochas gnáissico-migmatíticas que compõem os sistemas ambientais destacados.

Vale ressaltar que essas superfícies erosivas típicas dos sertões do riacho das Pedras são pontilhadas pela ocorrência dispersa de inúmeros afloramentos rochosos.

Os afloramentos de rochas não são classes de solos, mas considerados um tipo de material rochoso que integra algumas porções de terras da área de estudo (Figura 62). São áreas desfavoráveis ao uso agrícola, abrigam espécies vegetais gramíneas, diferenciando-se, portanto, dos neossolos litólicos.



Figura 62: Afloramentos rochosos no leito fluvial de riacho das Pedras. Foto: AIRES, R. Agosto de 2007.

Cabe sublinhar, também, que os neossolos litólicos, planossolos e luvisolos possuem limitações quanto aos usos, em virtude da falta de água, da pedregosidade, da suscetibilidade à erosão, da sua pequena espessura e têm fertilidade de média a baixa.

Apesar dessas limitações, estes solos, são comumente, utilizados tanto para pastagem animal, (e o pisoteio do rebanho causam a compactação) quanto para o cultivo de lavouras de subsistência, (que com as queimadas, os desmatamentos e o intenso escoamento superficial ocasionam processos erosivos bem como alterações nos horizontes superficiais dos solos) (Figura 63).



Figura 63: Processos erosivos acelerados nos solos de riacho das Pedras. Foto: AIRES, R. Março de 2008.

Os solos possuem algumas funções, desde prover moradia para alguns organismos, até servir de substrato e permitir a fixação de vários seres vivos em sua superfície.

Com base nessa premissa, destacam-se as características e a distribuição do recobrimento vegetal que emergem dos solos das superfícies de pedimentação, com base nos levantamentos realizados por Fernandes (2000), Barreto (2002), Souza et. al., (2000), Leite et. al., (2005) e de observações feitas em campo.

O domínio vegetal presente em toda a área da microbacia está nas caatingas, com seus variados padrões fisionômicos e florísticos. O estrato arbustivo é predominante e se associam, principalmente, aos solos de pouca profundidade, deficientes de água e com fertilidade natural baixa encontrados nas superfícies destacadas.

A fisionomia das caatingas foi classificada por Fernandes (2000) como xerófita aberta, sendo xérica e caducifólia no estio, garranchenta, por vezes com plantas espinhosas e suculentas. Essas plantas conseguem se adaptar às condições de semiaridez pronunciada nas áreas de riacho das Pedras, e com a perda de suas folhas durante a estação seca, os troncos e galhos retorcidos ficam à mostra.

No período chuvoso, entretanto, percebe-se a folhagem recuperada rapidamente. Isso corre porque, segundo Ab'Saber (2003), a existência de água na superfície dos solos, em combinação com a forte luminosidade dos sertões, restaura o desabrochar da vegetação, consoante é mostrado nas Figuras 64 e 65.

O estrato arbustivo denso pode variar, segundo Fernandes (2000), de dois a cinco metros de altura. As plantas representativas do estrato arbustivo encontradas são as espécies: *Croton sonderianus* (marmeleiro) e o *Pilocereus squamosus* (facheiro) (Figura 66).

Nas superfícies de pedimentação aplainadas e onduladas as caatingas exibem o estrato arbustivo aberto e esparsos, com mata rústica e espinhenta (Figuras 65).

A superfície sertaneja é ainda uma unidade geoambiental que comporta atividades agropastoris, que são os sistemas produtivos agrícolas e

de criação dos animais. Estes sistemas são a base alimentar e a fonte de renda básica para pequenos e médios produtores desta microbacia.

Os cultivos variam de acordo com as características regionais do clima semiárido e em função das potencialidades edafoclimáticas dos solos evidenciados.



Figura 64: Caatingas arbustivas densas referentes a maio de 2008.
Foto: AIRES, R.



Figura 65: Caatingas arbustivas densas referentes a dezembro, de 2008. Foto: PINHEIRO, R. A. B.



Figura 66: Presença de marmeleiro e facheiro nas superfícies de pedimentação levemente ondulada. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Nos meses iniciais do ano, ocorrem o preparo e o plantio das lavouras, para entre fevereiro e maio, acontecem a colheita e o consumo dos alimentos, ficando o segundo semestre com plantações irrigadas e agricultura de vazante.

Foram identificadas lavouras com cultivos temporários e de vazante que adotam práticas tradicionais de manejo da terra. Na área do assentamento Luis Ferreira, os cultivos são voltados, principalmente, para a subsistência. Por essa razão, empregam a mão-de-obra basicamente familiar (Figura 67).



Figura 67: Agricultores trabalhando com a terra em Luís Ferreira. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Ressalta-se, contudo, que alguns sítios e fazendas contratam, na época de plantio e da colheita, alguns trabalhadores temporários, provavelmente, pagando baixos salários e oferecendo condições precárias de trabalho.

As propriedades agrícolas, comumente, cultivam feijão-de-corda (*Vigna sinensis*) (Figura 68), milho (*Lea mais*) (Figura 69), forragem para os animais e mandioca (*Manihot esculenta*). Em algumas áreas, foi notada a substituição das lavouras de alimentos pelo plantio de mamona (*Ricinus communis*) a ser vendida para a fabricação do biodiesel (Figura 70).



Figura 68: Lavouras de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*) Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 69: Lavouras de milho (*Lea mais*). Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 70: Cultivo de mamona (*Ricinus communis*). Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

As práticas tradicionais de manejo da terra, como os desmatamentos e as queimadas, alteram, ou até mesmo diminuem, as potencialidades edafoclimáticas dos solos, o que implica, muitas vezes, a geração de problemas de degradação ambiental e contribuem para a ocorrência de restritas porções de terras agricultáveis que poderão se

transformar em áreas de solo exposto e improdutivas ou em áreas de pastagem.

Coligados a essas práticas, são potencializados os riscos de contaminação dos solos e das águas por fertilizantes ou defensivos químicos.

Observou-se que as terras drenadas por esta microbacia, por primazia espacial, são áreas de sertões típicos, somando cerca de 65,6 km², ou seja, 75% de sua área total. Logo, existem áreas onde o embasamento cristalino foi exumado, compondo os afloramentos rochosos. Neste material, não há formação de solos, tampouco fixação de vegetação de estrato arbustivo ou arbóreo.

Assim, os solos férteis dessa microbacia são restritos e bastante vulneráveis aos processos erosivos, o que poderá torná-la mais propensa à ocorrência de desertificação acentuada, que assola atualmente a região da sub-bacia do médio Jaguaribe.

Sobre este assunto, Sales (2003 e 2009) apontou como principais causas da desertificação nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas, o cultivo intensivo, o superpastoreio e a retirada de madeira, assim como o uso de tecnologias inadequadas no manejo com a terra. Tais práticas estão presentes nesta microbacia e justificam a tendência à degradação das suas terras, conforme retromencionado, necessitando de maiores investigações.

Para compor diagnósticos confiáveis sobre a desertificação na escala local mencionada, são necessários, segundo Sales (2003 p.10), “estudos microclimáticos, de degradação de solos, dinâmica de vegetação, produção de biomassa, uso da terra, estrutura fundiária, densidade de população e produtividade agropecuária”.

O rebanho animal, de acordo com as visitas de campo, é representado por bovinos, caprinos, aves e suínos. Provavelmente, há presença do rebanho bovino seguido do rebanho caprino, ambos criados soltos em meio às caatingas dos sertões, configurando uma pecuária extensiva.

De acordo com os moradores, os produtos aproveitados desse rebanho são a carne e o leite. Este último, por exemplo, origina outros produtos, como o queijo. Os produtos derivados da criação bovina são consumidos no comércio local e nas feiras da Sede municipal de Jaguaretama. Destaca-se o assentamento Timbaúbas como produtor de queijo e o assentamento Luís Ferreira como criador de caprinos (Figura 71).

Ao longo dos anos, as áreas ribeirinhas se tornaram pastagens para os animais e, eventualmente, são introduzidas algumas forrageiras exóticas para o consumo animal nessas áreas (Figura 72).



Figura 71: Pecuária caprina, no assentamento Luís Ferreira.
Foto: AIRES, R. Maio de 2008



Figura 72: Pecuária bovina extensiva, em Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Núcleo rural de Santa Bárbara e a prática dos Vigilantes Globais da Água

Os principais agentes produtores do espaço da microbacia riacho das Pedras são diversos. Além do GEPE e dos assentados em Santa Bárbara, outros constroem o espaço rural, a saber: os fazendeiros, com suas propriedades rurais; o Estado e suas várias ações, como a legalização de terras para instalação de assentamentos rurais, a construção de reservatórios superficiais, a implantação da Escola Lar Fabiano de Cristo e de programas de assistência social; outro agente são as famílias assentadas que são pequenos produtores rurais; além desses, se destaca a organização não governamental Grupo Espírita Paulo Estevão, que instalou o Polo de Lazer Bezerra de Menezes e iniciou a assistência social e a evangelização nos assentamentos rurais.

Esse espaço foi inicialmente ocupado, segundo GEPE (2007), pelo latifundiário Juarez Olímpio, que instalou a fazenda Santa Bárbara. Esta fazenda foi o lugar onde nasceu Bezerra de Menezes, em 1831, na antiga Freguesia do riacho do Sangue, hoje Município de Jaguaratama, no Estado do Ceará.

Mediante tal descoberta, o Espírita Benvindo Melo, presidente da Federação Espírita do Estado do Ceará (FEEC), pressionou a Prefeitura e o fazendeiro Juarez Olímpio para que se valorizasse o local com a reconstrução da casa de Bezerra de Menezes, com a finalidade de transformá-la em museu e polo para divulgação espírita.

Assim, em 1977, foi edificado o segundo equipamento que iria compor o núcleo rural dessa microbacia, a casa que mais tarde, em 1997, iria se tornar um museu.

Benvindo Melo, junto com o Coronel Francisco Monteiro desenvolveram um projeto de instalação de uma cidade que denominou de Nova Era. A ideia era adquirir alguns hectares e dividi-los em pequenos lotes

para iniciar a cidade com previsão da construção de 200 casas nas terras da fazenda Santa Bárbara.

Alguns conflitos de terra, no entanto, ocorreram, pois o latifundiário Juarez Olimpio não cedeu, tampouco vendeu as suas terras para a concretização daquele projeto.

Na resolução desse impasse, entrou em cena a ação do Estado por meio do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que desapropriou as terras da fazenda Santa Bárbara para a criação dos assentamentos Timbaúba, Alegre, Guanabara, Flores Belas, Bom Jardim, Sítio Novo, Luis Ferreira, Campina Grande e Santa Bárbara, totalizando cerca de 500 famílias.

Estas famílias assentadas são alguns dos proprietários rurais que constroem e organizam esse espaço atualmente. Ambos os assentamentos estão instalados em algumas áreas de preservação permanente, são áreas procuradas por conservarem às melhores condições edáficas dos solos, no entanto, de acordo com a Lei nº 7.511/89, item “a”, artigo 2º, visto em Brasil (1997), as dimensões dessas faixas de proteção ambiental são de 30m para os rios de menos de 10m de largura, como no casos do riacho das Pedras e seus afluentes.

Dos assentamentos instalados destaca-se o de Santa Bárbara, no qual está situado o Pólo Bezerra de Menezes e onde atua o Programa Vigilantes Globais da Água.

O núcleo rural de Santa Bárbara (Figura 73 e 74) comporta em sua área o uso residencial e comercial, tem 56 famílias assentadas vindas na sua maioria da cidade denominada Velha Jaguaribara, além de algumas famílias de Jaguaretama, que tiveram suas casas inundadas e submersas pela instalação do açude Castanhão.

As famílias da comunidade são de baixa renda, e estão incluídas em programas sociais do Governo Federal, sobrevivendo do aproveitamento

de suas terras ou trabalhando em propriedades maiores de outros proprietários.

Na comunidade, não há posto de saúde e a população conta com apenas um agente de saúde. Os atendimentos aos doentes são realizados no hospital da Sede municipal. De acordo com moradores e a diretoria do Pólo de Lazer, existem planos para a instalação de um posto de saúde, para o qual o GEPE doará todo o material para a construção. Em contrapartida, a Prefeitura se responsabilizará pela mão-de-obra, por contratar funcionários e pela manutenção do posto.

A área desse assentamento rural é de 1.373 ha. Não foi encontrada nessa área telefonia pública, porém a comunidade conta com energia elétrica, cisternas em todas as casas, a Escola Lar Fabiano de Cristo, de pequenos comércios que vendem lanches e alimentos tanto para os alunos da escola quanto aos moradores e visitantes (Figura 75), além do reservatório homônimo e do polo de lazer.



Figura 73: Principal rua do núcleo rural Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 74: Vista parcial do núcleo rural nas proximidades do reservatório Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 75: Uso comercial na entrada do polo de lazer. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

O Centro Espírita Benvindo de Melo (Figura 76) foi fundado em 1997. Este polo de lazer é coordenado por voluntários e se mantém por meio de doações do Grupo Espírita Paulo Estevão. Este promove, junto às famílias da comunidade Santa Bárbara e adjacências, ações educativas, de instrução profissional e de evangelização. Quase todos os moradores da Vila são adeptos da doutrina espírita e participam de várias atividades.

A área do Polo abriga vários equipamentos como: museu (Figura 77) escola, horta, viveiros com animais, e sede da cooperativa dos moradores da comunidade rural.



Figura 76: Centro Espírita Benvindo de Melo. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 77: Museu de divulgação espírita. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

O espaço do Polo permite uma atividade turística por se tratar de um empreendimento que contém vários equipamentos, dos quais se destacam: o museu Adolfo Bezerra de Menezes, que reúne fotos, pinturas e uma escultura colorida, onde se reproduz a casa, como era o local onde nasceu o médico Adolfo Bezerra de Menezes; o reservatório Santa Bárbara, que oferece uma beleza paisagística e a possibilidade da prática do lazer e de esportes náuticos; e a quadra de esportes da escola, que permite a realização de grandes assembleias, celebrações ou festas.

Vale destacar ainda o fato de que toda a área do Polo se encontra arborizada com uma espécie exótica denominada árvore generosa da Índia, que é o nim indiano (*Azadirachta indica A. Juss*) (Figura 78).



Figura 78: Vegetação nim indiano (*Azadirachta indica A. Juss*) presente nos jardins do Polo de lazer e da escola em Santa Bárbara. Foto: PINHEIRO, R. A. B. Dezembro de 2008

O turismo, segundo Santos (2006), se caracteriza pelo constante movimento de pessoas, que pode ser impulsionada por uma série de fatores, como lazer, negócios, entre outros. No caso da microbacia, ocorre a prática do turismo religioso.

É impulsionado por forte campanha de mídia promovida pelo poder público municipal e pela Federação Espírita do Estado do Ceará. Ambos

adotaram o Polo de Lazer Bezerra de Menezes como principal ponto turístico da região e como centro para divulgação da doutrina espírita.

Durante o ano, o Polo de Lazer recebe inúmeros visitantes adeptos da doutrina espírita. Neste local, são realizadas pelo GEPE eventos, cursos, capacitações e retiros espirituais, o que o torna o principal ponto turístico do Município de Jaguaratama.

Conforme a Diretoria do Polo de Lazer, as caravanas de visitantes têm origens distintas como: Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Bahia, São Paulo, Porto Velho, Recife, Porto Alegre, além dos cearenses. Os principais períodos em que aumentam o número de visitantes são na semana santa, no mês de abril, no aniversário de morte de Bezerra de Menezes, no mês de agosto, além do carnaval, no mês de fevereiro.

O turismo e a visitação ocorrem mediante um planejamento e com objetivos específicos, dada a ocupação dos espaços e realização das atividades em períodos determinados e com fins espirituais ou religiosos.

Esta atividade econômica assume papel de destaque na microbacia em estudo, porque origina renda no comércio e na fabricação de artesanatos da comunidade de Santa Bárbara, além de arrecadar alimentos dos visitantes a serem distribuídos pelo GEPE na comunidade.

A Escola de Ensino Fundamental e Educação Infantil Fabiano de Cristo, em Jaguaratama, atende quase 400 alunos, de faixa etária entre três a dezoito anos, pertencente à comunidade rural de Santa Bárbara e de outros núcleos rurais próximos. São onze professores uma coordenadora pedagógica e dez salas de aula. Esta escola é mantida em convênio com a prefeitura Municipal de Jaguaratama, sendo considerada escola-modelo no vale do Jaguaribe. Sua doutrina pedagógica é baseada no método de Paulo Freire (Figura 79).

Este equipamento educacional possui refeitório, quadra de esportes, sala de informática com dez computadores conectados à internet, onde são ministradas aulas e *workshops* e são desenvolvidos projetos dos

quais participam alunos, pais, professores e demais moradores: Astronomia na Escola e o projeto Educação em Valores Humanos.

Cabe sublinhar que esta é a única escola em funcionamento na área de drenagem dessa microbacia. Ela recebe alunos das comunidades rurais de Luís Ferreira, Timbaúba, Sítio Novo, Mundo Novo e Campina Alegre que chegam por ônibus escolar em condições precárias de funcionamento a serviço da Prefeitura de Jaguaretama.



Figura 79: Escola Fabiano de Cristo. Foto: BEZERRA, R. A. Dezembro de 2008

Em relação ao destino dos resíduos sólidos, resta aos moradores do assentamento a prática da queima em seus quintais ou demais terrenos, o que promove a poluição do ar e a perda de nutrientes dos horizontes dos solos (Figura 80), já que a Prefeitura só recolhe os resíduos da Escola Lar Fabiano de Cristo. Ademais, não se nota a preocupação com a separação, o destino e o aproveitamento de materiais recicláveis.

Contrariamente, dentro do Polo de Lazer, a coleta é seletiva e o objetivo, segundo a sua diretoria, era expandir essa prática para toda a comunidade (Figura 81), no entanto, faltam incentivos e apoio para organizar esta atividade, promovendo a consciência ecológica e, ao mesmo tempo, tornando-a geradora de renda.



Figura 80: Prática da queima de resíduos sólidos em Santa Bárbara. Foto: PINHEIRO, R. A. B. Dezembro de 2008.



Figura 81: Depósitos utilizados para a coleta seletiva de resíduos sólidos. Foto: PINHEIRO, R. A. B. Dezembro de 2008.

A Cooperativa Coronel Siluriano (Figura 82) armazena na sua sede os alimentos arrecadados pelo Grupo Espírita Paulo Estevão, que são enviados ao Polo. Esta Cooperativa agrega também alguns projetos, envolvendo os moradores: o projeto Feijão-Verde no Verão, no qual as famílias assentadas são orientadas para o plantio do feijão irrigado e as sementes são armazenadas na sede da agrovila (Figura 83); e a fábrica de redes e vassouras, que era gerenciada pelos próprios assentados e beneficiavam cerca de 50 pessoas, porém se encontra desativada (Figura 84).



Figura 82: Sede da cooperativa. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 83: Sede da associação da agrovila de Santa Bárbara. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 84: Prédio da fábrica de redes e vassouras desativado. Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Sobre as águas a serem utilizadas pelas sociedades humanas, Brasil (1967) destaca que

A água é o fator essencial, limitante e condicionante de desenvolvimento dos recursos potenciais agrícolas [...] benéfica em sua ação de realimentação dos lençóis freáticos aluviais, utilizados para a irrigação; Nefasta por seus transbordamentos, inundando e destruindo as culturas (P.225).

As águas superficiais e subsuperficiais são benéficas quando proporcionam múltiplos usos para as atividades produtivas. Ao mesmo tempo, as águas podem se tornar nefastas quando há o comprometimento da sua qualidade em virtude do consumo inadequado; ou, ainda, quando os

reservatórios transbordam e inundam as casas e as lavouras, conforme aconteceu nas cheias do riacho das Pedras e do açude Santa Bárbara, no ano de 2004.

Diante desse quadro problemático e da ausência de atuação do Estado com políticas públicas voltadas para o saneamento básico, os recursos hídricos em riacho das Pedras são alvo dos monitoramentos realizados pela EMBRAPA e pelo Grupo de Vigilantes Globais da Água, desde 2004; isto, ao menos, para conscientizar a comunidade para o manejo participativo dos recursos naturais que existem na microbacia.

Em riacho das Pedras, os principais agentes de poluição hídrica provêm de fontes circunstanciais e difusas que alteram diretamente a qualidade das águas.

As fontes contingentes de poluição são representadas pelo esgotos domésticos comerciais e públicos e pelos dejetos de currais (Figura 87), assim como pela sua infiltração no lençol freático.

Como exemplo, citam-se os esgotos sanitários da Escola de Ensino Fundamental Lar Fabiano de Cristo, construída às margens do reservatório, lançados primeiro em um canal concretado e depois no açude Santa Bárbara (Figura 86).

A contaminação dessas águas enseja, sobretudo, a transmissão de doenças com veiculação hídrica, pois os moradores se queixam de problemas de pele atribuídos ao contato com a água, além da diminuição ou perda total da fauna aquática.



Figura 85: Currais instalados às margens do açude Santa Bárbara.
Foto: AIRES, R. Maio de 2008.



Figura 86: Canal receptor dos esgotos da escola e do pólo de lazer.
Foto: AIRES, R. Maio de 2008.

Cabe destacar o fato de que as ações do Programa Vigilantes Globais da Água em Santa Bárbara iniciaram em 2004, com os encontros periódicos organizados pela EMBRAPA e o GEPE. Nestes, os moradores e os membros das comunidades vizinhas foram conscientizados e capacitados e estão aptos a monitorar seus recursos hídricos de acordo com a proposta difundida pelo Programa.

Em se tratando do número atual de voluntários que desenvolvem este trabalho na comunidade, existem 20 vigilantes no assentamento rural de Santa Bárbara (Figura 87). São pessoas de idades e níveis de escolaridades diversas, inclusive um dos Vigilantes da Água de Santa Bárbara tem nível superior incompleto.



Figura 87: Grupo de Vigilantes das Águas reunidos no assentamento rural de Santa Bárbara. Fonte: Programa Vigilantes das Águas 2007.

No primeiro momento, os Vigilantes da Comunidade indicaram dez pontos mais significativos para serem monitorados pelo Grupo.

A distribuição dos pontos de monitoramento escolhidos e os resultados encontrados nos monitoramentos realizados pelos membros das comunidades podem ser consultados na Tabela 15 e visualizados na Figura 88.

Tabela 15: Localização dos pontos monitorados em riacho das Pedras.

Ponto	Coordenadas	
	S	W
1 Barragem A	05°35'52,7"	038°49'56,8"
2 Barragem B	05°33'40,8"	038°51'18,1"
3 Açude Alegre	05°35'18,4"	038°51'02,2"
4 Cisterna do Valdecino	05°35'33,9"	038°49'59,5"
5 Campina Alegre	05°32'39,1"	038°50'49,6"
6 Açude Mofinesa	05°34'56,1"	038°51'36,3"
7 Cisterna da escola	05°35'48,9"	038°49'55,3"
8 Filtro da escola	*	*
9 Açude Grande	05°32'49,1"	038°53'19,7"
10 Açude Almas Novo	05°34'56,8"	038°51'36,6"

Fonte: Programa Vigilantes Globais da Água, 2008.

*Localizado próximo aos pontos 2 e 8.

Os trabalhos de Girão e Fuck Júnior (2007), Araujo *et. al.* (2007) e Figueirêdo *et. al.* (2008) revelaram que, na maioria das amostras coletadas dos pontos monitorados, existem elevados índices de coliformes fecais nas águas, desobedecendo aos padrões adequados preconizados pelo Ministério da Saúde, com a Portaria Nº 518 de 2004. Esta portaria não admite a presença de coliformes em amostras de água de fontes hídricas.

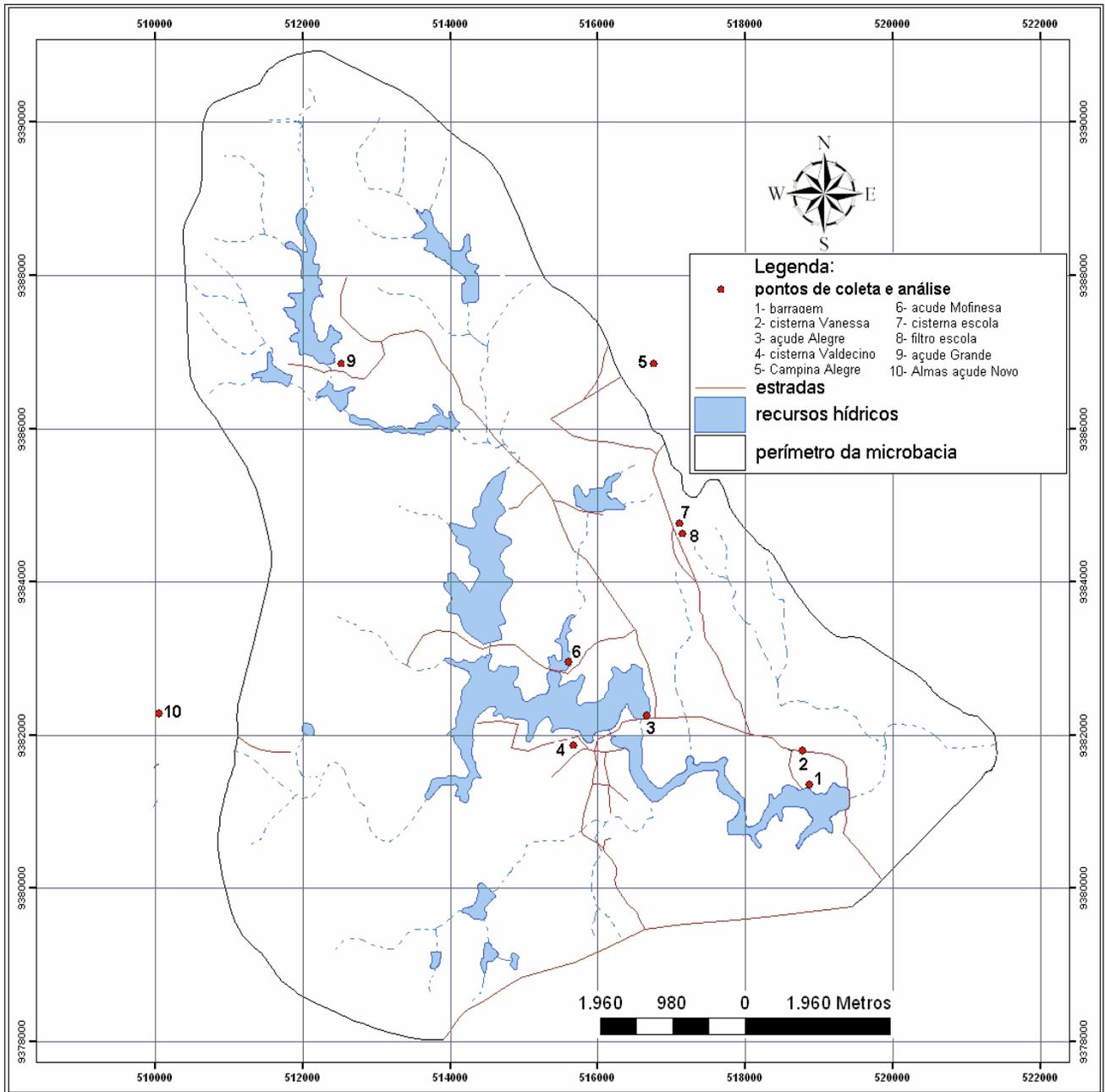


Figura 88: Pontos de monitoramento participativo na microbacia riacho das Pedras, Jaguaratama - CE. Fonte: Vigilantes Globais da Água, EMBRAPA 2008. Adaptação: Sérgio Fuck.

Tais resultados podem ser consultados na Tabela 16, que mostra a variação da contaminação por *E. coli* nos diferentes períodos analisados.

Tabela 16: Resultados das análises de *E. coli* dos pontos monitorados.

Contaminação por <i>E. Coli</i> em 100 mL			
Ponto	28/06/2005	05/09/2005	22/11/2006
1 Barragem A	0	0	100
2 Barragem B	67	33	*
3 Açude Alegre	0	0	*
4 Cisterna do Valdecino	233	0	*
5 Campina Alegre	0	0	200
6 Açude Mofinesa	933	467	200
7 Cisterna da escola	733	0	100
8 Filtro da escola	67	0	100
9 Açude Grande	0	0	0
10 Açude Almas Novo	0	0	0

Fonte: Araujo (2007). *Sem dados desta etapa de monitoramento.

O trabalho de Araujo *et. al.* (2007) apontou que um dos maiores níveis de contaminação fecal das amostras coletadas foi detectado nas águas do açude Mofinesa, com 933 e 467 em cada 100ml, e do consumo da escola no filtro e na cisterna, com 67 e 733 em cada 100ml, respectivamente.

Os índices elevados de contaminação na água da escola, que é bem frequentada pelos habitantes das comunidades, pois representa o lugar onde ocorrem eventos, reuniões e as aulas, mobilizaram a comunidade após as reuniões de propagação dos resultados a buscar a intervenção da Prefeitura na resolução do problema da água na escola.

Como resultado, a Prefeitura de Jaguaretama disponibilizou o abastecimento por carros-pipa, o que contribuiu para a redução do número de *E.coli*, conforme apontaram os monitoramentos posteriores. Sabe-se que além dessa intervenção, cabem aos usuários o cuidado com o manejo correto dessas águas, bem como o tratamento com cloro.

As cargas dos contaminantes potenciais da microbacia estão relacionadas com fontes contingentes (cisterna, casas e poços abandonados) e as fontes difusas (águas com poluentes diversos).

A poluição, portanto, se tornou evidente e ocasionou prejuízos às populações e à biodiversidade, porque existem lançamentos de poluentes que superam a capacidade de suporte dos ambientes. O controle desses poluentes deve ser buscado, em razão da sua complexidade e dinâmica. Os recursos hídricos estão submetidos a usos múltiplos que, quando mal manejados, podem ocasionar impactos negativos, que devem ser mitigados.

Neste sentido, algumas ações de caráter corretivo e ou preventivo foram introduzidas em Santa Bárbara para conter o avanço da poluição, como exemplo da busca pelo controle ou minimização da contaminação das águas, o que mobilizou todos a resolver ou mitigar a poluição das águas consumida no espaço escolar.

Das reuniões entre os vigilantes, os demais membros da comunidade, a EMBRAPA e o GEPE, resultaram regras, a saber: balneabilidade e demais usos dos reservatórios; a colocação de placas informativas e educativas às margens dos reservatórios; a garantia de abastecimento por carro-pipa com água de qualidade para a cisterna e o filtro da escola; o manejo e tratamento adequado para as águas das cisternas e dos filtros escolares.

São necessárias, porém, outras ações, porque os pontos monitorados ainda são insuficientes para avaliar a potabilidade das águas dos mananciais de toda a microbacia, uma vez que existem alguns reservatórios que ainda não monitorados.

Além disso, as ações devem ser voltadas para assegurar o controle dos poluentes nas águas, ampliando as áreas monitoradas, a Educação Ambiental com os moradores, exigindo acompanhamento e fiscalizações do Poder Municipal, entre outros.

Convém ressaltar que o quadro de poluição das águas apresentado reflete ausência de políticas públicas dos Poderes municipal e estadual, pois estas instâncias é que devem garantir tanto o abastecimento hídrico das populações com padrões quali-quantitativos adequados ao

consumo, bem como a implantação e manutenção de saneamento básico da comunidade.

Na conscientização e na gestão participativa, o Programa permitiu a participação popular, como bem prevê a legislação estadual. Portanto, é oportuno assinalar que os resultados das ações desse Programa sinalizam o cumprimento de alguns aspectos propalados pela gestão integrada das águas.

5 SUBSÍDIOS GEOAMBIENTAIS ÀS AÇÕES DO PROGRAMA VIGILANTES GLOBAIS DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A análise integrada das microbacias seguiu as orientações contidas em Souza (2000b) e possibilitou privilegiar alguns aspectos fundamentais, como:

- conhecer e avaliar os componentes geoambientais;
- levantar e avaliar as potencialidades e limitações dos recursos naturais das microbacias;
- identificar as condições de usos e ocupação da terra e os problemas de degradação ambiental derivados; e
- executar mapeamentos temáticos setoriais ou integrados que tratam dos recursos naturais encontrados.

Neste sentido, são explicitadas neste capítulo as principais contribuições da análise ambiental integrada para a gestão integrada das microbacias de Muquém e riacho das Pedras.

As informações versam sobre os condicionantes geoambientais das microbacias, com ênfase nos tipos de usos e ocupação da terra e dos corpos hídricos, bem como as diretrizes de usos traçadas, haja vista que as ações do Programa Vigilantes Globais da Água nas comunidades devem existir para além dos cursos d'água.

Entende-se que as principais contribuições desse estudo perpassam as sínteses do levantamento geoambiental, que avalia os cenários encontrados, traça perspectivas e diretrizes ao uso sustentável dos recursos naturais fornecendo, assim, informações geoambientais úteis que podem auxiliar à gestão efetiva e participativa das águas.

Tais informações devem ser divulgadas para os moradores e gestores públicos, porque são de suma importância para a gestão participativa das águas, conservação dos recursos naturais, e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população.

Na medida em que a população tem acesso ao conhecimento do espaço que habita, adquire a concepção de que é, ao mesmo tempo, causadora e vítima de parte dos problemas e que deve se interessar para resolvê-los ou minimizá-los. E corroborando Souza e Fernandes (2000), acredita-se que leis, normas, regulamentos e fiscalizações punitivas podem ter pouco significado se a população não estiver sensibilizada para os problemas. Acrescenta-se que, além disso, a implantação de políticas públicas poderá contribuir com a resolução ou a minimização de problemas de degradação ambiental.

Por isso, são sugeridas ações políticas na busca de parcerias com o Poder Público para fiscalização dos usos da terra, do manejo da vegetação e da água, além de incentivos econômicos e apoio técnico aos pequenos produtores rurais, na consideração de que não se pode incentivar comportamentos ético ambientais sem propiciar opções socioeconômicas viáveis e rentáveis para as famílias das comunidades rurais aqui elencadas.

Foi com base nos dados geoambientais inventariados que se elaboraram as diretrizes ou sugestões, visando a otimizar os usos e a minimizar os problemas de degradação ambiental encontrados em cada sistema ambiental.

Estas sugestões e diretrizes podem seguramente ser divulgadas e discutidas junto com os grupos dos vigilantes na terceira etapa de trabalho do Programa, já que nesta se discutem os resultados dos monitoramentos e se

elaboram planos de ações conjuntas para o controle ou a solução dos problemas relativos à poluição hídrica. Para que, no entanto, esses planos de ações obtenham resultados positivos, há que se pensar em ações integradas e não só relativas a conter os focos de poluição.

Feito isso, as informações sobre as potencialidades dos recursos naturais, o conhecimento dos problemas de degradação ambiental e das suas soluções, juntamente com os resultados dos monitoramentos, serão bem entendidos e aproveitados pelos moradores.

Tais conhecimentos trarão benefícios às comunidades por meio das mudanças de atitude destes que passarão a utilizar os solos, a vegetação e as águas sob preceitos conservacionistas, o que permitirá a sua melhor qualidade de vida.

5.1 Sinopse da compartimentação dos sistemas ambientais das microbacias

A par das discussões realizadas em capítulos anteriores, procedeu-se com a síntese, compartimentação, caracterização e mapeamento dos sistemas ambientais existentes em Muquém e riacho das Pedras.

Os sistemas ambientais das microbacias de Muquém e riacho das Pedras foram sumariados, pois reúnem as sínteses das informações levantadas úteis às ações do Programa Vigilantes Globais da Água e suas instituições parceiras.

Segundo Souza et. al., (2000 p.10), os unidades sistemas ambientais são

[...] agrupamentos de áreas que resguardam condições específicas quanto às relações mútuas entre os fatores do potencial ecológico (fatores bióticos) e os da exploração biológica, compostos essencialmente pelo mosaico de solos e da cobertura vegetal.

Além desses fatores, foram contempladas nesta síntese as condições socioeconômicas, representadas pelas formas de uso e ocupação da terra.

Na síntese dos sistemas ambientais, considerou-se, portanto, a hierarquização espacial taxonômica segundo as concepções geossistêmicas referidas no Capítulo 2. Foram adotadas como níveis taxonômicos geossistêmicos, o domínio natural, o sistema ambiental e o subsistema ambiental.

Em Muquém ocorrem quatro domínios naturais, representados pelos sertões das depressões, as serras, os glaciais de deposição e os vales.

Os sistemas ambientais delimitados, mapeados e sintetizados foram: as superfícies de pedimentação dissecada, aplainada e levemente ondulada, as serras Palhano, os tabuleiros interiores da formação Faceira, a planície fluvial do rio Palhano.

As informações sobre cada um desses sistemas estão reunidas no quadro-síntese 5 e versam acerca de suas condições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas, cobertura vegetal e de uso e ocupação.

Já a espacialização da compartimentação dessas unidades que compõem a microbacia Muquém pode ser visualizada no mapa de sistemas ambientais de Muquém (Figura 89).

Em riacho das Pedras ocorrem dois domínios naturais representados pelos sertões das depressões e os vales. Os sistemas ambientais delimitados, mapeados e sintetizados foram: as Superfícies de pedimentação aplainada, levemente ondulada, ondulada e a planície fluvial do riacho das Pedras.

As informações sobre cada um desses sistemas estão reunidas no quadro-síntese 6, enquanto a espacialização da compartimentação das unidades que compõem esta microbacia pode ser visualizada no mapa de sistemas ambientais de riacho das Pedras (Figura 90).

Quadro 4: Sinopse da compartimentação ambiental da microbacia de Muquém.

Domínio natural	Sistema ambiental	Subsistema ambiental	Cronolitoestratigrafia	Geomorfologia	Recursos hídricos	Solos	Cobertura vegetal	Uso e ocupação
Vales	Planície de acumulação	planície fluvial de Muquém	Sedimentos aluviais com areias mal selecionadas incluindo siltes argilas e cascalhos.	Formas de acumulação com relevo plano em faixas de aluviões recentes.	Escoamento intermitente sazonal com padrão de drenagem dendrítico.	Neossolos flúvicos, planossolos, argissolos vermelho-amarelo distróficos e eutrófico	Caatingas arbustivas densa e aberta, exíguos exemplares de carnaúbas e de matas ciliares	Pecuária Irrigação Extrativismo vegetal
		Áreas de inundação sazonal	Sedimentos coluviais areno-argilosos, moderadamente mal selecionados.	Áreas aplainadas com ou sem cobertura arenosa sujeita a inundações periódicas.	Aqüíferos restritos as áreas aluviais			
Glacis	Tabuleiros de acumulação interiores	Tabuleiros interiores	Sedimentos da formação Faceiras, são coberturas coluvio-aluviais compostas por areias e argilas.	Formas ou rampas de acumulação interiores com caimento suave para os fundos de vales, com topos dissecados em interflúvios tabulares.	Intermitente sazonal com escoamento subdendrítico e paralelo. Presença de reserva de água subterrânea explorável.	Argissolos vermelho-amarelo distróficos, luvisolos, neossolos flúvicos.	Caatingas arbustivas densas e aberta	Lavouras temporárias e permanentes Extrativismo vegetal Agropecuária e pastagens Núcleo rural
Serras	Baixos maciços	serra Palhano	Rochas variadas do complexo cristalino pré-Cambriano metamorfizadas.	Formas serranas dissecadas com topos convexos intercalados por vales planos e recentes.	Rios de gradiente levemente inclinados, escoamento torrencial de padrão dendrítico.	Argissolos vermelho-amarelo e neossolos litólicos	Matas secas e caatingas arbustivas densa	Lavouras temporárias e permanentes Núcleo rural

Continuação do quadro 6

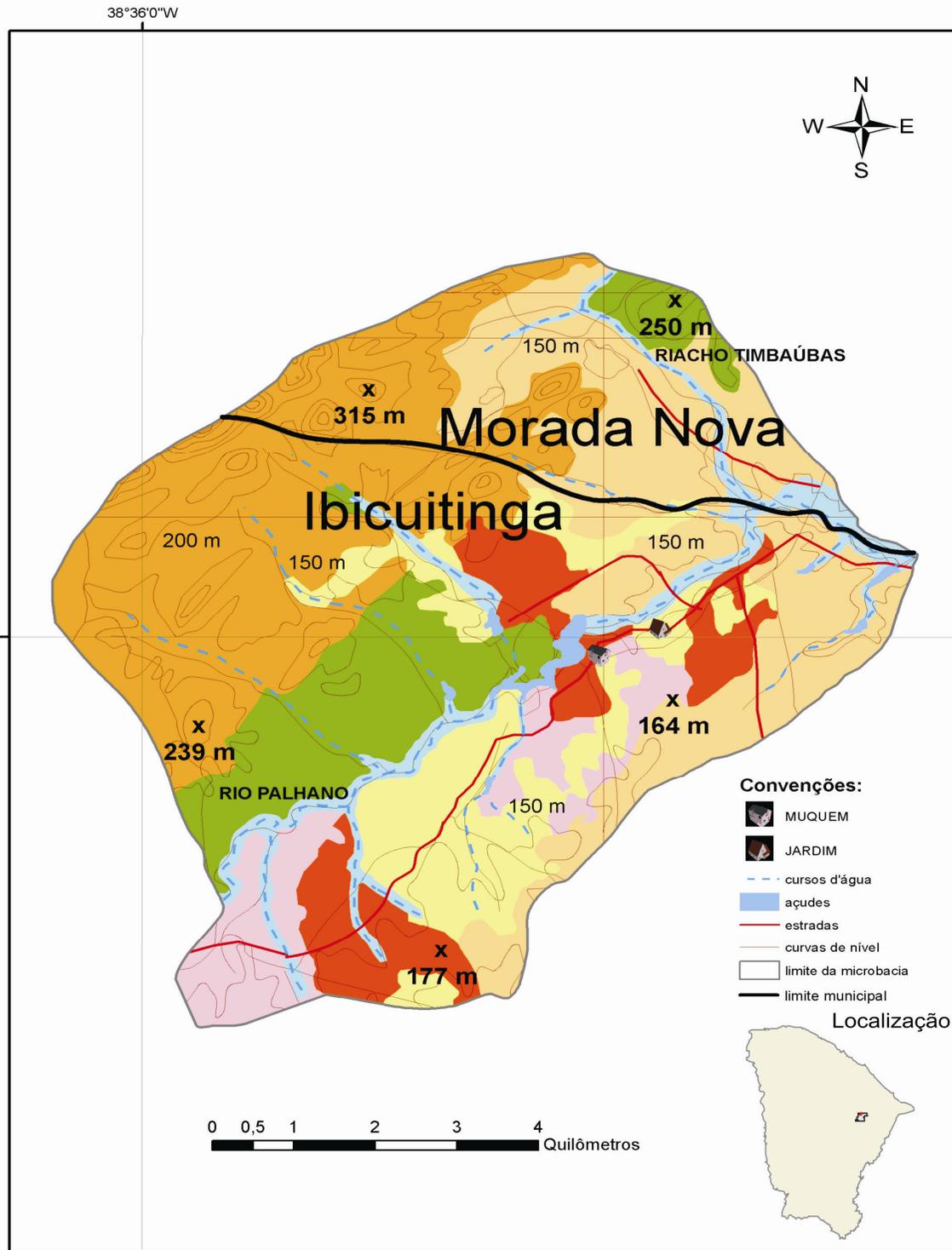
Sertões	Depressão sertaneja	Superfície de pedimentação aplainada	Litotipos variados do complexo cristalino do pré-Cambriano com diferentes graus de deformação, com rochas que formam superfícies conservadas ou eventualmente dissecadas.	Formas erosivas com declives entre 1 a 3% em direção aos fundos de vale.	Intermitente sazonal de padrão dendrítico quanto à geometria da drenagem.	Neossolos litólicos, afloramentos rochosos, planossolos, neossolos flúvicos, luvisolos, argissolos-vermelho-amarelo distróficos e eutrófico.	Caatingas arbustivas abertas ou densas e exíguas exemplares de caatinga arbórea.	Lavoura de subsistência e agroextrativismo
		Superfície de pedimentação levemente ondulada		Formas erosivas ou dissecadas com declives de 3 a 8%.				
		Superfície de pedimentação dissecada		Presença de rampas e conjunto de colinas ou morros residuais com caimento para os fundos de vale.				

Fonte: Adaptado de Souza (2000, 2002 e 2005).

Quadro 5: Sinopse da compartimentação ambiental da microbacia de riacho das Pedras

Domínio natural	Sistema ambiental	Subsistema ambiental	Cronolitoestratigrafia	Geomorfologia	Recursos hídricos	Solos	Cobertura Vegetal	Uso e ocupação
Vales	Planície de acumulação	Planície fluvial riacho das Pedras Áreas de inundação sazonal	Sedimentos aluviais com areias mal selecionadas, incluindo siltes argilas e cascalhos	Formas de acumulação com relevo plano em faixas de aluviões recentes	Escoamento intermitente sazonal com padrão de drenagem dendrítico. Aquífero aluvial restrito	Neossolos flúvicos, planossolos, argissolos-vermelho amarelo distróficos e eutrófico	Remanescentes de caatingas arbustivas densa e aberta, e exíguos exemplares de carnaúbas e oiticicas	Pecuária, Irrigação, Extrativismo.
			Sedimentos coluviais areno-argilosos, moderadamente mal selecionados	Áreas aplainadas com ou sem cobertura arenosa sujeita a inundações periódicas				
Sertões	Depressão sertaneja	Superfície de pedimentação aplainada	Litotipos variados do complexo cristalino pré-Cambriano, com diferentes graus de deformação com rochas que formam superfícies conservadas ou eventualmente dissecadas	Formas erosivas com declives entre 1 a 3% em direção aos fundos de vale.	Intermitente sazonal de padrão dendrítico quanto ao escoamento.	Neossolos litólicos, afloramentos rochosos, planossolos, neossolos flúvicos, luvisolos, argissolos-vermelho amarelo distróficos e eutrófico.	Caatingas arbustivas densa ou aberta e exíguos exemplares do estrato arbóreo	Lavoura de subsistência agropecuária Núcleo rural
		Superfície de pedimentação levemente ondulada		Formas erosivas ou dissecadas com declives de 3 a 20%. Presença de rampas e conjunto de colinas ou morros residuais com caimento para os fundos de vale.				
		Superfície de pedimentação ondulada						

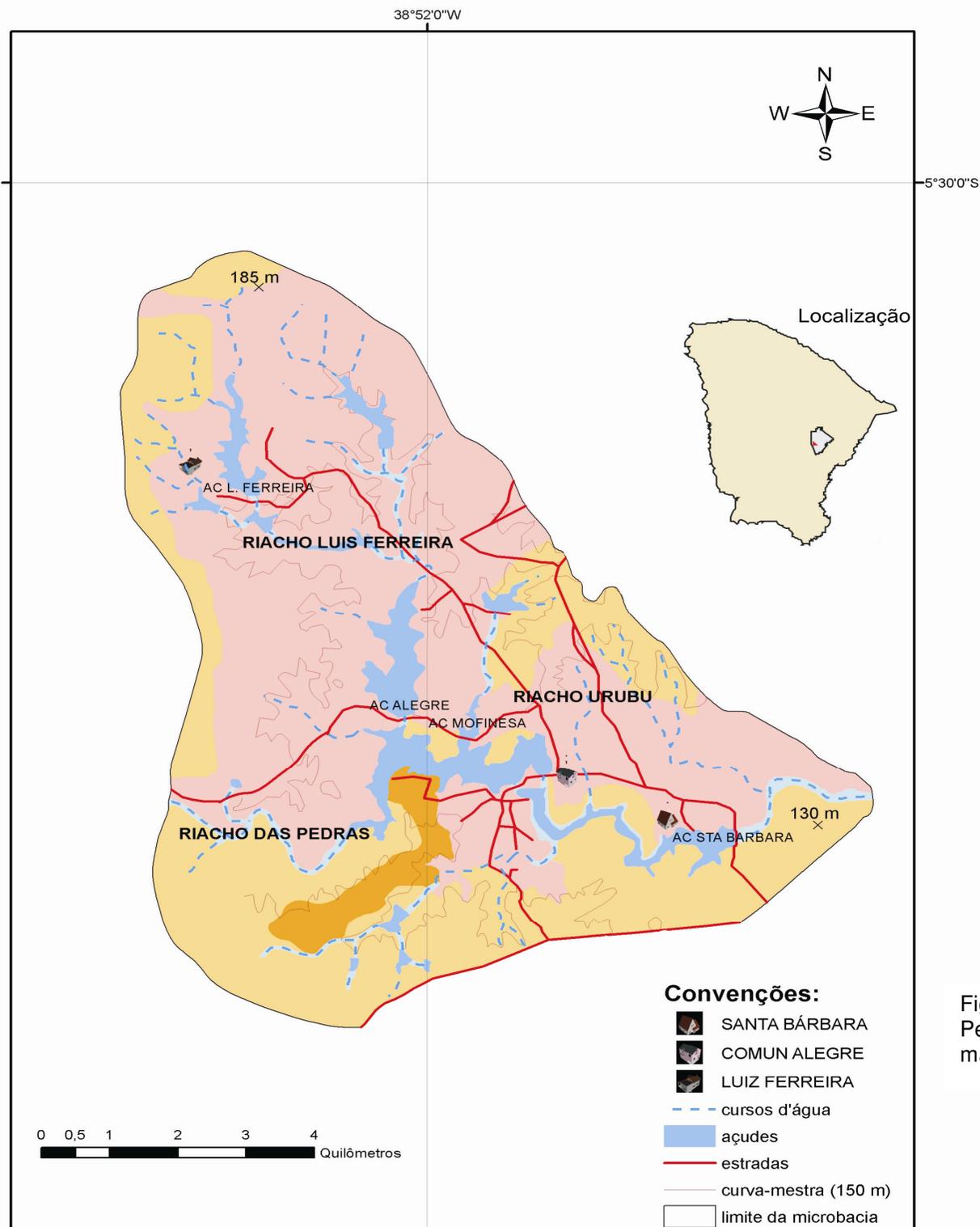
Fonte: Adaptado de Souza (2000, 2002 e 2005).



Legenda

Domínio natural	Sistemas ambientais	Área (Km ²)	Sub-sistemas ambientais
Vales	Planície ribeirinha	4,3	Planície fluvial do rio Palhano
Glacis	Tabuleiros de acumulação interiores	5,6	Tabuleiros interiores
Serras	Maciços antigos	19,8	Serras Palhano
	Depressão sertaneja	4,7	Superfície de pedimentação Aplainada
15,5		Superfície de pedimentação Levemente Ondulada	
7,9		Superfície de pedimentação Dissecada	
	Transição entre tabuleiros interiores e as superfícies de pedimentação	2,3	Transição

Figura 89: Mapa de sistemas ambientais da microbacia de Muquem. Fonte: Elaborado por Nascimento, F & Santos, J, com base no mapa básico. Adaptação: Sérgio Fuck Júnior



Legenda:

Domínio Natural	Sistemas ambientais	Área (km ²)	Sub-sistemas ambientais
Vales	Planície ribeirinha	1,9	Planície fluvial do riacho das Pedras
Sertões	Depressão sertaneja	21,9	Superfície de pedimentação aplainada
		47,8	Superfície de pedimentação levemente ondulada
		2,2	Superfície de pedimentação ondulada

Figura 90: Mapa de sistemas ambientais da microbacia riacho das Pedras. Fonte: Elaborado por Nascimento, F & Santos, J, com base no mapa básico. Adaptação: Sérgio Fuck Júnior

5.2 Capacidade de suporte dos sistemas ambientais: potencialidades limitações e diretrizes das microbacias de Muquém e riacho das Pedras

Este tópico reúne as características mais marcantes dos sistemas ambientais das microbacias, na busca de integrar os componentes ambientais sumariados e de promover o uso sustentável dos recursos naturais.

Dessa forma, destaca-se a capacidade de suporte geoambiental que, segundo Souza *et. al.* (2005), “está relacionada às potencialidades e limitações dos recursos naturais que foram avaliadas em seu conjunto.”

Para Nascimento (2003), as potencialidades referem-se às formas de uso compatíveis dos sistemas ambientais. Por sua vez, as limitações estão ligadas aos fatores que comprometem o desenvolvimento das atividades econômicas.

Pode-se afirmar que, de acordo com as características dos sistemas ambientais, algumas práticas se revelam nefastas ao conservacionismo, sobretudo, no uso e manejo dos solos e das águas.

Segundo Souza (2000), as características biofísicas, as limitações de uso e o estado de conservação dos recursos naturais apontam qualitativamente as possibilidades de uso sustentável das unidades geoambientais.

Nesse contexto, busca-se traçar a capacidade de suporte das unidades geoambientais das microbacias segundo tais preceitos, propondo diretrizes ao uso sustentável dos ambientes, que possibilitem o uso e a ocupação equilibrada de cada unidade ambiental, em face da conservação dos solos, das águas, da flora e fauna, que são os recursos renováveis mais afetados negativamente. Desta feita, procedidas às adaptações, procedeu-se, com base em Brasil (1999), Nascimento (2006) e Ceará (2006a), a avaliação a seguir delineada.

5.2.1 Domínio natural: vales

Sistema ambiental: Planície ribeirinha

Subsistemas ambientais: planícies fluviais de riacho das Pedras e de Palhano

Resguardam razoável capacidade de suporte ambiental, uma vez que comportam condições satisfatórias de recursos hídricos superficiais e com possibilidades de uso das reservas subsuperficiais; solos dotados de potencial edafoclimático notável, recobertos por vegetação descaracterizada, parcialmente degradada em fase de recuperação.

Convém mencionar que a planície do rio Palhano resguarda em seus solos maior umidade ao longo do ano do que a planície fluvial riacho das Pedras, a qual possui solos que ressecam mais rapidamente e não são capazes de reter umidade, restando água somente em seus reservatórios.

Em função dos intensos usos com agricultura, pecuária extensiva, barramentos indevidos e instalação de núcleos rurais, ocorrem diversos problemas de degradação ambiental que superam a sua capacidade de depuração ou resiliência.

Dos principais problemas, destacam-se a alteração dos cursos fluviais, o assoreamento dos corpos hídricos, os desmatamentos da mata ciliar, a poluição e a contaminação das águas e a ocupação intensa e indevida das margens fluviais.

Tais problemas tendem a se agravar e concorrem para tornar estas áreas esgotadas ambientalmente. Na ânsia de reverter tal tendência, bem como garantir e potencializar a capacidade produtiva dos seus recursos naturais, recomenda-se adotar as planícies fluviais par serem alvo das seguintes ações:

- restringir a expansão dos núcleos rurais e de lavouras temporárias e permanentes como forma de controlar a ocupação indevida das margens fluviais;

- implantar saneamento básico nas comunidades rurais instaladas a fim de reduzir a poluição e a contaminação das águas;
- incrementar o monitoramento bacteriológico das águas na busca de acompanhar o comportamento qualitativo dos recursos hídricos;
- controlar a implantação de infraestruturas impactantes como os reservatórios;
- realizar a dragagem dos reservatórios para evitar ou prevenir o assoreamento dos corpos hídricos;
- recuperar áreas degradadas com recomposição da flora e da fauna e criação de áreas de preservação permanente (APP) e desenvolver a Educação Ambiental; e
- articular o Poder Público para incentivar o pequeno produtor com políticas públicas específicas e fiscalizar a obediência ao Código Florestal Brasileiro quanto à ocupação das áreas de preservação permanente (APP);

5.2.2 - Domínio natural: serras

Sistema ambiental: maciços residuais

Subsistema ambiental: serras Palhano

Constituem áreas de baixa capacidade de suporte ambiental à ocupação e apesar de resguardar em nascentes fluviais e biodiversidade paisagística, florística e faunística, são ao mesmo tempo, dotadas de solos pouco profundos, medianamente férteis e suscetíveis aos processos erosivos, sendo revestidos por mata seca e caatingas parcialmente conservadas.

Apresenta uma descaracterização paisagística advinda dos seguintes problemas de degradação: desnudamento de encostas; exploração agrícola de áreas incompatíveis; processos erosivos acelerados; comprometimento de nascentes e da vegetação.

Diante deste quadro, o objetivo deve ser de resguardar a capacidade produtiva dos seus recursos naturais. Para tanto, é mister adotar para as serras Palhano as medidas seguintes cabíveis:

- restringir e controlar os usos agrícolas, evitando a expansão de áreas degradadas;
- estabelecer mecanismos de manejo e conservação da biodiversidade com Educação Ambiental, e criar áreas de preservação permanente (APP);
- incentivar a recomposição da fauna e da flora com a recomposição das espécies, a fim de preservar as nascentes, a vegetação e recuperar solos degradados;
- definir os usos que poderão ser praticados, incentivando o extrativismo vegetal sustentável; o plantio de lavouras em curvas de níveis, bem como a rotação de culturas; e
- articular, junto ao Poder Público municipal, o controle dos usos e a fiscalização da obediência rigorosa ao Código Florestal Brasileiro;

5.2.3 - Domínio natural: glaciais de deposição interiores

Sistema ambiental: tabuleiros de acumulação interiores

Subsistema ambiental: tabuleiros interiores

Apresentam boa capacidade de suporte ambiental, pois têm solos moderadamente profundos, que permitem a ocorrência de reserva de água subterrânea, em função da permoporosidade de seus solos. Possuem de média a alta fertilidade natural, o que os torna, também, favoráveis a agricultura.

Estes solos encontram-se revestidos por caatingas densa e aberta com bom estado de conservação ou em fase de recuperação, em meio às pastagens naturais e aos núcleos rurais.

Haja vista, entretanto, a existência de algumas áreas com indícios: de poluição e contaminação das águas, de desmatamentos e queimadas; de extrativismo vegetal predatório e de solos em processo de alteração dos seus

horizontes superficiais o que nos levar a considerá-la unidade de usos e acesso livre desde que sob preceitos conservacionistas.

Diante desse quadro, para assegurar e, conseqüentemente, potencializar a capacidade produtiva dos seus recursos naturais, sugerem-se as seguintes diretrizes:

- recuperar as áreas de solos degradados com a recomposição das espécies da flora;
- fiscalizar e acompanhar as áreas de desmatamento, visando a poupar áreas em fase de recuperação, bem como incentivar a reserva de áreas para pousio;
- implementar a coleta de efluentes e resíduos sólidos, bem como dar continuidade aos monitoramentos das reservas hídricas; e
- controlar a expansão das pastagens e dos núcleos rurais.

5.2.4 Domínio natural: sertões

Sistema ambiental: Depressão sertaneja

Subsistemas ambientais: superfície de pedimentação aplainada, superfície de pedimentação levemente ondulada, superfície de pedimentação dissecada, superfície de pedimentação ondulada.

Apresentam mínima capacidade de suporte ambiental diante da elevada fragilidade ambiental dos seus recursos naturais, notadamente vislumbrada na semiaridez pronunciada, que influencia na acumulação hídrica superficial e subsuperficial insuficiente. Além disso, os solos são rasos, pedregosos, pouco férteis e muito erodidos, sendo recobertos por caatingas arbustivas degradadas pelos desmatamentos e pelo extrativismo vegetal predatório.

Este contexto evidencia a tendência ao esgotamento das potencialidades dos fatores do potencial ecológico e da exploração biológica, em função de práticas agropastoris incompatíveis.

Sendo assim, com o objetivo de garantir a recuperação dos ambientes degradados e assegurar a mínima capacidade produtiva dos recursos naturais, recomendam-se seguintes medidas ou ações:

- coibir desmatamentos desordenados, queima de resíduos sólidos e extrativismo vegetal predatório, na ânsia de resguardar os horizontes superficiais dos solos e a vegetação;
- recuperar a biodiversidade, com a recomposição da fauna e da flora;
- controlar as práticas agropastoris, potencializando a criação sustentável da apicultura, da caprinocultura e da silvicultura; e
- prevenir e combater a degradação das terras e o processo de desertificação, com Educação Ambiental, criação de áreas de preservação permanente (APP), bem como áreas de reflorestamento e de pousio.

Por fim, apresenta-se o quadro-síntese 8, que revela sumariamente a compartimentação, as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais discutidos.

Quadro 5: Síntese das potencialidades, limitações e diretrizes ao uso sustentável das unidades geoambientais das microbacias Muquém e riacho das Pedras

Geossistemas	Sistemas ambientais	Potencialidades e limitações	Diretrizes ao uso sustentável
Depressão Sertaneja	Superfície de pedimentação aplainada, Superfície de pedimentação levemente ondulada, Superfície de pedimentação dissecada, Superfície de pedimentação ondulada.	Servem à silvicultura, apicultura, caprinocultura e à mineração de rochas; comportam biodiversidade florística e faunística e solos rasos de baixa fertilidade e vulneráveis a erosão com frequentes afloramentos rochosos; Baixos índices pluviométricos; Baixo potencial acúmulo de água subterrânea.	Requerem manejo adequado com a agricultura e a agropecuária como forma de prevenir e recuperar a degradação das terras e a combater a desertificação; Criação de áreas de reflorestamento; Educação ambiental.
Maçãos Residuais	Serras Palhano	Congregam em comparação com a depressão Sertaneja, biodiversidade florística e faunística e inúmeras nascentes fluviais, que estão ameaçadas pelos solos vulneráveis a erosão, dados os declives acentuados; e pelas lavouras inadequadas que desmatam e aceleram processos erosivos;	Manejo da conservação da biodiversidade; Obediência rigorosa ao Código Florestal quanto aos cultivos temporários e permanentes, na busca de resguardar a sua capacidade de suporte ambiental.
Planície ribeirinha	Planícies fluviais do riacho das Pedras e do rio Palhano	Por comportarem os melhores solos, servem ao uso agrícola e agropecuário e ao aproveitamento dos recursos hídricos em superfície e subsuperfície; Constituem patrimônio paisagístico regulado pelas restrições legais; bem como estão submetidas à erosão e a salinização dos solos, a inundações periódicas, à poluição das águas, a assoreamentos e à degradação da mata ciliar.	Requer o uso controlado dos corpos d'água e das margens fluviais quanto à expansão de núcleos rurais, o agroextrativismo, a agropecuária e a instalação de reservatórios; A obediência rigorosa ao Código Florestal; Controle de efluentes por meio de saneamento ambiental adequado; Manutenção da mata ribeirinha; Dragagem de reservatórios.
Glacis de Deposição Interiores	Tabuleiros de acumulação interiores	Favoráveis à expansão de núcleos rurais, à instalação de poços, à agricultura e ao agroextrativismo. As fragilidades perpassam a deficiência hídrica durante a estiagem; Solos medianamente férteis, erodidos com ablação de seus horizontes superficiais; e a poluição e contaminação das águas.	São dotadas de boa capacidade produtiva dos recursos naturais, necessitando da adoção de medidas conservacionistas para recuperação ou manutenção de áreas passíveis de degradação ambiental. Proteção dos mananciais e dos solos; Manejo integrado das reservas de águas superficiais e subterrâneas com a implantação de saneamento básico.

Fonte: Adaptado de Nascimento *et.al.*, (2007) e Souza *et. al.*, (2005).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perspectiva deste trabalho foi de oferecer subsídios ao Programa Vigilantes das Águas, com base na análise ambiental integrada das microbacias de Muquém (Ibicuitinga/Morada Nova) e riacho das Pedras (Jaguaretama), considerando os usos múltiplos de suas águas realizados nas comunidades rurais de Muquém, Jardim e Santa Bárbara, respectivamente.

A relevância deste estudo encontrou abrigo na forma de repensar, discutir e propor, de forma analítica e integrada, considerando a microbacia hidrográfica como categoria de análise, a gestão de ambientes fluviais com reais benefícios para as comunidades ribeirinhas.

A análise ambiental integrada possibilitou se pensar a conjuntura de microbacias hidrográficas segundo o comportamento de suas variáveis geoambientais, apontando os problemas ambientais da relação sociedade/natureza nos sistemas físico-ambientais, bem como sugerir opções ao uso sustentável destes ambientes.

Este estudo considerou as microbacias como unidades espaciais dinâmicas, pois refletem a interação dos diversos fatores que a compõem. Ademais, elas são constituídas com base em práticas cotidianas, expressas nas ações dos seus agentes sociais interventores, são representativas das condições físicas e socioeconômicas do semiárido cearense e das sub-bacias do médio e do baixo Jaguaribe; além de poderem vir a ser unidades experimentais para o planejamento e a gestão participativa das águas, auxiliando, dessa forma, as ações do Programa Vigilantes Globais da Água.

Para o inventário das microbacias, partiu da escala regional com a caracterização das potencialidades dos recursos naturais das sub-bacias do baixo Jaguaribe e do médio Jaguaribe que comportam em seus limites hídricos as microbacias de Muquém e riacho das Pedras, respectivamente.

Sequencialmente, foram verticalizadas as informações sobre as potencialidades, limitações e problemas de degradação ambiental existentes nas microbacias, traçando a caracterização ambiental. As informações versaram sobre as condições geológicas e geomorfológicas, hidroclimáticas, de solos e vegetação, das formas de uso e ocupação e dos problemas de degradação ambientais derivados; e foram sintetizadas em mapeamentos, quadros-sínteses e planos de uso sustentável dos recursos naturais desenvolvidos para cada sistema ambiental.

Considerou-se cada subcompartimento geológico, delimitado e mapeado, como sendo o substrato físico que demonstrou evidências da estrutura geológica regional, refletidas no predomínio da ocorrência de terrenos antigos ante a porções restritas de terrenos recentes, formando diversas fácies de relevo.

Não obstante, a microbacia riacho das Pedras foi a que mais apresentou sistemas ambientais em forma de cristas e lombadas em meio aos níveis rebaixados, levemente ondulados e ondulados, bem definidos.

É interessante notar que a presença da depressão Sertaneja em Muquem foi variada, compondo formas erosivas aplainadas (rampas ou pedimentos), que se inclinam suavemente em direção aos vales dos rios.

A variabilidade intra-anual destacada demonstrou contrastes, tanto nos meses mais chuvosos, evidenciando uma curta estação chuvosa, quanto no trimestre mais seco, resguardando oscilações mensais significativas e bem heterogêneas em cada microbacia, comportamento típico do clima semiárido cearense.

A ocorrência maior de precipitações, de acordo com as análises, sucedeu entre os meses de fevereiro e maio, época que coincide com a atuação no Hemisfério Sul da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, juntamente com as linhas de instabilidade e os ventos alísios; seguidos de meses com redução ou ausência de chuvas, representados pelo intervalo dos meses de junho a dezembro.

No período em que a ZCIT migra para o Hemisfério Norte e os ventos diminuem, passam a atuar na área em foco os sistemas atmosféricos que não favorecem a ocorrência de precipitações intensas. Quando o fenômeno El-niño se pronuncia, são evidenciados períodos de secas.

A variabilidade interanual foi evidente nas duas unidades de estudo, haja vista os totais analisados ao longo da série histórica. A microbacia que mostrou maior média chuvosa mensal (63,5 mm) e anual (858 mm) foi riacho das Pedras, enquanto a menos chuvosa anualmente (696 mm) e mensalmente (58,6 mm) foi Muquém.

As propriedades geomorfológicas dos terrenos e a atuação do clima influenciaram sobremaneira nas potencialidades e limitações hídricas das referidas unidades de análise. Isto se materializou nas múltiplas reservas hídricas construídas pelas comunidades rurais com presença de pequenos reservatórios (açudes e barreiros, cisternas de placas e poços), os quais amenizam a convivência com o regime climático porque acumulam água para as diversas atividades produtivas.

Notou-se que a potencialidade e a disponibilidade das reservas subterrâneas são baixas em virtude da pouca oferta de água dos aquíferos fissurais predominantes na área; da incipiente quantidade de poços instalados utilizados; e da qualidade adequada das águas, uma vez que só poderá ser aproveitada em solos bem drenados irrigando plantas com elevada tolerância à salinidade.

Diante das limitações constatadas nos reservatórios de superfície em riacho das Pedras, o ideal seria construir pequenos barramentos, para que a água pudesse se renovar constantemente, sendo alimentada ou por lençol subterrâneo disponível ou pelas precipitações.

Assim, não haveria tanta perda de água superficial, tampouco subsuperficial. Com relação às limitações de Muquém, os poços deveriam ser instalados mediante estudos geológicos prévios e consistentes, de forma contínua e com monitoramento constante da qualidade de suas águas, e

assistência funcional para que não se tenham águas salinizadas nestas reservas.

As reservas de águas precisam, sobretudo, ser utilizadas de forma integrada, e, ao mesmo tempo, ser monitoradas e conservadas pelas comunidades e pelo Poder Público, para que nenhuma reserva hídrica seja contaminada, desativada, subutilizada nem superutilizada pelas populações rurais que delas dependem.

De forma geral, as classes de solos verificados apresentaram baixa umidade, são pouco profundos, têm ínfima capacidade de armazenamento de águas subterrâneas, estão sujeitos aos rigores climáticos e à erosão. Além do mais, formam comumente porções descontínuas e variadas, com distintas potencialidades e inúmeras limitações quanto aos seus usos.

Os aspectos morfopedológicos das microbacias resguardaram nos seus diversos sertões a maior complexidade de solos, os quais são na sua maioria rasos ou pouco profundos, com frequência de afloramentos rochosos e chãos pedregosos, constituindo assim ambiente típico de ocupação das caatingas. E os melhores solos são encontrados na unidade geoambiental das planícies fluviais e áreas de inundação sazonal.

Nas áreas de neossolos flúvicos e dos argissolos vermelho-amarelo distrófico, é possível desenvolver uma manutenção dos agroecossistemas, bem como incrementar outras culturas e atividades para fixação e sobrevivência dos trabalhadores rurais, respeitando diretrizes ambientais e limitações pedológicas destacadas.

Foi encontrada em Muquém a maior expressividade das associações de solos, em razão das suas inúmeras áreas transicionais entre as unidades de deposição recente dos tabuleiros interiores e os terrenos antigos das superfícies de pedimentação, o que a tornou heterogênea quanto às condições pedológicas.

As diferenças observadas na vegetação estudada decorrem de alguns fatores ambientais e da relação sociedade/natureza nas microbacias em foco, a despeito do que tratou Nascimento (2006).

Como resultado da análise, o padrão vegetacional dos sertões tem reflexos do contexto estadual e regional onde se encontram a vegetação xérica e uma vegetação classificada como mesófila. Sendo assim, foi observada a ocorrência dos diversos padrões de caatinga nas respectivas microbacias.

Houve o predomínio das caatingas arbustiva aberta e das caatingas arbustivas densas, as quais ocorrem perto das serras baixas e nas superfícies de pedimentação, ficando a vegetação mesófila restrita às serras baixas e às superfícies de pedimentação dissecadas de Muquém, e algumas espécies dispersas da caatinga arbórea distribuídas nas superfícies de pedimentação e nas margens fluviais das microbacias.

Destaca-se, ainda, a mata ciliar de carnaúbas, que ocorre em meio às caatingas, sendo exploradas economicamente. Em decorrência, se encontram-se descaracterizadas a moderadamente conservadas em Muquém, enquanto em riacho das Pedras sua ocorrência é mais limitada.

Detectou-se o fato de que a diversidade vegetal das microbacias apresenta fases de sucessão em virtude de transformações decorrentes da remoção de espécies originais ao longo dos anos, o que denota sua descaracterização original e seus diferentes estados de conservação.

Esse processo foi constatado e ocorre em virtude, principalmente, das práticas com o uso e aproveitamento agrícola, os quais não são condizentes com as características dos solos e da vegetação da depressão Sertaneja.

Foram constatadas do ponto de vista geoambiental, algumas limitações naturais impostas pela irregularidade pluviométrica do semiárido e dos efeitos morfogenéticos. A exemplo, notaram-se solos rasos e pedregosos que têm sua distribuição aumentada por conta da degradação.

Os recursos hídricos superficiais e subsuperficiais ora levantados, tendem a uma diminuição quali-quantitativa das águas em função da poluição e do assoreamento dos corpos hídricos.

Em suma, o diagnóstico geoambiental das microbacias revelou o estado atual dos solos, das águas e da vegetação encontrados em cada sistema ambiental, bem como ofereceu informações relevantes sobre as disponibilidades de água e as formas de uso dos recursos hídricos em cada microbacia.

As comunidades rurais de Muquém e Santa Bárbara inseridas nas microbacias apresentaram carências semelhantes do ponto de vista socioeconômico. Estas comunidades enfrentam problemas quanto às condições de saúde e educação que não atendem as demandas locais; problemas agravados pela ausência de saneamento básico, pois não há coleta de resíduos sólidos, tampouco implantação de esgotamento sanitário.

Além disso, são restritas as condições de emprego e renda, haja vista a baixa qualificação profissional da população, os poucos investimentos financeiros, salários baixos, bem como o baixo nível tecnológico empregado na agropecuária, a principal atividade econômica, e oferecimento de condições precárias de trabalho.

Notou-se que há sistemas ambientais que requerem mais atenção, sejam por serem mais vulneráveis aos problemas de degradação ambiental - como é o caso das depressões sertanejas- seja por serem áreas dotadas de significativo potencial ecológico, a exemplo das planícies fluviais e dos maciços residuais.

Em consequência das limitações mencionadas, é possível afirmar que estas populações colaboram para ocasionar os problemas de degradação ambientais encontrados em todos os sistemas ambientais em graus diferenciados.

Esses problemas assumem proporções preocupantes, manifestadas com: a poluição e contaminação das águas; os desmatamentos

e as queimadas, que contribuem com a proliferação de plantas invasoras; com o desaparecimento de espécies nativas; com a erosão, alteração física e química dos solos, assoreamento dos rios e barragens.

Tal panorama, se permanecer inalterável, conduzirá ao esgotamento dos recursos naturais em algumas áreas, a par de condições extremas de degradação ambiental, ratificadas na expansão de manchas dos solos expostos encontradas nos mapeamentos realizados.

Nas microbacias, a prática do uso sustentável dos recursos naturais requer a adoção dos preceitos conservacionistas, uma vez que esta prática se relaciona, conforme Nascimento (2003), com a melhoria da qualidade de vida humana dentro dos limites da capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

Adotar práticas e atitudes conservacionistas enseja múltiplos desdobramentos, observados em Souza (1988a:84), que afirma: “a conservação, recuperação, ou preservação compulsória dos bens naturais, requer medidas que trazem implicações políticas, econômicas e sociais.” Tais medidas ou opções, portanto, devem viabilizar a sustentabilidade e a conservação dos recursos naturais renováveis, em consonância com as especificidades dos sistemas ambientais existentes nas microbacias.

Outras medidas importantes são: estabelecer os usos permitidos para as águas dos principais açudes; disciplinar a construção das fossas sépticas e a instalação de poços; implantar sistema de coleta e tratamento de esgotos e de resíduos sólidos; retirar os currais das margens do reservatório de Santa Bárbara; incrementar a produção agrícola e a criação de animais; recuperar áreas degradadas, dentre outras.

Restaram consideradas, ainda, os pontos positivos e alguns entraves da prática dos Vigilantes das Águas em cada comunidade atendida pelo Programa.

É notório que o ordenamento institucional e a normatização constituída ao longo dos anos mudou a concepção de gestão dos recursos

hídricos e ampliou a participação da sociedade no processo de gerenciamento, mediante a criação das leis, de instituições e de outros instrumentos de administração

A prática desenvolvida pelo Programa Vigilantes das Águas sinalizou a busca da gestão das águas, segundo as premissas contidas na legislação dos recursos hídricos, na medida em que refletiu a relação mútua entre os recursos hídricos e seus usuários. Pode ser caracterizada como uma forma de gestão participativa dos recursos hídricos em âmbito local.

Não se detectou, entretanto, nenhuma relação entre os comitês do baixo e do médio Jaguaribe, o Programa Vigilantes das Águas e os membros das comunidades rurais, denotando, assim, a ausência da atuação do Estado na gestão dos recursos hídricos de forma localizada.

Este Programa foi sensível às especificidades locais, na medida em que valorizou as experiências, saberes e contribuições dos membros dessas comunidades, permitindo-lhes a indicação dos pontos a serem monitorados, a organização das reuniões e de campanhas educativas, bem como a correção dos mapas elaborados com a identificação de poços, ruas, riachos e outras comunidades.

O monitoramento dos pontos selecionados e as reuniões posteriores para divulgação dos seus resultados contribuíram para avanços no sentido de uma gestão comunitária.

Tornou as localidades atendidas conscientes para o reconhecimento dos seus recursos hídricos, dos problemas relativos à poluição e dos riscos que oferece, além de ter subsidiado o monitoramento da qualidade da água e levantado discussões sobre o estabelecimento de normas de condutas próprias, de planos de manejo participativo e resolução de conflitos, considerando as necessidades da realidade socioeconômica local.

Segundo Nascimento (2003), a relação sociedade–natureza é, antes de tudo, uma relação entre seres humanos. Assim, é preciso unir o

conhecimento científico às reivindicações e necessidades populares para, conjuntamente com o Poder Público-administrativo, tomar decisões práticas em termos de políticas públicas, para a melhoria da qualidade de vida da população e conservação do meio ambiente - conclui o autor.

Neste contexto, a política da gestão de águas no Ceará, de acordo com Ceará (2006b) e Araújo (2006), prevê níveis de participação na gestão, sendo os mais amplos os comitês de bacias, seguidos das comissões de usuários dos vales perenizados, comissões municipais e ainda os conselhos gestores de açudes.

Na área de estudo, mediante a conscientização e mobilização dos moradores de se organizar como grupo para lutar por seus direitos junto aos tomadores de decisão, o ideal é reunir representantes das comunidades banhadas pela microbacia, do Poder Público municipal, além das instituições estatais e ONGs que atuam nas comunidades, para formar um conselho gestor deliberativo a ser mantido pela Associação de Moradores e pelas prefeituras envolvidas.

Este conselho local se responsabilizaria por disciplinar regras de usos e solucionar os problemas de degradação e os conflitos de acesso à água das microbacias de Muquém e riacho das Pedras, por meio da lógica de negociação e formalizados legalmente.

Por outro lado, é necessário apontar algumas incongruências que impedem a mobilização coletiva para a gestão participativa nas microbacias, como a falta de articulação com as prefeituras dos municípios a que pertencem, bem como com os comitês das sub-bacias do baixo e médio Jaguaribe; além disso, as ações do Programa Vigilantes Globais das Águas são pontuais e restritas a três comunidades, focalizando somente as fontes hídricas.

Compete a este Programa mencionado distribuir pontos de monitoramento e análises mais significativos, levando em conta as principais (senão todas) comunidades que se encontram na área de drenagem das

microbacias, ampliando assim a prática dos Vigilantes para todos os usuários dos mananciais.

Além disso, é de responsabilidade do Estado implementar políticas públicas e realizar parcerias com as ONGs e demais instituições interessadas a execução de oficinas de cunho político que auxiliem nas mobilizações dos moradores e capacitações ou cursos que contenham alternativas de sobrevivência econômica, oferecendo-lhes, dessa forma, possibilidades reais e concretas de uso da terra e de manutenção das posturas éticas e ambientais.

Feito isto, promovido o conhecimento da realidade hídrica, é elevado o engajamento político dos agentes sociais envolvidos ante as suas necessidades e conflitos, melhorando a sua qualidade de vida e caminhando rumo à instalação de conselhos gestores representativos.

Acredita-se que as comunidades inseridas nas microbacias escolhidas poderão conhecer, com suporte nesta pesquisa, alguns aspectos sobre os recursos naturais disponíveis, dos problemas ambientais existentes e das formas mais adequadas de sua apropriação.

De posse dessas informações, assevera-se que as comunidades rurais atendidas por esse Programa, se mobilizadas corretamente, serão capazes de cobrar políticas públicas adequadas a sua realidade, monitorar suas águas, discutir sobre as práticas prejudiciais e condizentes com o manejo dos recursos naturais. Assumirão, dessa forma, a lógica de compartilhamento efetivo com a devida consciência ambiental e política esteadas nas suas aspirações, nas necessidades e valorização de seus saberes.

Assim, a capacidade de solucionar os conflitos de uso das águas será ampliada, tornando efetivo o processo participativo da gestão, o que promoverá o aparecimento de agentes multiplicadores das informações relativas à conservação do meio ambiente. Tais experiências feitas nessa perspectiva servirão de referência para os comitês gestores nas bacias do médio e baixo Jaguaribe.

Por fim, os resultados mostraram que a análise ambiental integrada contribuiu com inúmeras informações geoambientais úteis às comunidades rurais que lá convivem e ao planejamento de atuação do Programa Vigilantes Globais da Água; além de ter possibilitado sugerir e repensar ações práticas e políticas ante as condições socioeconômicas e os sistemas ambientais encontrados nas microbacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003 p.83-100.

_____. O Domínio Morfoclimático Semi-árido das Caatingas Brasileiras. In: **Geomorfologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. p. 01-40.

AIRES, R . NASCIMENTO, F. R.; A análise ambiental integrada e estudo de microbacias hidrográficas em áreas rurais do Ceará. In: **XV Encontro Nacional de Geógrafos-ENG**. São Paulo: USP, 2007b 10p.

_____. Nascimento. Condições morfoestruturais das microbacias cearenses de Muquém, riacho das Pedras e Neblina. In: **AMORA, Z. B. (ORG.). Cenários Geográficos: reflexões e enfoques**. Fortaleza: FUNECE, 2009 p.272-286 (*no prelo*).

AMORA, Z. B. O Processo de urbanização. In: Elias, D. (Org). **O Novo Espaço da Produção Globalizada: O Baixo Jaguaribe-CE**. Fortaleza: FUNECE, 2002 p 163-176.

ALVES, A. B. **Estuário do Acaraú: Impactos ambientais e implicações na qualidade dos recursos hídricos**. (Dissertação de Mestrado em Geografia). Fortaleza: UECE, 2008 131p.

ARAÚJO, L. F. P. O processo de Gestão da água no Ceará: o contexto da Bacia Hidrográfica do Jaguaribe. In: ROSA, M. F.; GONDIM, R. S.; FIGUEIREDO, M. C. B. de.:(Orgs.) **Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe**, Ceará. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2006 p.17-23.

ARAÚJO, T. M. S.. GIRÃO, E. G. ROSA, M. de F. ARAÚJO, L de F. P. Monitoramento participativo da qualidade da água de fontes hídricas em comunidades rurais: o caso de Santa Bárbara. In: **6º Simpósio Brasileiro de Captação de água e Manejo de Água de Chuva** **Águas de Chuva:**

pesquisa, política e desenvolvimento sustentável (Anais). Belo Horizonte: 2007 6p.

ASA BRASIL, **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas.** Disponível em <http://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: 02 mai. 2008.

BARRETO, A. M. Biodiversidade Distúrbios e Qualidade de Vida. IN: Elias, D. (Org). **O Novo Espaço da Produção Globalizada: O Baixo Jaguaribe-CE.** Fortaleza: FUNECE, 2002 p 91-106.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global-Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra 13.** IGEOUSP, São Paulo, 1971 p 01-27.

BOUGERRA, M. L. A Guerra pela água. Cadernos Le monde Diplomatique, nº 3, s.l. 2003 3p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. IN: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J.T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p.153-192.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In:GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R. G. M.;(Orgs). **Erosão e conservação de solos: conceitos temas e aplicações.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p.269-300.

BRANDÃO, R. L. **Zoneamento Geoambiental da região de Irauçuba-CE.** Texto Explicativo. Carta Geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003, p.12-41.

BRASIL/SUDENE. **Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe – Aspectos hidrológicos. Vol. IX. GVJ.** Recife: SUDENE-ASMIC, 1967.

BRASIL/Presidência da República. **Lei que criou a Política Nacional de Meio Ambiente.** Brasília: 1981. Disponível em www.planalto.gov.br. Acesso em 10/06/2008.

BRASIL/ Presidência da República. **Decreto-Lei que cria o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH.** Brasília: 1987. Disponível em www.planalto.gov.br. Acesso em 10/05/2007.

BRASIL/SEPLAN. **Projeto Áridas.** Grupo de Trabalho I e II. Fortaleza: Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN, 1994.

BRASIL/Presidência da República. **Lei que criou o Código Florestal Brasileiro.** Brasília: 1997. Disponível em www.planalto.gov.br. Acesso em 10/06/2008.

BRASIL/Ministério de Planejamento e Orçamento. Zoneamento Geoambiental. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe,**

diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE, 1999, p 17-34.

BRASIL/MMA. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: Agência Nacional das Águas, 2002, 64p.

BRASIL/IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, 91p.

BRASIL/Presidência da República. Decreto-Lei que **estabelece a política nacional de recursos hídricos.** Fortaleza, 1997. Disponível em www.planalto.gov.br. Acesso em 11/02/2007.

BRASIL/EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. **Revista do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária Tropical nº127 (Julho - Setembro).** Fortaleza: EMBRAPA, 2008a p.8-10.

_____/EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. **Características das comunidades rurais e monitoramento participativo dos recursos hídricos em Muquém e Riacho das Pedras.** Fortaleza: EMBRAPA, 2008b. Disponível em www.embrapa.cnpat.gov.br/vigilantesdaagua. Acesso em 10/10/2008.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S.; PORTO, E. R.; CAVALCANTI, N. B.; **Cisternas domiciliares: quantidade e qualidade das águas para consumo humano.** In: (ANAIS) XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. João Pessoa – PB: 2006 04p.

CAMPOS, J. N: B. **Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas.** In: **Revista planejamento e políticas públicas**, n.16. Fortaleza: UFC, 1997 p. 261-294.

CASTRO, F. V. F.; ALVARENGA, L. J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; A Política nacional de recursos hídricos e a gestão dos conflitos em uma nova territorialidade. In: **Geografia-Revista do departamento de Geografia e do Programa de pós-graduação em Geografia**, V.01, n.01. Belo Horizonte:IGC- UFMG, 2005, p. 37-50.

CEARÁ/SEAGRI. **Recursos hídricos das regiões do Baixo e do Médio Jaguaribe-CE.** Fortaleza: Secretaria de Agricultura e Abastecimento/PROMOVALE, 1982.61p.

CEARÁ/SRH. **Decreto-lei que cria a política estadual de recursos hídricos.** Fortaleza: Secretaria de recursos hídricos, 1992. Disponível em: www.srh.ce.gov.br. Acesso em: 02/08/2007.

CEARÁ/SRH. **Decreto-lei que cria a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH.** Fortaleza: Secretaria de recursos hídricos - SRH, 1993. . Disponível em: www.srh.ce.gov.br. Acesso em: 02/08/2007.

CEARÁ/FUNCEME. **Avaliação das potencialidades hídrica e mineral do Médio-Baixo Jaguaribe-CE.** Fortaleza: CPRM, 1996 90p.

CEARÁ/CPRM. **Diagnóstico do Município de Ibicuitinga.** Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial Residência de Fortaleza, 1998a 12p.

CEARÁ/CPRM. **Diagnóstico do Município de Jaguaratama.** Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial Residência de Fortaleza, 1998b 12p.

CEARÁ/CPRM **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea no Estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 1998c. Disponível em <http://siagas.cprm.gov.br>. Acesso em 02 de abr de 2008.

CEARÁ/IPECE. **Mapa de solos do Ceará.** Fortaleza: Ipece / EMBRAPA, 1998d. Disponível em www.ipece.gov.br. Acesso em 30/01/2008.

CEARÁ/IMOPEC. **Vale do Jaguaribe Natureza e Diversidade Cultural-I. Proposta Alternativas.** Fortaleza: Instituto da Memória do Povo Cearense – IMOPEC 1999 p.10-20.

CEARÁ/SRH. **Evolução cronológica da capacidade de armazenamento dos açudes do Estado do Ceará.** Fortaleza: COGERH, 2004.

CEARÁ, **Zoneamento Ecológico-econômico das áreas de influencia do reservatório da barragem.** Castanhão-Ceará. Fortaleza: CETREDE, 2006a p. 32-104.

CEARÁ/SRH. **Planejamento estratégico dos comitês de bacias.** Fortaleza: Secretaria de recursos hídricos, 2006b. Disponível em: www.srh.ce.gov.br. Acesso em 10/09/2007.

CEARÁ/FUNCEME. **Séries históricas das precipitações de Jaguaratama e Ibicuitinga.** Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2007a. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em 02/01/2008.

CEARÁ/SRH. **Boletim de perenização dos trechos dos rios durante a estação seca de 2007.** Fortaleza: Secretaria de recursos hídricos, 2007b. Disponível em: www.srh.ce.gov.br. Acesso em 10/09/2008.

CEARÁ/SRH. **Plano estadual de recursos hídricos.** Fortaleza: Secretaria de recursos hídricos, 2007c. Disponível em: www.srh.ce.gov.br. Acesso em 10/09/2007.

CEARÁ/FUNCEME. **Médias de precipitação das sub-bacias do Baixo e do Médio Jaguaribe no período de 1975-2005.** Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2008a. Disponível em: www.funceme.br/recursos_hidricos/precipitacao_mediathiesen. Acesso em 02/12/2008.

CEARÁ/DHIMA-FUNCEME. **Mapas exploratórios de solos e vegetação dos municípios de Jaguaratama, Morada Nova e Ibicuitinga.** Fortaleza: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, 2008b.

CEARÁ/SRH. **Nível e vazão dos açudes.** Fortaleza: SRH, 2009. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/nivelacude>. Acesso em 11 de Janeiro de 2009.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. IN: THEODORO, Suzi (org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais.** Grammond, Rio de Janeiro, 2002, p. 13-28.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de bacias hidrográficas. In: **Geomorfologia.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1980 p.102-127.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In CUNHA, S. R.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro 2000, p 337-379.

_____. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: Guerra, A. J. T e Cunha, S. B. **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro 2003, p. 219-238.

_____. FREITAS, M. W. D. Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João. In: **Geographia, Ano 6, nº 12,** Rio de Janeiro, 2004, p.87-110.

DELÉAGE, J. P. A nova questão estratégica mundial. In: **Cadernos Le Monde Diplomatique,** n.03 *s.l.*: 2003, 3p.

DEUTSCH, W., DUNCAN, B. **Community-based water monitoring: global experiences for practical programs in watershed management.** Auburn: Auburn University, 2006, 9 p.

FCC/Fundo Cristão Para Crianças. **Manual prático para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água. Módulo II Monitoramento bacteriológico.** Belo Horizonte: FCC, 2006 72p.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira.** 2ª edição. Fortaleza: Multigraf, 2000, p. 286-308.

_____, A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil.** Fortaleza: Stylus comunicações , 1990 p159-185.

FERREIRA, V. O. **Paisagem, recursos hídricos e desenvolvimento econômico na Bacia do rio Jequitinhonha em Minas Gerais.** (Tese de Doutorado em Geografia). Belo Horizonte: UFMG, 2007. 291f

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M de F.; ARAÚJO, L de F. P.; GIRÃO, E. G.; DUCAN, B. L.; Monitoramento comunitário da qualidade da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos. In: **Revista de Gestão da Água – REGA**, V.5, nº 1, jan/jun. Porto Alegre, 2008, 22p.

_____; ROSA, M. de F. ARAÚJO, L de F. P. Monitoramento Comunitário da Qualidade da Água: Desafios e oportunidades para aplicação do modelo GWW no semi-árido. In: **VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. Gravatá, 2007, 11p.

_____; ROSA, M. de.; GONDIM, R. S.; ARAÚJO, L. F. P. **Gestão da demanda hídrica em municípios do Médio e Baixo Jaguaribe**. 2004 p. 81-96.

FRANÇA, F. M. C.; PEREIRA NETO, A.; BESSA, F. E. de.; **Documento referencial do pólo de desenvolvimento integrado Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1997, 55p.

GARJULLI, R. Os Recursos hídricos no semi-árido. In Revista ciência e cultura, Ano 55, n.4. São Paulo: SBPC 2003, p.38-39.

_____.; RODRIGUES, H. E.; OLIVEIRA, J. L. F. de.; A gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido: a experiência do Ceará. In: MACHADO, J. S. (Org.). **Gestão de águas doces**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004 p. 267- 288.

GEPE/Grupo Espírita Paulo Estevão. **História do pólo de lazer Bezerra de Menezes**. Fortaleza: GEPE, 2008. Disponível em <http://www.gepe.org.br/polojaguaretama>. Acesso em 01 de abril de 2008.

GIRÃO, E.; FUCK JÚNIOR, S. O Programa Vigilantes da Água no Ceará: Monitoramento Participativo da Qualidade da Água em uma Comunidade Rural da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe In: **Simpósio “Experiências Em Gestão Dos Recursos Hídricos Por Bacia Hidrográfica (ANAIS)**. São Pedro - SP , 2007, 13p.

GONDIM FILHO, J. G. C. **Sustentabilidade do desenvolvimento do semi-árido do ponto de vista dos Recursos Hídricos**. Brasília: SEPLAN, 1994 116p.

GUERRA, M. C. B; VASCONCELOS, S. M. S.; Aspectos qualitativos das águas subterrâneas do município de Jaguarpetama-CE. In: **Revista de Geologia**. Volume 18, nº 2. Fortaleza: UFC, 2005, p.123-129.

GONDIM, R. S.; TEIXEIRA, A. S.; ROSA, M. F.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de. Diagnóstico da Agricultura Irrigada no Baixo e Médio Jaguaribe. Documentos Técnico-Científicos In: **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 35, nº 3, jul-set. 2004.

GRANJEIRO, M. C. M. **Base conceitual da organização ambiental: a bacia hidrográfica como categoria de análise do planejamento de uso da natureza Semi-árida** (Dissertação de Mestrado). UECE, Fortaleza, 2004, p.24-55.

HISSA, H. R.; MACHADO, J. S. Gestão participativa de recursos hídricos em microbacias hidrográficas. IN MACHADO, J. S. (Org.). **Gestão de águas doces**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2004 p. 345- 365.

JACOMINE, P. K. T; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R.; **Levantamento Exploratório-Reconhecimento dos solos do Estado do Ceará**. Volume I. Recife: Convênio MA/ DNPEA-SUDENE. Boletim Técnico Ministério da Agricultura n 28 série pedológica.n° 16, 1973, p.03-161.

LEAL, A. C. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. IN: ROBERTO, B e CARVALHO, P. F de. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. laboratório** Rio Claro: UNESP/DEPLAN, 2003, p.165-185.

LEITE, F. R.B.; GOMES, E. C. B.; BRAGA, E. L.; LEITE. F. de A. B.; BARRETO, M. M. S. **Solos do Estado do Ceará: atualização taxonômica. Parte I e II**. In: XXI. Congresso brasileiro da ciência do Solo. Gramado, 2007, 04p.

_____. *(et al.)* **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na microrregião do Médio Jaguaribe e parte das microrregiões do Baixo Jaguaribe e Serra do Pereiro**. Fortaleza: FUNCEME, 2005.42p.

MACHADO, C. J. S. Mudanças conceituais na administração pública do meio ambiente. In **Revista ciência e cultura**, Ano 55, n.4. São Paulo: SBPC, 2003, p.22-26.

MOTA, S. **Preservação e Conservação dos Recursos Hídricos**. ABES, Rio de Janeiro, 1995, 200p.

_____. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 4ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2006 p.13-56.

NASCIMENTO, F. R. **Recursos Naturais e desenvolvimento sustentável: manejo geoambiental na Sub-Bacia do Baixo Pacoti**. (Dissertação de Mestrado). UECE Fortaleza, 2003, p.40-77.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica**. Revista Fluminense de Geografia, n. 2, Niterói, 2003, p. 61-80.

_____. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú – CE** (Tese de doutorado). Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2006 375p.

_____. CUNHA, S. B.; ROSA, M. F. Desertificação em Bacias Hidrográficas Semi-Áridas no Nordeste Brasileiro - Estado do Ceará. In: BEZERRA, A. C.; GONÇALVES, C. V.; NASCIMENTO, F. R do.; ARRAIS, T. A.(Orgs.). **Itinerários Geográficos**. Niterói: EDUFF, 2007 p 281-310.

NETO, A.P. MARQUES, R. L. de. **Documento referencial do pólo de desenvolvimento integrado do Baixo Jaguaribe-CE**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2000 57p.

PENTEADO, Margarida M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3° edição. IBGE: Rio de Janeiro, 1983 p.83-129.

PETRELLA, R. Uma necessidade vital se torna mercadoria. In: **Cadernos Le Monde Diplomatique**, n.03 s./ : 2003, 3p.

POMPEU, C. T. A gestão das águas e a competência estadual. IN MACHADO, J. S. (Org.). **Gestão de águas doces**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2004 p. 39- 71.

RAFFESTIN, C. Os recursos e o poder. In: RAFFESTIN, C. **Por uma Geografia do poder**. Série Temas Volume 29. São Paulo: Editora Ática, 1993 p.223-264.

REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. In: **Revista de Estudos Avançados**. Volume 29. São Paulo: Instituto Estudos Avançados, USP, 1997, p. 27-154.

RODRIGUES, H. E.; A Gestão da Água: discurso e prática no contexto cearense. In: Amora, Z. B(Org.). **O Ceará: Enfoques Geográficos**. Fortaleza: Funece, 1999. p. 115-143.

RODRIGUES, C. ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A.(ORG.). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2005 p147-166.

SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J.G. **Software para Cálculo de Balanço Hídrico** THORNMAITE, C. W. e MATHER, J. R. Fortaleza : UFC, 1985.

_____. **Evolução dos Estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro**. IN: GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, N° 14, 2003, p. 9-19.

_____. **Panorama da Desertificação no Brasil**. Disponível em :www.semiluso.com.br. Acesso em 10/01/2009.

SAMPAIO, J. L. F.A água a seca e o estado. IN: Silva, J.B. e Cavalcante, T. C.(Org) **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Editora Demócrito Rocha, 2005, pp. 463-477.

SANTOS, A. M. **O Estudo de Bacias Hidrográficas: Uma Estratégia Para Educação Ambiental**. São Paulo: RIMA Editora, 2ª edição, 2003, 100p.

SANTOS, J. O. **Vulnerabilidade Ambiental e Áreas de risco na Bacia Hidrográfica do rio Cocó Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Mestrado Acadêmico em Geografia. UECE, 2006, p.22-87.

SARAIVA, M. G. A. **O Rio Como Paisagem. Gestão de Corredores Fluviais no Quadro do Ordenamento do Território**. Fundação Calouste Gulbenkian / Ministério da Ciência e Tecnologia, Lisboa-Portugal, 1999, 512 p.

SETTI, A. A. **A Necessidade do Uso Sustentável dos Recursos Hídricos**. Brasília:IBAMA, 1994, 344p.

SEABRA, Giovanni. **Geografia Fundamentos e perspectivas**. 4ª edição. Editora universitária: UFPB João Pessoa, 2007, 156p.

SHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas Teorias e Aplicações**. Ilhéus : Editus, 2002, 289 p.

SOUZA, M. J. N. O campo de ação da Geografia Física. In: **Boletim da Geografia Teórica nº 15**. São Paulo: Simpósio de Geografia Aplicada, 1985 p.32-40.

_____. Subsídios para uma política conservacionista dos recursos naturais renováveis no Ceará. In: **Revista Terra Livre n. 5**. São Paulo: Marco Zero/ AGB,1988a p. 83-101.

_____. Contribuições ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**. Vol. 1, Fortaleza: EDUFC, 1988b p. 35-41.

_____. OLIVEIRA, J. G. B.; LINS, R.C.; JATOBÁ, L.; Condições Geo-Ambientais do Semi-Árido Brasileiro. In: **Notas e Comentários de Geografia Série Textos Didáticos nº 15**. Recife: UFPE, 1996 p. 03-91.

_____. Bases Geoambientais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: Lima, L. C. (Org) **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000a p. 06-98.

_____. **Estudos setoriais e integrados**. Fortaleza: MAG-UECE, 2000b, p. 08-20. (Apostila de curso não publicada).

_____.; OLIVEIRA, V. P. V.; GRANJEIRO, C. M. M.; Análise Geoambiental. IN: Elias, D.(Org).**O Novo Espaço da Produção Globalizada: O Baixo Jaguaribe-CE**. Fortaleza: FUNECE, 2002 p 23-89.

_____. *et. al.* **Contexto geoambiental das bacias hidrográficas dos Rios Acaraú, Curu e Baixo Jaguaribe - Estado do Ceará.** Boletim técnico 101 Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2005 52p.

_____. *et. al.* Diagnóstico geoambiental do Baixo Jaguaribe. In: ROSA, M. F.; GONDIM, R. S.; FIGUEIREDO, M. C. B. de.; (Orgs.) **Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará.** Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2006 p.25-45.

SOUZA, R. S. F. **Planejamento integrado de recursos no fornecimento de água tratada para o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza: proposta de metodologia.** (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC, 2003 p 68-73.

SOUZA FILHO, F. A. Variabilidade e mudança climática nos semi-áridos brasileiros. In TUCCI, C. E. M e BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil.** Porto Alegre: ABRH, 2003 p.77-116.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. In: **Informe Agropecuário.** v. 21 nº 207. Belo Horizonte: Embrapa Agroindústria Tropical, Nov/Dez 2000 p.14-20.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Água no Brasil.** UNESCO, Brasília: 2001 192p.

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J.L.; O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. In: **Revista UNIARA, n. 20.** São Paulo: PRODEMA-UNIARA, 2007 p.137-156.

TOMAZ, A. C. F. **A Política Nacional de Recursos Hídricos e o Federalismo no Brasil.** (Dissertação de Mestrado) São Paulo: Faculdade de Letras Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2003.72p.

TUNDISI, J. G. Planejamento e gestão dos recursos hídricos: novas abordagens e tecnologia. IN: TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA-HE, 2003, p. 105- 137.

VIEIRA, P. P. V. Água Doce no Semi-Árido. In: REBOUÇAS, A.C.;BRAGA,B. e Tundisi, J. G. **Águas Doces no Brasil:capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Editora Escrituras, 1999, pp. 481-505.