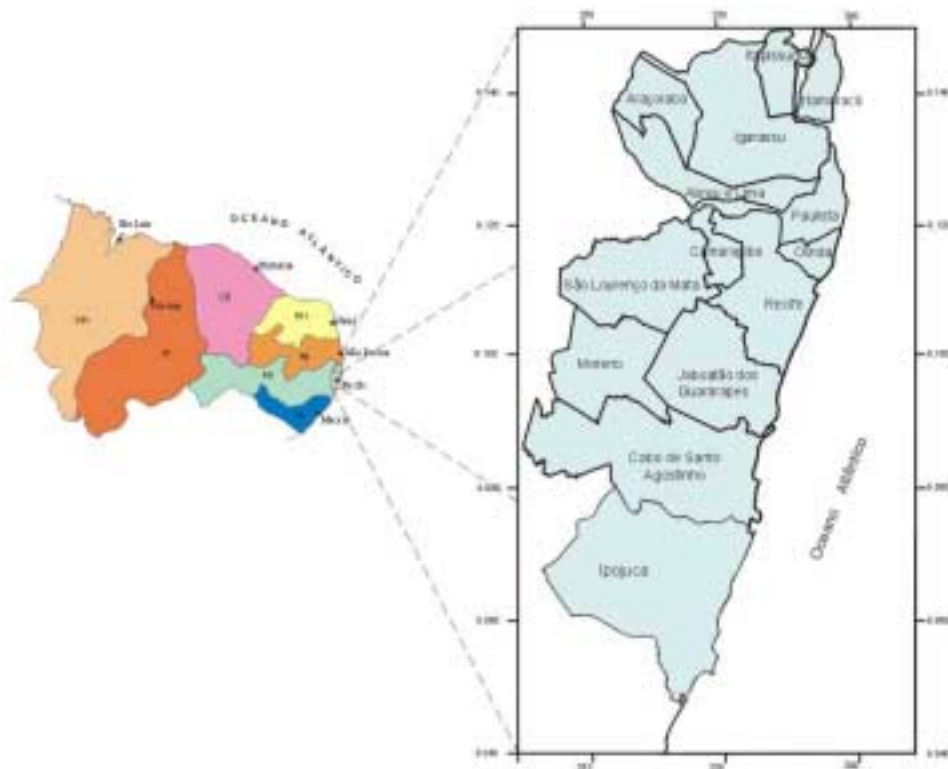


MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE



**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME

Dilma Vana Roussef
Ministra de Estado

Maurício Tiomno Tolmasquin
Secretário Executivo

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

Giles Carriconde Azevedo
Secretário

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Agamenon Sérgio Lucas Dantas
Diretor-Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor de Geologia e Recursos Minerais – DGM

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento – DRI

José Ribeiro Mendes
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT

Álvaro Rogério Alencar Silva
Diretor de Administração e Finanças – DAF

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Regina Célia Gimenez Armesto
Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Marcelo Soares Bezerra
Superintendente Regional do Recife

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE**

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Pedro Augusto dos S. Pfaltzgraff
Coordenação

RECIFE
2003

Enjôlras de A. Medeiros Lima
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Ivo Figueirôa
Gerente de Relações Institucionais
e Desenvolvimento

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff
Supervisor de Gestão Territorial
Coordenador do Projeto

EQUIPE TÉCNICA

Autores

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff
Onofre Leal
Luiz Carlos de Souza Júnior
Carlos Alberto Cavalcanti Lins
Frederico José Campelo de Souza
Ana Cláudia de Aguiar Accioly
Adriano da Silva Santos
Cristiane Ribeiro de Melo
Flávio Machado Moreira
Ivete Souza de Almeida
Lígia Maria Nascimento de Araújo
Dunaldson Eliézer G.A.da Rocha
Roberto Gusmão de Oliveira
Edgard Shinzato
Cristiano de Andrade Amaral
Rogério Valença Ferreira
Jorge Luiz Fortunato de Miranda
Carlos Eugênio da S. Arraes

Editoração Eletrônica

Cláudio Scheid
Alessandra Monalisa A. Tavares
Fabiane de Andrade Lima

Analista de Informações

Dalvanise da Rocha S. Bezerril

Coordenação Editorial

Serviço de Edição Regional Luciano Tenório de Macêdo
Avenida Sul, 2291 - Afogados - Recife - PE

Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos Santos (coord.)

Sistema de informações geoambientais da Região Metropolitana do Recife/ Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (coord.) Onofre Leal, Luiz Carlos de Souza Júnior, Carlos Alberto Cavalcanti Lins, Frederico José Campelo de Souza, Ana Cláudia de Aguiar Accioly, Adriano da Silva Santos, Cristiane Ribeiro de Melo, Flávio Machado Moreira, Ivete Souza de Almeida, Lígia Maria Nascimento de Araújo, Dunaldson Eliézer G. A. da Rocha, Roberto Gusmão de Oliveira, Edgard Shinzato, Cristiano de Andrade Amaral, Rogério Valença Ferreira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda, Carlos Eugênio da S. Arraes. Recife: CPRM, 2003.

119 p. mapas in color.

"Programa de Gestão Territorial".

1. Meio Ambiente 2. Geologia 3. Geofísica 4. Hidrogeologia 5. Água Subterrânea 6. Hidrologia 7. Geoquímica Ambiental 8. Mineração 9. Solos 10. Geomorfologia 11. Sistema de Informações Georreferenciadas – SIG 12. Região Metropolitana do Recife I. Título.

CDD 301.31

Permitida a reprodução desde que mencionada a fonte

Apresentação

*A **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**, atua na área de estudos ambientais, desde 1992, fornecendo subsídios para gestão territorial, tendo assim acumulado grande acervo de dados que resultou na elaboração de vários estudos, mapas e relatórios sobre o tema na Região Metropolitana do Recife – RMR.*

Esta região ocupa uma superfície de 2.742,4 km², abrigando uma população de 3.350.654 habitantes, correspondendo, aproximadamente, a 40% do total do Estado de Pernambuco, segundo o censo do IBGE de 2000.

Os trabalhos elaborados ao longo desses 12 anos levaram à proposta de disponibilização dos estudos para o público, na forma de um Sistema de Informações Georreferenciadas – SIG, enfeixando assim os resultados até agora alcançados.

Os temas abordados neste trabalho versam sobre geologia, geomorfologia, hidrologia, mineração, geoquímica, e atividades impactantes.

CAPÍTULO 1 – HIDROLOGIA

1.1 Estudos Hidrológicos.....	02
1.2 Climatologia.....	02
1.2.1 Temperatura do Ar	02
1.2.2 Umidade Relativa do Ar	03
1.2.3 Evaporação	04
1.2.4 Insolação	05
1.2.5 Ventos	06
1.2.6 Precipitação.....	07
1.3 Escoamento Superficial.....	11
1.3.1 Disponibilidade Hídrica e Regime Hidrológico.....	12
1.4 Conclusão e Recomendações	22
1.5 Referências Bibliográficas.....	23
1.6 Anexo – Mapas	24
A1 Isoietas totais anuais médias.....	24
A2 Isoietas totais médias do trimestre mais seco - outubro, novembro e dezembro	25
A3 Isoieta total mensal de maio	26
A3 Isoieta total mensal de junho	27
A3 Isoieta total mensal de julho	28
A4 Isoieta total mensal de agosto	29
A4 Isoieta total mensal de setembro.....	30
A4 Isoieta total mensal de outubro.....	31
A5 Isoieta total mensal de novembro.....	32
A5 Isoieta total mensal de dezembro.....	33
A5 Isoieta total mensal de janeiro	34
A6 Isoieta total mensal de fevereiro	35
A6 Isoieta total mensal de março.....	36
A6 Isoieta total mensal de abril	37
A7 Rede fluviométrica	38
A8 Usuários cadastrados	39
A9 Disponibilidade hídrica.....	44

CAPÍTULO 2 – GEOLOGIA E GEOFÍSICA

2.1 Geologia	46
2.1.1 Generalidades	46
2.1.2 Estratigrafia	47
2.1.2.1 Embasamento Cristalino	47
2.1.2.2 Bacia do Cabo.....	47
2.1.2.3 Bacia Pernambuco-Paraíba	51
2.1.2.4 Grupo Barreiras.....	53
2.1.2.5 Cobertura Quaternária	54
2.1.2.6 Geologia Estrutural.....	55
2.2 Geofísica	56
2.2.1 Mapa Gravimétrico Bouguer	56
2.2.2 Mapa de Magnetometria Aérea.....	58
2.3 Referências Bibliográficas.....	60

Anexo (In Bolso)

Mapa Geológico da Região Metropolitana do Recife

CAPÍTULO 3 – GEOMORFOLOGIA DO EXTREMO NOROESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

3.1 Justificativa	64
3.2 Unidades Morfológicas	64
3.2.1 Relevos de Degradação	64
3.2.1.1 Tabuleiros	64
3.2.1.2 Vertentes	66
3.2.1.3 Morros	66
3.2.2 Relevos de Agradação	67
3.2.2.1 Planícies Aluviais	67
3.3 Referências Bibliográficas	67

Anexo (In Bolso)

Mapa de Unidades Geomorfológicas da Região Metropolitana do Recife

CAPÍTULO 4 – RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

4.1 Generalidades	70
4.2 Aquíferos	71
4.2.1 Aquífero Beberibe	71
4.2.2 Aquífero Boa Viagem	76
4.2.3 Aquífero Cabo	81
4.2.4 Aquífero Barreiras	83
4.2.5 Aquífero Algoduais	86
4.2.6 Aquífero Fissural Embasamento Cristalino	86
4.2.7 Aquífero Cársticos-fissurais	87
4.2.8 Sedimentos Fluvio-Lagunares e Mangues	87
4.3 Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos	88
4.4 Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas	89
4.5 Referências Bibliográficas	91

Anexos (In Bolso)

Mapa dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife

Mapa de Risco de Contaminação da Região Metropolitana do Recife

Mapa de Vulnerabilidade da Região Metropolitana do Recife

CAPÍTULO 5 – LEVANTAMENTO DE SOLOS

5.1 Introdução	94
5.2 Métodos de Trabalho	94
5.2.1 Métodos de Trabalho de Escritório e de Campo	94
5.2.2 Métodos de Laboratório	94
5.3 Descrição das Classes de Solos	94
5.3.1 Argissolos	95
5.3.1.1 Argissolos Amarelos	95
5.3.1.2 Argissolos Vermelhos	95
5.3.1.3 Argissolos Vermelho-Amarelos	95
5.3.2 Cambissolos	95
5.3.3 Espodossolos	96
5.3.4 Gleissolos Hápicos	96
5.3.5 Latossolos	96
5.3.5.1 Latossolo Amarelo	96
5.3.5.2 Latossolo Vermelho-Amarelo	97
5.3.5.3 Luvissolos	97

Sumário

5.3.6 Neossolos.....	97
5.3.6.1 Neossolos Litólicos.....	97
5.3.6.2 Neossolos Flúvicos	98
5.3.6.3 Neossolos Quartzarênicos	98
5.3.7 Nitossolos.....	98
5.3.8 Planossolo.....	98
5.3.8.1 Planossolos Hidromórficos.....	98
5.3.8.2 Planossolos Háplicos	99
5.3.9 Tipos de Terrenos	99
5.4 Relação das Classes de Solos.....	99
5.5 Referências Bibliográficas.....	104
5.6 Anexo - Mapa Tipos de Solos da RMR.....	105

CAPÍTULO 6 – DIAGNÓSTICO GEOQUÍMICO-AMBIENTAL

6.1 Generalidades	107
6.2 Metodologia.....	108
6.3 Apresentação dos Resultados	109
6.4 Conclusões.....	110
6.5 Recomendações	111
6.6 Referências Bibliográficas.....	111
6.7. Anexos (Tabelas e Figuras).....	113

CAPÍTULO 7 – MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

7.1 Introdução.....	118
7.2 Metodologia de Trabalho.....	118
7.3 Mineração e Meio Ambiente.....	118
7.4 A Mineração e o Desenvolvimento Sustentável.....	119
7.5 A Mineração na Região Metropolitana do Recife.....	120
7.6 Os Impactos Ambientais na Região Metropolitana do Recife.....	123
7.6.1 Desmatamento	123
7.6.2 Instabilidade de Talude	123
7.6.3 Processos Erosivos.....	124
7.6.4 Assoreamento	125
7.6.5 Poluição Aérea	126
7.6.6 Poluição Sonora	126
7.6.7 Danos e Riscos de Contaminação dos Aquíferos	127

CAPÍTULO 1

HIDROLOGIA

Flávio Machado Moreira

Adriano da Silva Santos

Cristiane Ribeiro de Melo

Ivete Souza de Almeida

Lígia Maria Nascimento de Araújo

1.1 Estudos Hidrológicos

A questão da disponibilidade hídrica na **Região Metropolitana do Recife – RMR** é fundamental em função da crescente escassez de água, em especial para abastecimento doméstico. Para caracterizá-la, no âmbito do **Projeto SIGA – Sistema Geoambiental da Região Metropolitana do Recife**, apresentam-se os estudos hidrológicos que contemplam a climatologia e os recursos hídricos superficiais, em termos de disponibilidade destes recursos em períodos de estiagem.

Foi feita campanha de campo de medições de vazão na área do projeto e uma análise de estudos anteriores de regionalização de vazões que, por contemplarem uma área muito mais ampla, como as bacias litorâneas do estados de Pernambuco e Alagoas, não poderiam ser aplicáveis a RMR, com bacias muito menores, sem antes uma verificação de sua aplicabilidade. Os mapas citados ao longo do texto encontram-se em formato digital no sistema de informação geográfica que integra o projeto.

A regionalização tem a finalidade de se espacializar a informação hidrológica, normalmente pontual (das estações), possibilitando a transferência de informações de uma região para outra mesmo que não monitorada, mas considerada de comportamento hidrológico semelhante. Segundo Tucci (2000) a regionalização não pode ser vista como um método de extrapolação, devido a variabilidade dos processos hidrológicos e, por isso, nenhum estudo poderá substituir uma rede adequada de monitoramento.

1.2 Climatologia

A Região Metropolitana do Recife apresenta um clima litorâneo úmido, influenciado por massas tropicais marítimas.

Para caracterização das principais variáveis climatológicas foram utilizados os dados da Estação Meteorológica do Recife (Curado), pertencente ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, correspondentes ao período de 1961 a 1990. As coordenadas da estação são 08° 03'S e 34° 55'W e sua altitude é de 8 m.

1.2.1 Temperatura do Ar

A região apresenta altas temperaturas, com média anual das máximas de 29,1°C e média anual das mínimas de 21,9°C. A média compensada apresenta uma variação entre 23,9°C e 26,6°C, com uma média anual de 25,5°C.

O período mais quente abrange os meses de dezembro a março, enquanto o menos quente ocorre entre os meses de junho a setembro.

A **tabela 1.1** e a **figura 1.1** apresentam a variação mensal da temperatura média das máximas, média das mínimas e média compensada (média entre a mínima e a máxima).

Tabela 1.1 - Temperatura do ar – médias

Mês	Média das máximas (°C)	Média das mínimas (°C)	Média compensada (°C)
Jan	30,3	22,5	26,6
Fev	30,2	22,6	26,6
Mar	30,1	22,6	26,4
Abr	29,7	22,6	26,0
Mai	28,8	22,1	25,2
Jun	28,0	21,6	24,5
Jul	27,3	20,9	23,9
Ago	27,6	20,6	24,0
Set	28,1	21,1	24,6
Out	29,1	21,5	25,5
Nov	29,9	21,8	26,1
Dez	30,2	22,3	26,4
Ano	29,1	21,9	25,5

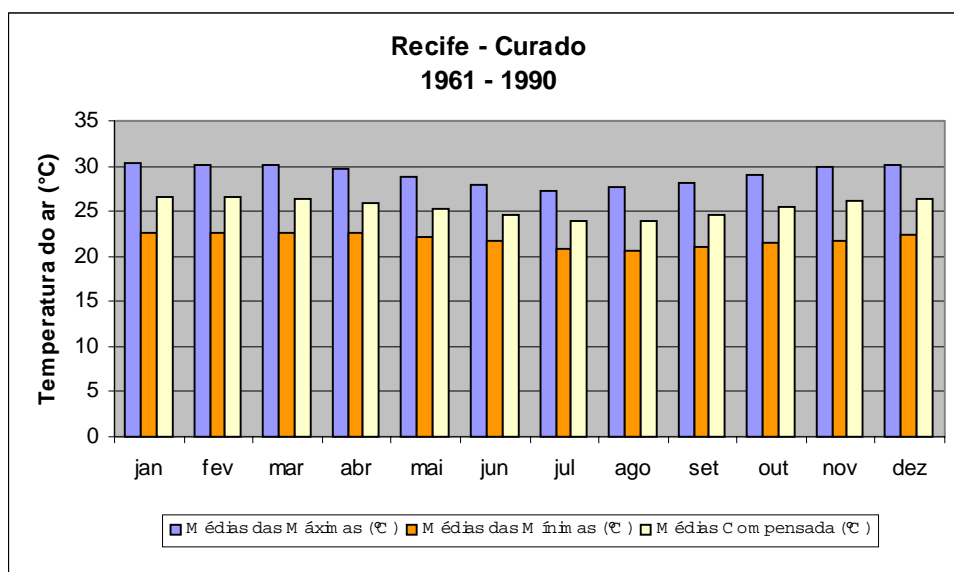


Figura 1.1 – Variação mensal média da temperatura do ar

1.2.2 Umidade Relativa do Ar

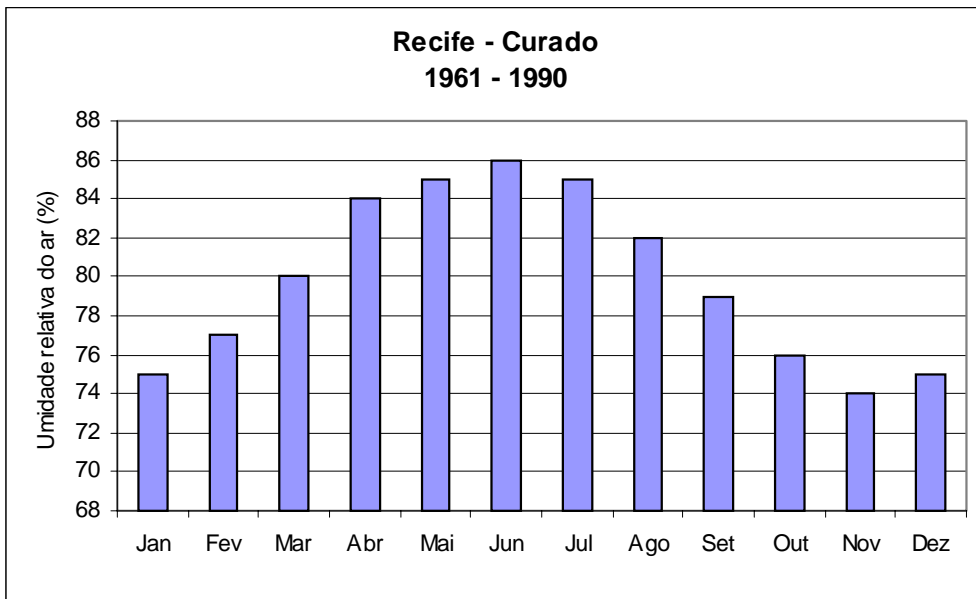
A umidade relativa do ar é um índice utilizado para definir o teor de umidade do ar através do vapor d'água contido na atmosfera.

As médias mensais da umidade relativa do ar, no Recife, oscilam entre 74% e 86%, com média anual de 80%.

A **tabela 1.2** e a **figura 1.2** apresentam a variação mensal e a média anual da umidade relativa do ar.

Tabela 1.2 – Umidade relativa do ar, média

Mês	Umidade relativa (%)
Jan	75
Fev	77
Mar	80
Abr	84
Mai	85
Jun	86
Jul	85
Ago	82
Set	79
Out	76
Nov	74
Dez	75
Ano	80

**Figura 1.2** – Variação mensal média da umidade relativa do ar

1.2.3 Evaporação

A principal perda no balanço hidrológico é representada pela evaporação das superfícies livres. A intensidade de evaporação cresce com a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade dos ventos; diminuindo com o aumento da umidade relativa.

A **tabela 1.3** apresenta médias mensais e totais anuais de evaporação medidas em evaporímetro de Piché e também as observadas em tanque evaporimétrico classe A. A **figura 1.3** apresenta as variações de comportamento dos totais mensais médios de evaporação.

Tabela 1.3 – Totais de evaporação médios

Mês	Evaporação Piché (mm)	Evaporação tanque (mm)
Jan	135,4	206
Fev	153,3	204
Mar	97	202
Abr	76,6	177
Mai	70,2	163
Jun	73	159
Jul	77,7	170
Ago	99,2	176
Set	114,5	172
Out	141,2	210
Nov	140,1	215
Dez	145,3	210
Ano	1.323,4	2.264,0

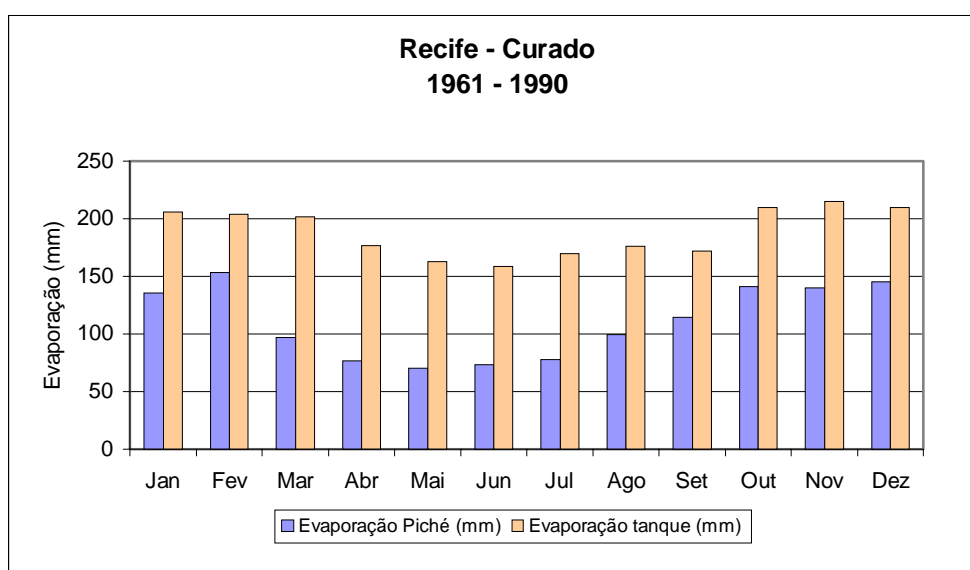


Figura 1.3 – Variação mensal média dos totais de evaporação

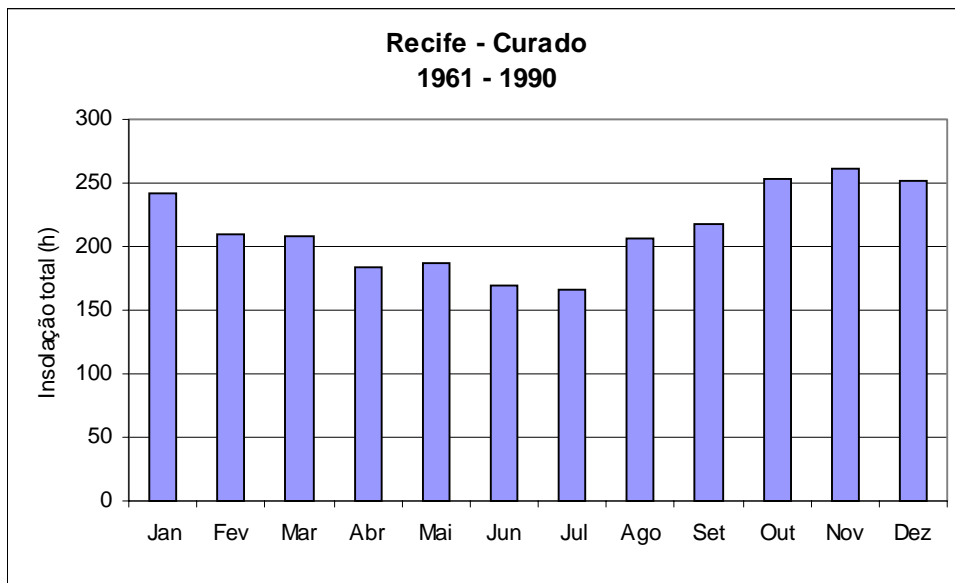
1.2.4 Insolação

A insolação total média mensal oscila entre 165,4 e 260,9 horas, apresentando total anual médio de 2.556,4 horas.

A **tabela 1.4** e a **figura 1.4** apresentam a variação média mensal de insolação medida na Estação Climatológica de Recife.

Tabela 1.4 - Insolação total

Mês	Insolação total (horas)
Jan	242,6
Fev	210,4
Mar	208,3
Abr	183,4
Mai	187,5
Jun	168,6
Jul	165,4
Ago	206,9
Set	217,2
Out	253,9
Nov	260,9
Dez	251,3
Ano	2.556,4

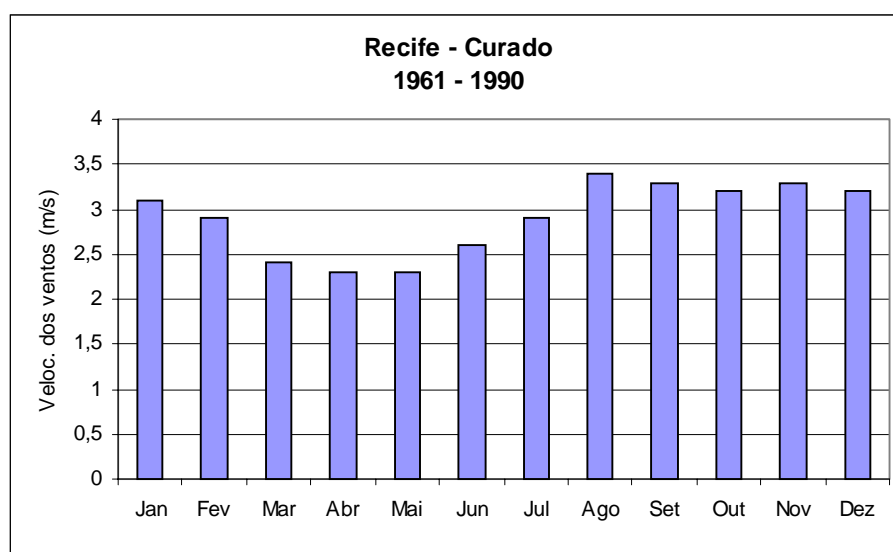
**Figura 1.4 – Variação mensal média da insolação total**

1.2.5 Ventos

A direção predominante dos ventos na RMR é de sudeste. A velocidade anual dos ventos oscila entre 2,3m/s e 3,4m/s, com média anual de 2,9m/s. A **tabela 1.5** e a **figura 1.5** apresentam a variação mensal da velocidade dos ventos.

Tabela 1.5 – Velocidade média dos ventos

Mês	Velocidade dos ventos (m/s)
Jan	3,1
Fev	2,9
Mar	2,4
Abr	2,3
Mai	2,3
Jun	2,6
Jul	2,9
Ago	3,4
Set	3,3
Out	3,2
Nov	3,3
Dez	3,2
Ano	2,9

**Figura 1.5** – Variação mensal da velocidade dos ventos

1.2.6 Precipitação

Os totais anuais médios de precipitação nos municípios da região metropolitana do Recife variam de mais de 2.200 mm, nas áreas litorâneas, decrescendo à medida que se afastam do litoral até valores próximos a 1.200 mm, na parte oeste do município de São Lourenço da Mata. As variações interanuais são também significativas, oscilando entre 1.200 a 3.500 mm no litoral e entre 500 mm a 2.000 mm nas áreas mais afastadas do oceano. O trimestre mais chuvoso, que engloba os meses de maio, junho e julho, concentra 47% dos totais anuais. No mais seco, que ocorre nos meses de outubro, novembro e

dezembro, as chuvas representam apenas 7,5% dos totais anuais. Anexos encontram-se os mapas de isoietas totais anuais médias, do trimestre mais seco, isoietas totais mensais de maio, jun e jul; de ago, set e out; de nov, dez e jan e de fev, mar e abril.

Na **figura 1.6** são apresentados os hietogramas que ilustram as variações no regime de chuvas da região. São os dados de médias mensais e de totais anuais em 12 estações localizadas dentro e nos arredores da área estudada.

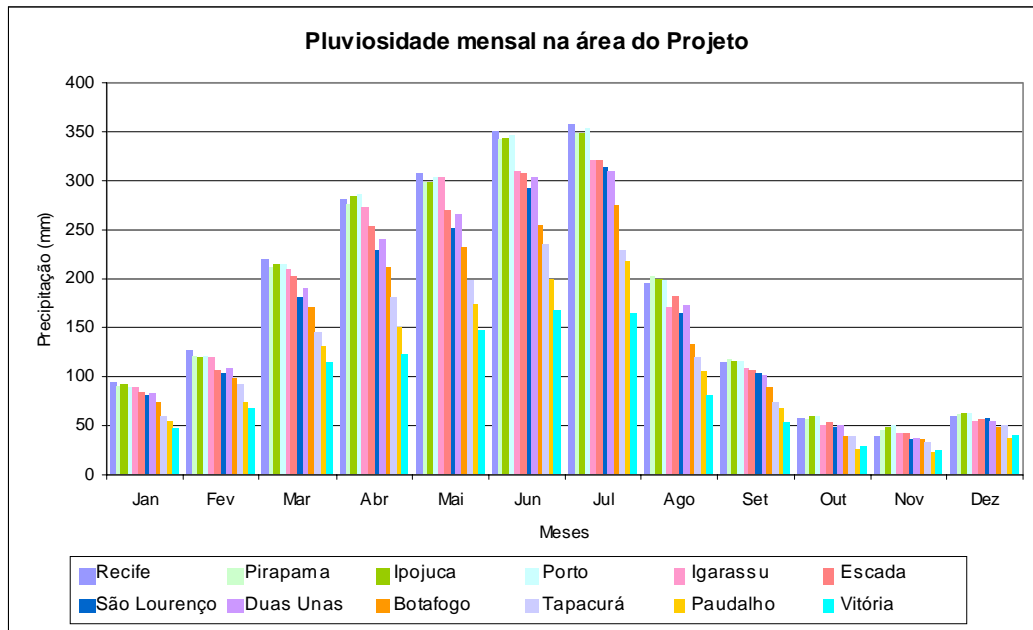


Figura 1.6 – Pluviosidade na área do Projeto

As **figuras 1.7 e 1.8** apresentam a localização das estações e seus hietogramas mensais e anuais médios.

Hietogramas Mensais Médios

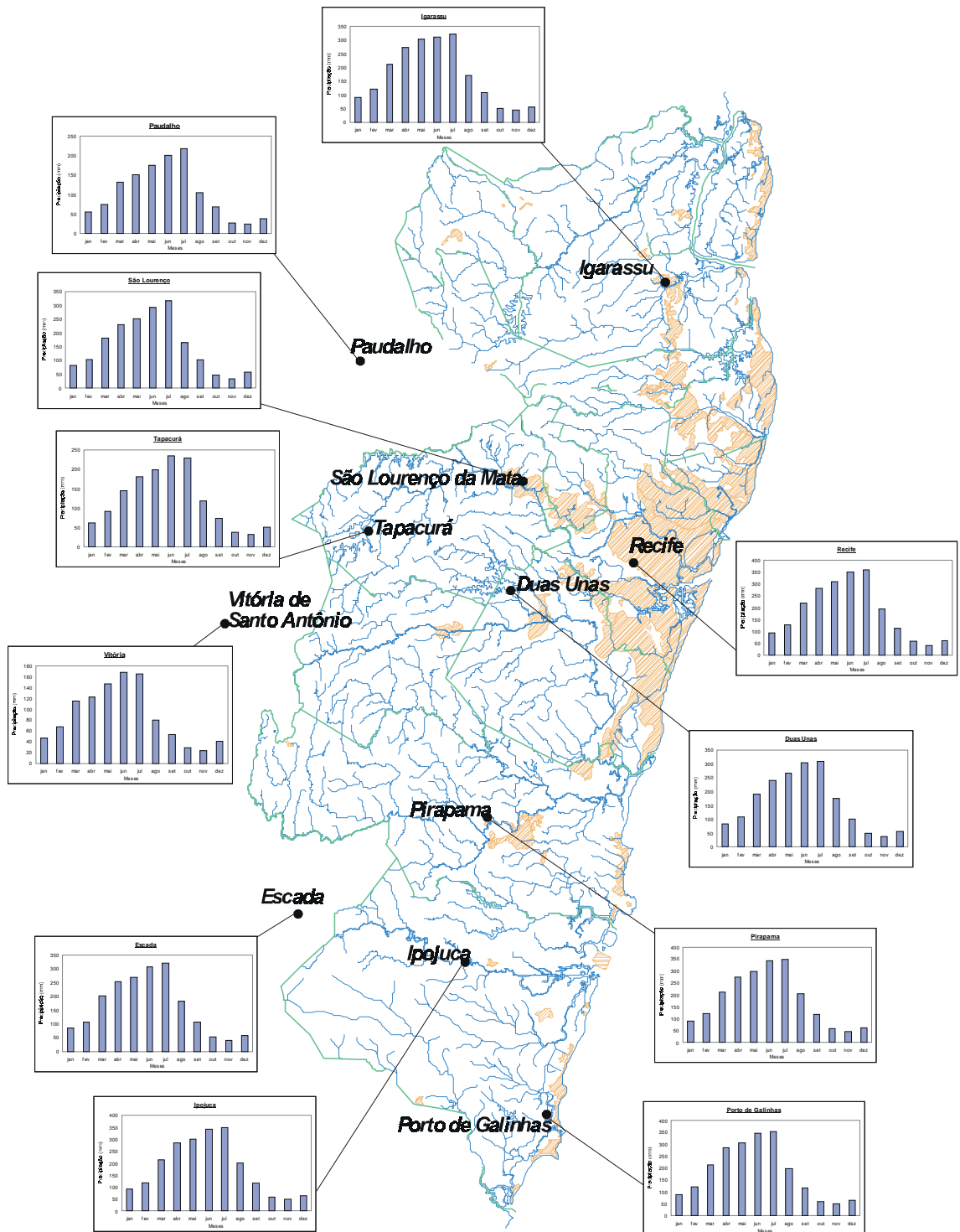


Figura 1.7 – Hietogramas mensais médios das estações na região do projeto

Hietogramas Totais Anuais

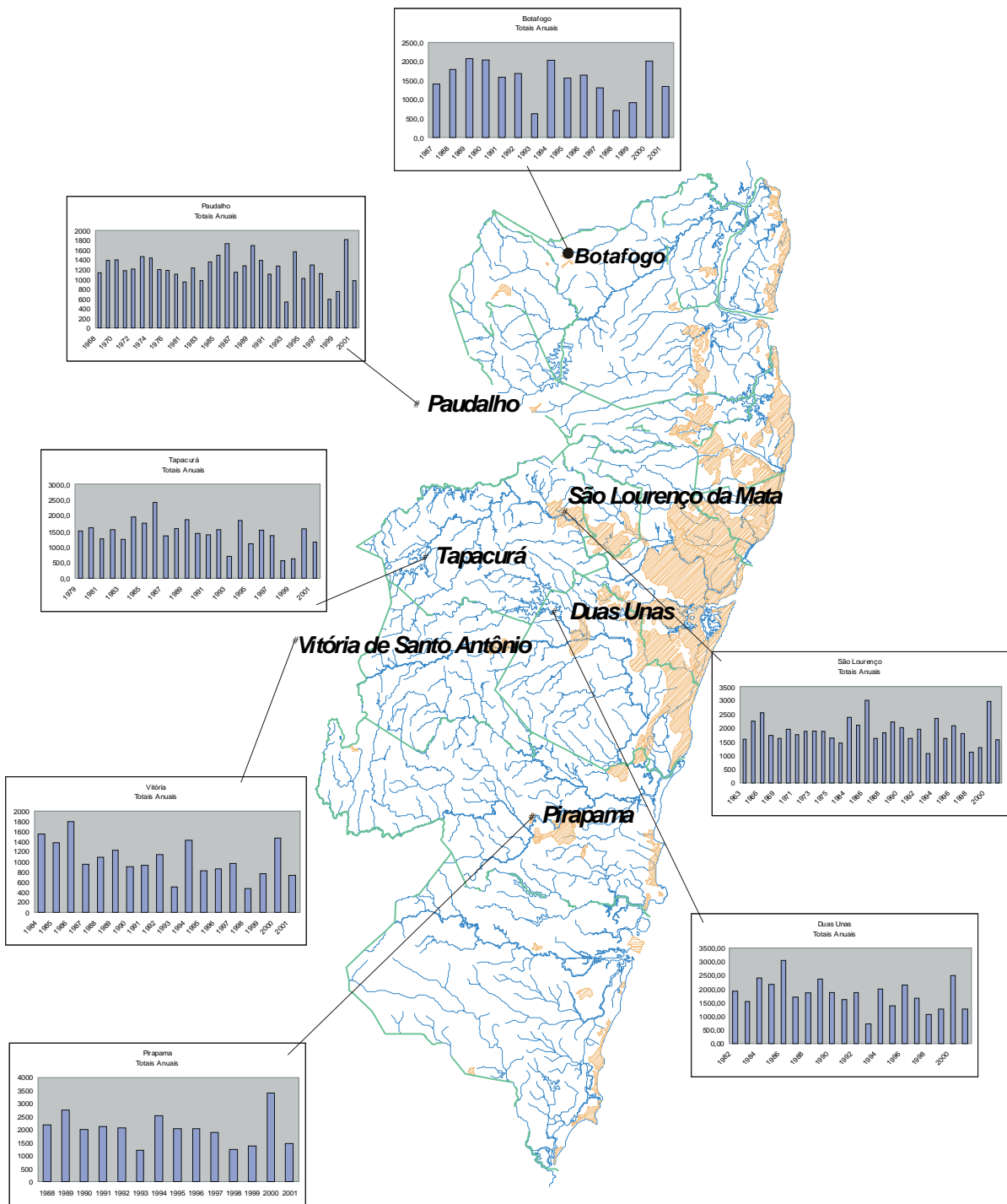


Figura 1.8 – Hietogramas anuais médios das estações na região do projeto

1.3 Escoamento Superficial

Os cursos d'água na Região Metropolitana do Recife são perenes e apresentam altos índices de escoamento durante o período chuvoso (março a agosto). Nos meses mais secos (outubro a janeiro) reduzem substancialmente suas vazões, podendo secar na região noroeste, quando em estiagens prolongadas.

O principal rio que corta a região é o Capibaribe que tem 260 km de comprimento, sendo 33,2 km dentro da RMR. A área total de sua bacia hidrográfica é da ordem de 8.000 km². Durante a maior parte de seu curso é intermitente, tornando-se perene pouco antes de adentrar a RMR, onde recebe como principais afluentes os rios Goitá, Tapacurá e Besouro. Em razão das diversas barragens e captações existentes ao longo de seu curso e também em seus afluentes, atualmente apresenta vazões bastante reduzidas.

O rio Ipojuca que atravessa o sul da região em estudo tem um comprimento total de 295 km e uma bacia de 3.500 km². Também é intermitente na maior parte do seu curso, mas apresenta-se perene na RMR.

São também importantes na região os rios Botafogo (parte da bacia na RMR), Pirapama (bacia de 500 km² e 65 km de comprimento) e Jaboatão (bacia de 100 km² e 50 km de comprimento). Pequenas bacias litorâneas são formadas pelos rios Igarassu, Paratibe, Beberibe, Tejipió (afluente do Capibaribe), Massangana, Merepe (afluente do Ipojuca) e Sibiró (afluente do Sirinhaém).

A **figura 1.9** apresenta as bacias hidrográficas dos principais cursos d'água que atravessam a região do Projeto.



Figura 1.9 – Principais bacias hidrográficas da área do Projeto

1.3.1 Disponibilidade Hídrica e Regime Hidrológico

A RMR está inserida na região hidrográfica classificada, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, como sub-bacia 39. Para essa sub-bacia foram desenvolvidos pela CPRM estudos de regionalização de vazões (CPRM/ANEEL, 2002).

Na área do Projeto há poucas estações com séries de dados disponíveis que, além disso, apresentam inconsistências nas suas vazões mínimas. O estudo de regionalização existente, por esse motivo, não deveria ser utilizado para as áreas mais próximas ao litoral ou para as bacias de dimensão reduzida, uma vez que a análise de regressão não contemplou tais bacias.

No entanto, para verificar a adequação ou não da regionalização de vazões à área da RMR e melhor caracterizar a sua disponibilidade hídrica, foram obtidas as vazões em diversos pontos dos cursos d'água da RMR, em um mesmo período de dados. A campanha foi realizada durante o mês de outubro de 2002, período sem ocorrência de chuvas, de tal forma que as vazões pudessem ser comparadas às contribuições unitárias dos diversos mananciais da região.

Foram três as formas de obtenção das vazões, dependendo do local: medições diretas realizadas em alguns dos pontos, leitura de níveis d'água em locais onde havia estação fluviométrica e uso da respectiva curva-chave, e balanço hídrico nos reservatórios de Tapacurá, Botafogo e Duas Unas, considerando as aflúncias, as captações conhecidas, a evaporação e a precipitação sobre o espelho d'água, sendo que somente o balanço de Tapacurá resultou consistente, pois os outros dois reservatórios apresentam descarga de fundo com valores não conhecidos e assim seus resultados não foram utilizados.

As vazões medidas em alguns locais tiveram que ser corrigidas, por causa da existência de captações a fio d'água efetuadas pela COMPESA, principalmente para fins de abastecimento público. O mapa anexo de usuários cadastrados apresenta a localização dos usuários da água com outorga solicitada à SRH-PE.

A **tabela 1.6** apresenta informações sobre as principais barragens na RMR, utilizadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA para abastecimento público.

Tabela 1.6 – Principais barragens da RMR

Nome da barragem	Curso d'água	Capacidade (m ³)
Tapacurá	Rio Tapacurá	94.200.000
Botafogo	Rio Catuca	27.600.000
Duas Unas	Rio Duas Unas	11.570.000
Gurjaú	Rio Gurjaú	3.200.000
Goitá	Rio Goitá	52.565.000
Utinga	Rio Utinga	10.426.000
Bitá	Rio Bitá	2.770.000
Várzea do Una	Rio Várzea do Una	11.568.000

As estações fluviométricas, os pontos onde foram realizadas medições de vazão e as principais barragens da RMR são apresentados no mapa (anexo) da rede fluviométrica.

A **figura 1.10** apresenta as estações fluviométricas próximas à RMR e seus histogramas de vazões médias mensais.

Histogramas de Vazões Médias Mensais

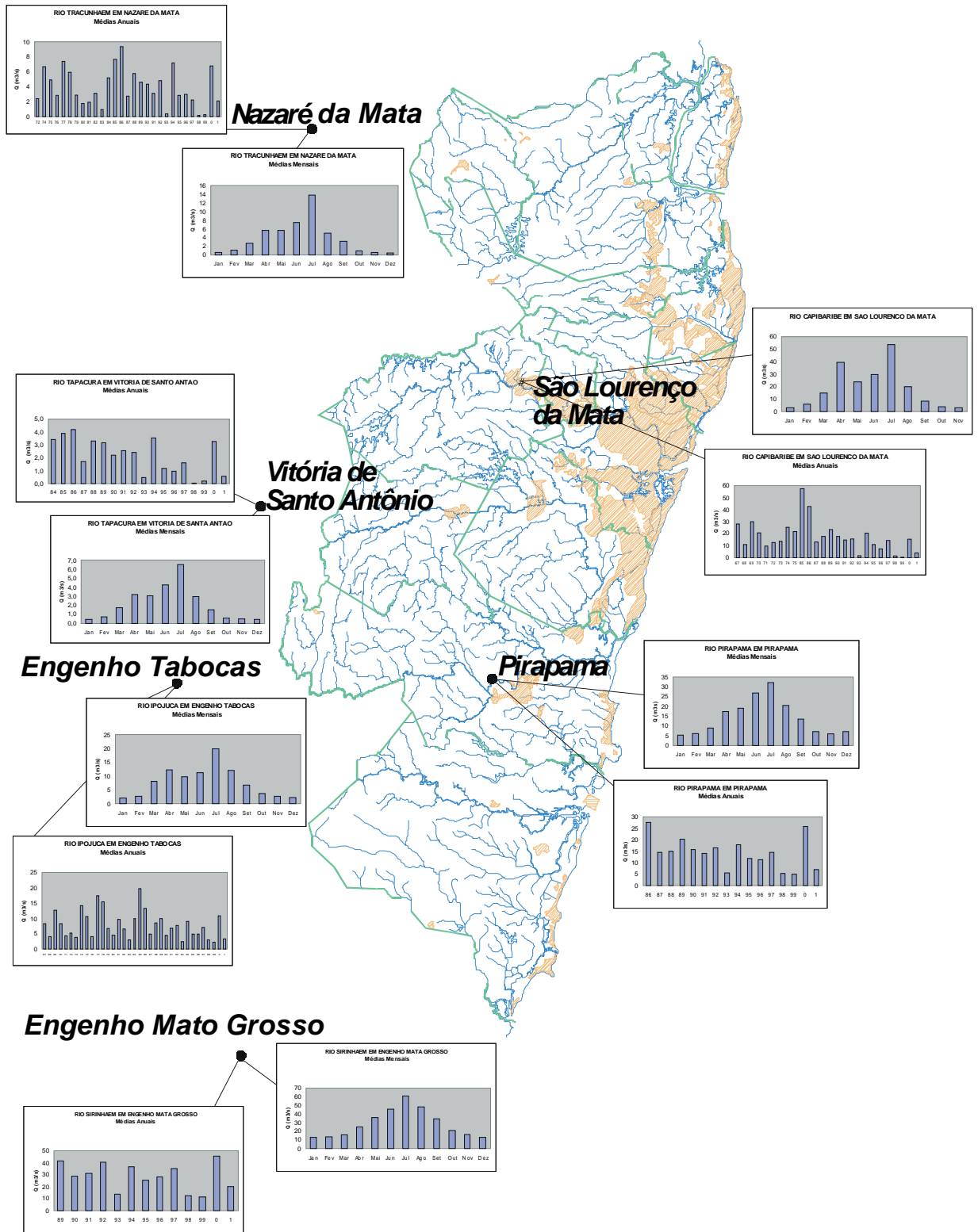


Figura 1.10 – Características do regime fluvial em estações próximas à RMR

A **figura 1.11** apresenta a localização da RMR em relação às regiões homogêneas definidas nos estudos de regionalização existentes para vazões médias, mínimas e curvas de permanência¹.

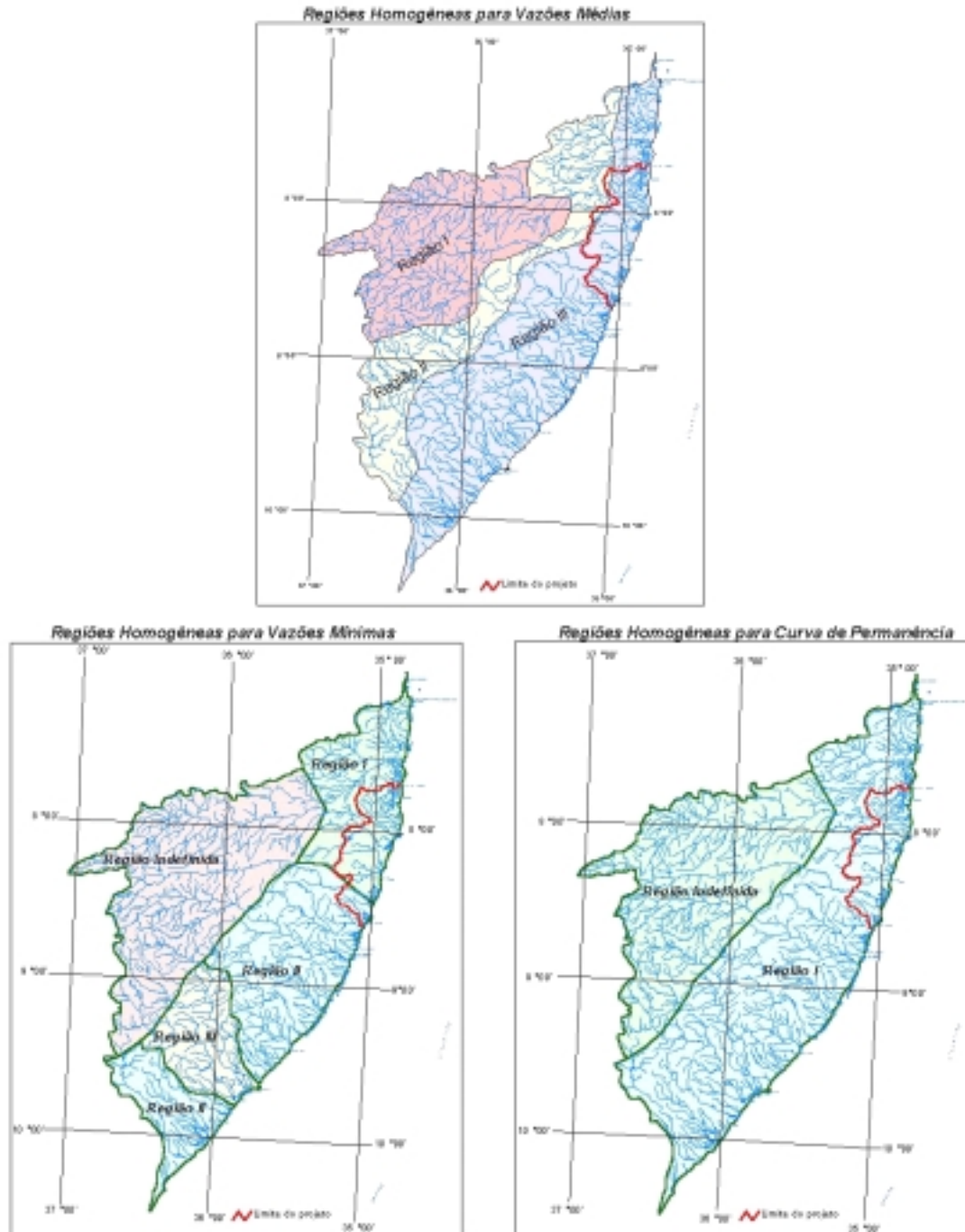


Figura 1.11 – Regiões homogêneas para vazões médias, mínimas e curvas de permanência e o limite da área do Projeto

¹ A curva de permanência é obtida da frequência de ocorrência de vazões em uma estação fluviométrica. Essa curva representa o percentual do tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada.

A regionalização de vazões teve como única variável explicativa nas regressões, a precipitação. No caso das vazões médias foram usadas as isoietas totais anuais para cálculo da precipitação média, e no das vazões mínimas e curvas de permanência, as isoietas do trimestre mais seco. As equações de regressão definidas para a região onde se encontra o Projeto são apresentadas a seguir.

Para vazões médias de longo termo – Região III

$$Q_{MLT\ esp} = 13,4 (P - 0,33)^{1,94}, \text{ onde}$$

$Q_{MLT\ esp}$ é a vazão específica em l/s.km² e

P é a precipitação média anual em metros.

Para vazões mínimas de diferentes durações – Região I

$$Q_{\min\ esp} = 0,000944 (P - 30)^{1,833} d^{0,1066}, \text{ onde}$$

$Q_{\min\ esp}$ é a vazão específica em l/s.km²;

P é a precipitação do trimestre mais seco em mm; e

d é a duração da mínima média em número de dias consecutivos.

Para vazões com 50%, 60%, 70% e 80% de permanência – Região I

$$Q_{50\ esp} = 1,5 \cdot (10^{-5}) \cdot (P-0,10)^{2,865}$$

$$Q_{60\ esp} = 1,1 \cdot (10^{-5}) \cdot (P-13)^{2,907}$$

$$Q_{70\ esp} = 1,732 \cdot (10^{-5}) \cdot (P-18)^{2,793}$$

$$Q_{80\ esp} = 1,853 \cdot (10^{-5}) \cdot (P-22)^{2,751}$$

onde $Q_{xx\ esp}$ = vazão específica correspondente à permanência indicada, em l/s.km² e

P é a precipitação no trimestre mais seco em mm

De acordo com essas equações, para totais de precipitação anual variando entre 1.200 mm e 2.200 mm e do trimestre mais seco variando entre 95 mm e 175 mm, as vazões específicas médias de longo termo deveriam oscilar entre 10,2 l/s.km² e 45,1 l/s.km², as mínimas para 30 dias consecutivos entre 2,85 l/s.km² e 15,7 l/s.km², e as vazões de permanência 70% do tempo entre 3,22 l/s.km² e 23,53 l/s.km².

A **tabela 1.7** apresenta os valores medidos, as compensações efetuadas e os valores calculados pelas equações definidas na regionalização. A coluna denominada tipo indica a forma de obtenção das vazões Q_{medida} : 1 - local onde foram feitas medições diretas de vazão; 2 - estação fluviométrica (leitura de régua e curva-chave); e 3 - barragem (balanço hídrico). Os valores de Q_{cap} foram informados pela Compesa; Q_{med} , $Q_{\min\ 30}$, Q_{50} e Q_{70} foram obtidos com as equações de regionalização.

Tabela 1.7 – Vazões obtidas na área do Projeto

Tipo	Curso d' água	Lon. UTM (m)	Lat. UTM (m)	Área (km ²)	Q _{medida} (m ³ /s)	Q _{cap} (m ³ /s)	Q _{tot} (m ³ /s)	Q _{esp} (l/s.km ²)	P anual (mm)	P _{trim. seco} (mm)	Q _{méd} (l/s.km ²)	Q _{min 30} (l/s.km ²)	Q ₇₀ (l/s.km ²)	Q ₅₀ (l/s.km ²)
1	Rio Arataca	288379	9149640	179,34	2,796	0,433	3,229	18,00	1700	127	24,68	5,95	8,49	15,94
1	Rio Cumbe	276978	9136306	38,95	0,229	0,254	0,483	12,40	1591	116	21,00	4,78	6,33	12,32
1	Rio Pilão	274551	9134566	33,96	0,175	0,182	0,357	10,51	1521	110	18,81	4,22	5,35	10,67
1	Rio Tabatinga Norte	288193	9137021	18,01	0,129	0,200	0,329	18,27	1918	139	32,85	7,32	11,27	20,48
1	Rio Bonanza	285993	9129520	31,30	0,596		0,596	19,04	1813	132	28,80	6,46	9,51	17,61
1	Rio Utinga Norte	286102	9128044	28,93	0,684		0,684	23,64	1847	134	30,09	6,81	10,20	18,75
1	Arroio Desterro	290073	9127832	10,39	0,216		0,216	20,79	2042	146	38,05	8,24	13,28	23,73
1	Rio Paratibe	290034	9121413	45,24	0,573	0,233	0,806	17,82	1983	143	35,52	7,88	12,48	22,45
1	Rio Beberibe	288466	9117586	24,49	0,138	0,300	0,438	17,88	1993	145	35,93	8,07	12,90	23,13
1	Rio Zumbi	278210	9096394	12,94	0,285		0,285	22,02	2050	153	38,37	9,18	15,41	27,14
1	Rio Itapirema I	276200	9150000	25,29	0,297		0,297	11,74	1626	120	22,14	5,18	7,06	13,55
1	Rio Itapirema III	280200	9153800	55,62	0,736		0,736	13,23	1681	125	24,03	5,72	8,07	15,23
1	Rio Itapirema p	276900	9151800	30,33	0,439		0,439	14,47	1728	130	25,66	6,29	9,16	17,04
1	Rio Duas Unas	276389	9103366	24,58	0,110	0,300	0,410	16,68	1677	134	23,87	6,76	10,11	18,59
1	Várzea do Una	267056	9113246	45,66	0,121	0,600	0,721	15,79	1546	127	19,59	5,98	8,56	16,05
2	Nazaré da Mata	253712	9142234	768,00	0,462		0,462	0,60	1064	75	7,36	1,46	1,39	3,52
1	Eng. Canavieira	256721	9118150	303,00	0,125		0,125	0,41	993	77	6,04	1,59	1,54	3,82
2	Vitória S. Antão	248337	9102424	256,00	0,213		0,213	0,83	1096	90	7,99	2,47	2,67	5,94
3	Tapacurá	261590	9111000	360,00	0,880		0,880	2,44	1155	95	9,23	2,86	3,22	6,93
2	Eng. Tabocas p	239522	9083767	464,00	2,760		2,760	5,95	1080	100	7,67	3,27	3,84	8,03
1	Rio Ipojuca p	272273	9070440	451,75	8,720		8,720	19,30	1976	155	35,22	9,52	16,22	28,43
1	Jaboatão II	267553	9102114	91,70	0,715		0,715	7,80	1447	121	16,60	5,32	7,31	13,97
1	Jaboatão I	257900	9099700	53,40	0,347		0,347	6,50	1350	115	13,92	4,67	6,13	11,99
1	Rio Palmeiras	278060	9100709	21,94	0,473		0,473	21,56	1931	146	33,39	8,26	13,30	23,77
1	Rio Cajabussu	264235	9085418	38,74	0,665		0,665	17,17	1812	144	28,73	7,97	12,68	22,76
1	Rio Utinga Sul	272239	9082115	30,04	0,558	0,800	0,5580	18,58	2108	162	40,92	10,40	18,34	31,81
1	Rio Arariba	259803	9084542	33,67	0,683		0,683	20,29	1695	138	24,51	7,22	11,06	20,14
1	Rio Sibiro	269482	9060169	113,19	2,349		2,349	20,75	2103	164	40,72	10,81	19,36	33,41
1	Rio Tabatinga Sul	277162	9075002	44,96	0,324	0,693	1,017	22,62	2160	170	43,28	11,62	21,42	36,65
1	Rio Arimbi	269357	9065552	14,76	0,358		0,358	24,25	2150	169	42,82	11,44	20,95	35,92
1	Rio Mata Redonda	272027	9069832	4,00	0,112		0,112	28,00	2150	173	42,82	12,04	22,50	38,35
2	Ponte PE35	250494	9088155	76,70	1,520		1,520	19,82	1477	125	17,49	5,67	7,96	15,06
2	Destilaria JB	248266	9090106	48,67	0,976		0,976	20,05	1461	123	17,03	5,53	7,69	14,61
2	Cac Tapada	251073	9085850	91,22	1,800		1,800	19,73	1503	127	18,27	5,94	8,47	15,90
2	Arandu	248333	9090168	11,53	0,216		0,216	18,73	1430	122	16,12	5,40	7,45	14,21
2	Dest. Inexport	262423	9083854	235,84	4,710		4,710	19,97	1745	138	26,28	7,18	10,98	20,02
2	Matapagipe	270700	9084500	323,88	6,250		6,250	19,30	1794	141	28,08	7,65	11,98	21,65
2	Eng. Bento	224993	9059834	556,00	5,400		5,400	9,71	1450	110	16,70	4,18	5,29	10,56
2	E.M. Grosso p	246273	9044454	862,00	13,000		13,000	15,08	1671	120	23,68	5,18	7,06	13,55
1	Rio Gurjaú	267500	9094000	55,69	0,595		0,595	10,68	1733	139	25,85	7,39	11,42	20,74
2	Bom Jesus	278252	9087369	132,00	0,888	0,796	1,684	12,76	1870	146	30,97	8,26	13,30	23,77

p: área parcial, incremental entre dois pontos medidos

As **figuras 1.12 a 1.14** informam sobre a variação das vazões medidas com a área de drenagem e das vazões medidas específicas com a área de drenagem e a precipitação, nas diversas sub-bacias da área da RMR.

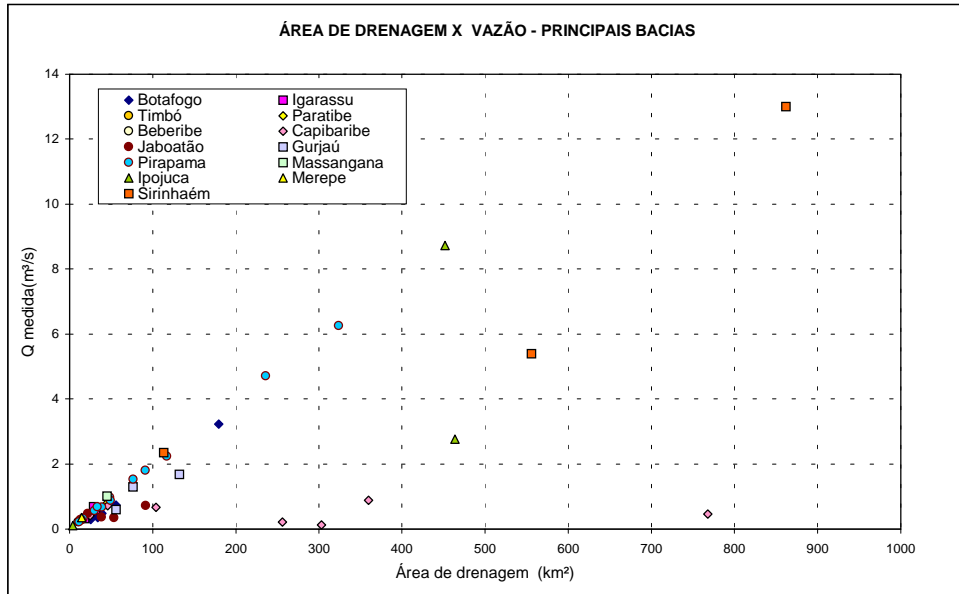


Figura 1.12 – Variação das vazões medidas com a área de drenagem

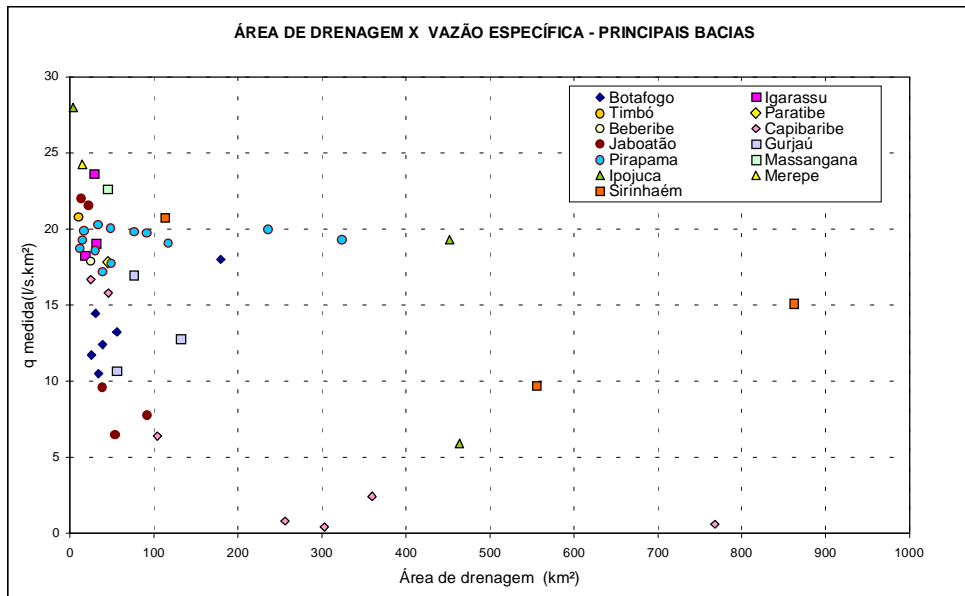


Figura 1.13 – Variação das vazões específicas medidas com a área de drenagem

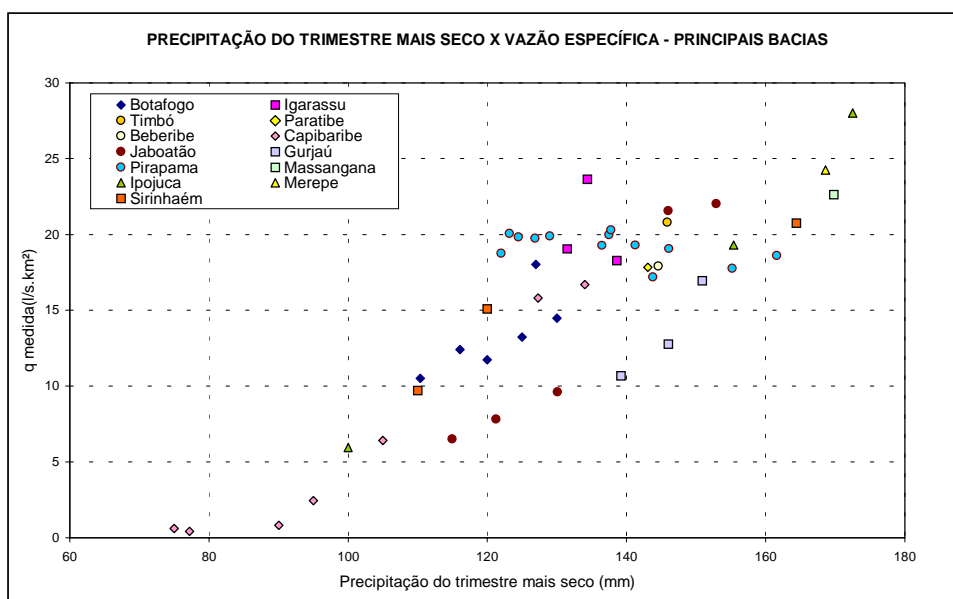


Figura 1.14 – Variação das vazões específicas medidas com a chuva do trimestre mais seco

O comportamento das vazões da bacia do Capibaribe apresenta-se bastante alterado pelas diversas captações existentes ao longo do curso d'água.

As áreas das bacias a montante da RMR estão sujeitas a índices pluviométricos relativamente baixos no trimestre mais seco os quais condicionam menores vazões específicas, como nos locais das bacias dos rios Capibaribe, Ipojuca e Sirinhaém a montante da RMR. Na bacia do Botafogo as vazões específicas também são menores devidas à baixa pluviosidade.

Observa-se que as vazões específicas são muito dependentes das chuvas do trimestre mais seco, na maior parte da região. As vazões específicas das bacias totalmente contidas na RMR como Igarassu, Beberibe, Paratibe e Timbó, embora ainda ao Norte em região de menor pluviosidade, são relativamente altas. Os locais situados mais ao Sul e dentro da RMR têm as vazões específicas mais altas e são as que apresentam os índices pluviométricos mais altos, como alguns locais do Pirapama, Ipojuca, Massangana, Jaboatão e Sirinhaém. Outros locais do Jaboatão e Gurjaú, apesar de apresentarem índices pluviométricos relativamente altos no trimestre mais seco, têm vazões específicas relativamente baixas devidas a fatores geológicos. Esses fatores tornam a região menos propensa ao armazenamento subterrâneo que sustentaria maiores vazões em períodos de estiagem.

A **figura 1.15** apresenta as curvas de permanência de vazões nas estações próximas à RMR. A forma das curvas confirma a maior disponibilidade hídrica na estiagem em Pirapama, Mato Grosso e Tabocas, comparativamente a Nazaré e Vitória de Santo Antão, que são estações mais ao norte e a montante da RMR.

Curvas de Permanência de Vazões

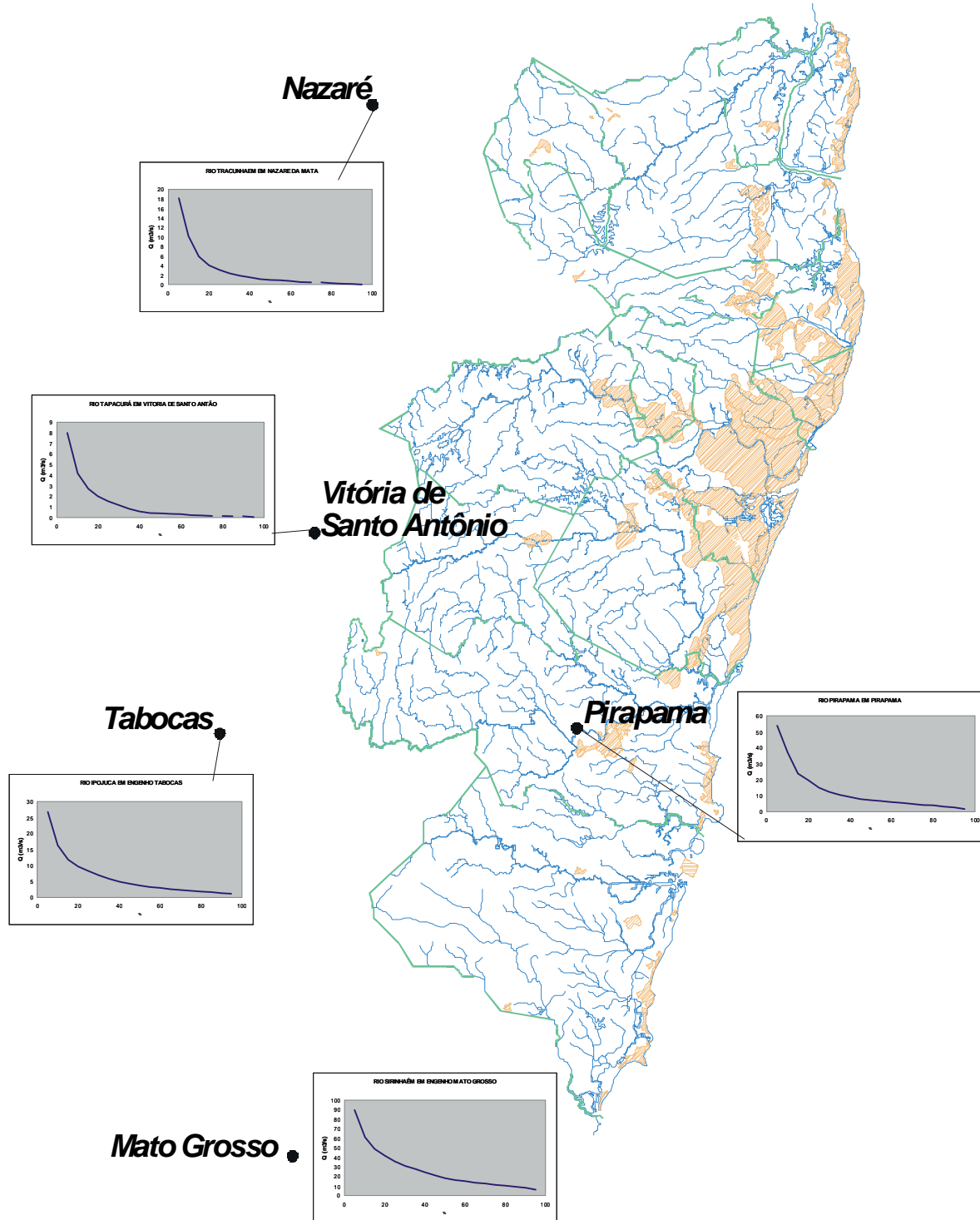


Figura 1.15 – Curvas de permanência de vazões das estações próximas à RMR

As figuras 1.16 e 1.17 contêm uma reta a 45° representando a igualdade entre os valores medidos e os calculados para 50% e 70%, respectivamente. Confrontando-se os valores das vazões obtidas no levantamento de outubro de 2002 com as curvas de permanência nas estações ao redor da RMR (símbolos maiores), ou com os valores calculados com as equações de regionalização em cada ponto medido, pode-se dizer que o levantamento corresponde à faixa entre 50% e 70% da curva de permanência na maioria dos locais ou que as equações de regionalização subestimam as vazões para 70% de permanência na RMR.

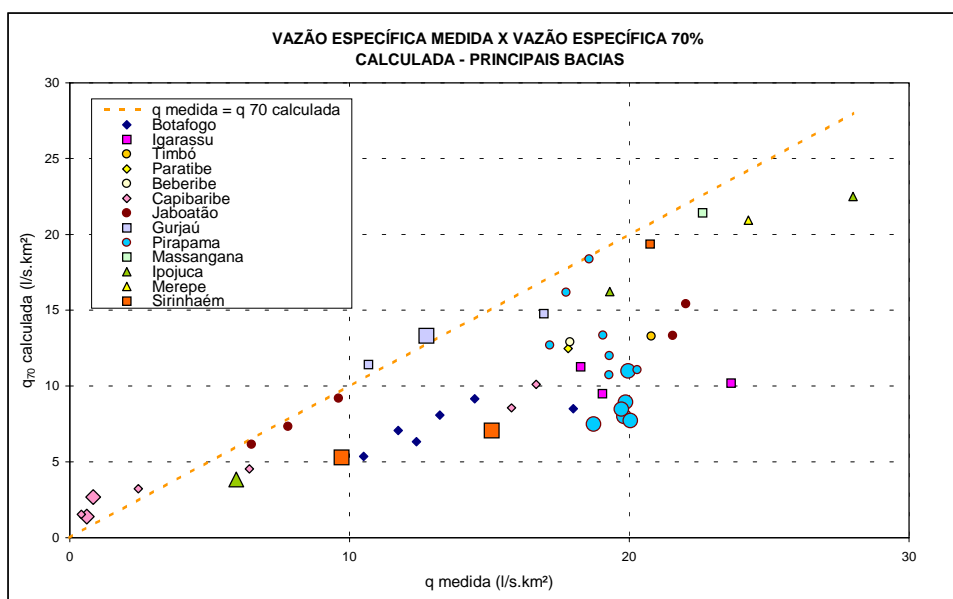


Figura 1.16 – Vazão medida x vazão de 70% da curva de permanência regional

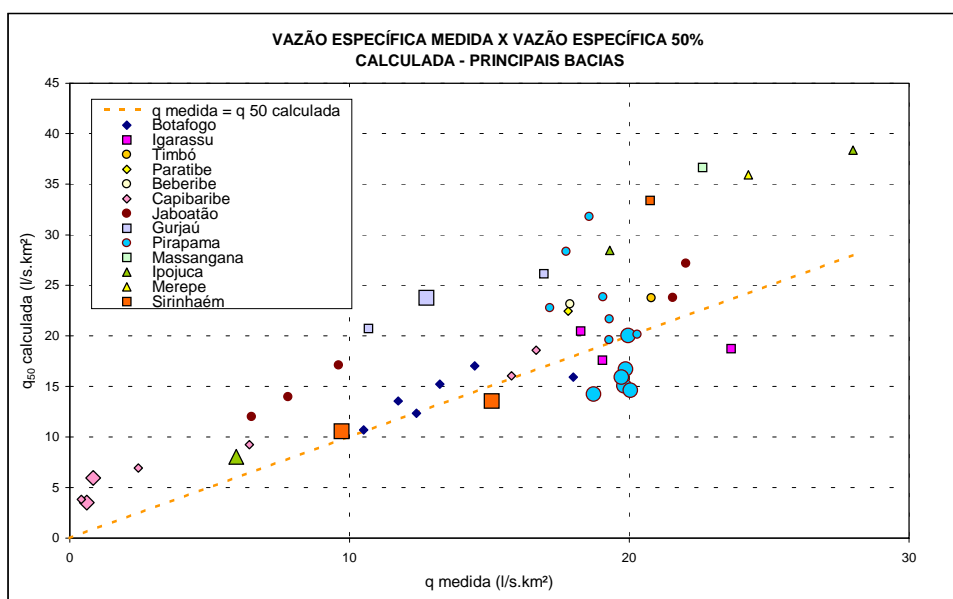


Figura 1.17 – Vazão medida x vazão de 50% da curva de permanência regional

As vazões das bacias do Capibaribe (de seus pequenos afluentes nascidos na RMR) do Jaboatão, do Gurjaú, do Massangana e do Sirinhaém (do rio Sibiró na RMR) estariam mais próximas de 70% (permanência no tempo de valores superiores aos medidos) e as das bacias do Botafogo, do Igarassu, do Capibaribe (áreas de drenagem maiores a montante da RMR) e do Sirinhaém (a montante da RMR) estariam mais próximas de 50% (permanência no tempo de valores superiores aos medidos). É possível, no entanto, concluir-se que as equações de regionalização subestimam as vazões na RMR onde os índices pluviométricos são maiores do que as áreas de montante ao longo de bacias maiores para as quais as regressões foram analisadas e que assim a permanência das vazões levantadas em toda a RMR seria 70%.

A **figura 1.18** informa que os valores medidos são menores que as médias de longo período calculadas para a região, como esperado para o período de estiagem.

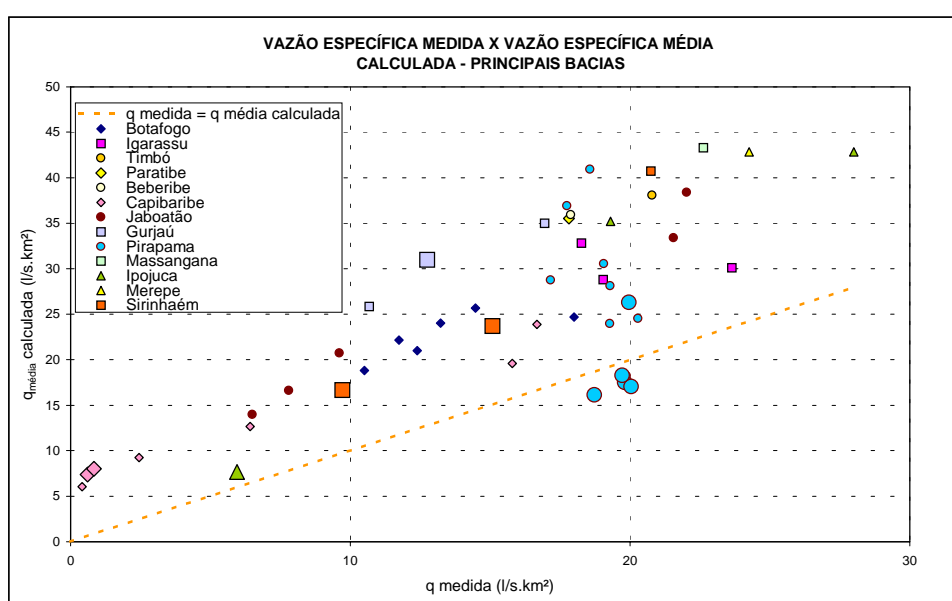


Figura 1.18 – Vazão medida x vazão média de longo período regionalizada

Com base no levantamento de outubro de 2002, foram definidas isolinhas de vazão específica que representam a disponibilidade hídrica com 70% de permanência na RMR (em l/s.km²), apresentadas no mapa anexo.

Para determinar a disponibilidade hídrica em um determinado ponto ao longo de um curso d'água da RMR, com a permanência no tempo de 70%, é necessário delimitar a bacia de contribuição ao ponto e calcular a média ponderada das isolinhas que cortam a bacia, tendo como elemento de ponderação a área entre isolinhas.

1.4 Conclusão e Recomendações

A disponibilidade hídrica da região é representada pelas isolinhas de vazões do mapa anexo, cuja permanência no tempo seria de 70%, isto é, o valor obtido do mapa poderá falhar em 30% do tempo ao longo de um ano qualquer. Essa conclusão deve, no entanto, ser acompanhada de considerações que restrinjam o uso da informação somente a estimativas que não requeiram precisão. Além da incerteza inerente aos dados hidrológicos e à metodologia de regionalização de vazões dos estudos adotados para comparação com os dados medidos, outros fatores de imprecisão ocorrem na região do projeto. São esses: a falta de séries históricas de vazões observadas na região, a imprecisão relativa à hidrografia das cartas topográficas disponíveis e as captações efetuadas ao longo dos cursos d'água.

Da rede fluviométrica existente na chamada sub-bacia 39, apenas duas estações estão na área da RMR, as demais são estações situadas a montante, como se vê no mapa da rede fluviométrica anexo. As vazões observadas em estações a montante provêm de regiões com menor pluviosidade do que tem a RMR, nesta o comportamento das vazões não pode ser previsto com segurança pois, ao contrário do que o naturalmente esperado, as vazões específicas tenderiam a crescer com a área de drenagem visto que há aumento de pluviosidade para jusante, e, na falta de dados históricos, torna-se difícil estimar as vazões. A **figura 1.13** ilustra bem esse comportamento pouco definido das vazões. O estudo existente de regionalização de vazões, por sua vez, também pela falta de estações fluviométricas com dados disponíveis, não contemplou adequadamente a RMR. Pelos levantamentos de outubro de 2002, pode-se dizer que a regionalização seria válida para as vazões de estiagem, porém para estimativas que não requeiram precisão.

Para obtenção da vazão através das isolinhas é necessário delimitar a bacia de contribuição ao ponto de interesse ao longo do curso d'água, quantificar as áreas entre isolinhas e calcular a média de seus valores ponderada com essas áreas, considerando toda a bacia delimitada.

Dependendo da carta usada e não só da escala, a hidrografia tem traçado e ramificações distintas. Essa divergência altera significativamente as áreas de drenagem encontradas e, conseqüentemente, as vazões calculadas.

Por motivo de imprecisão das cartas para obtenção das áreas de drenagem e também pela grande dependência que as vazões apresentam em relação à precipitação, a regionalização teve como variável explicativa nas equações de regressão somente a precipitação média sobre as bacias (total anual para vazões médias e do trimestre mais seco para as vazões de estiagem).

Há também diversas captações ao longo dos cursos d'água que tornam imprecisas as estimativas de disponibilidade hídrica, pelas flutuações das demandas e mesmo pela dificuldade de identificá-las em sua totalidade.

São imprescindíveis a instalação de estações fluviométricas, com registradoras nas bacias menores, e medições regulares de vazão na RMR, além do cadastramento de usuários com permanente atualização, para que novos estudos sejam feitos com maior precisão dos resultados.

Recomenda-se a utilização dos estudos ora apresentados com a devida cautela, ressaltando sempre o elevado grau de imprecisão das estimativas a serem obtidas, sendo, no entanto, o que se pode apresentar no momento em termos de avaliação da disponibilidade hídrica superficial da RMR como um todo.

1.5 Referências Bibliográficas

CPRM/ANEEL - *Regionalização de Vazões da Sub-bacia 39 – Bacias litorâneas de Pernambuco e Alagoas*. Recife, 2002.

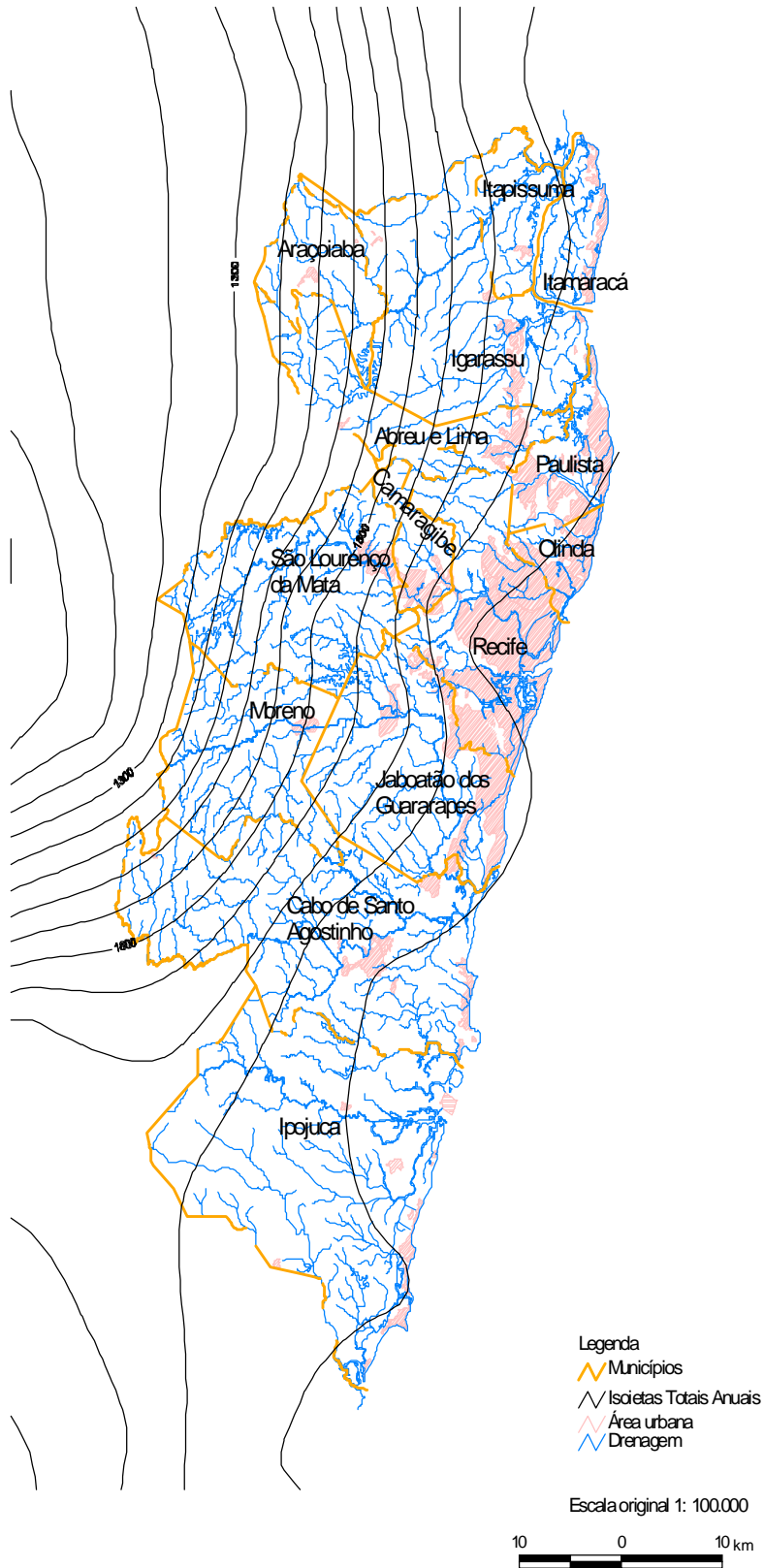
INMET – *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992.

SRH-PE - *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco*. Secretaria de Recursos Hídricos, Recife/1998.

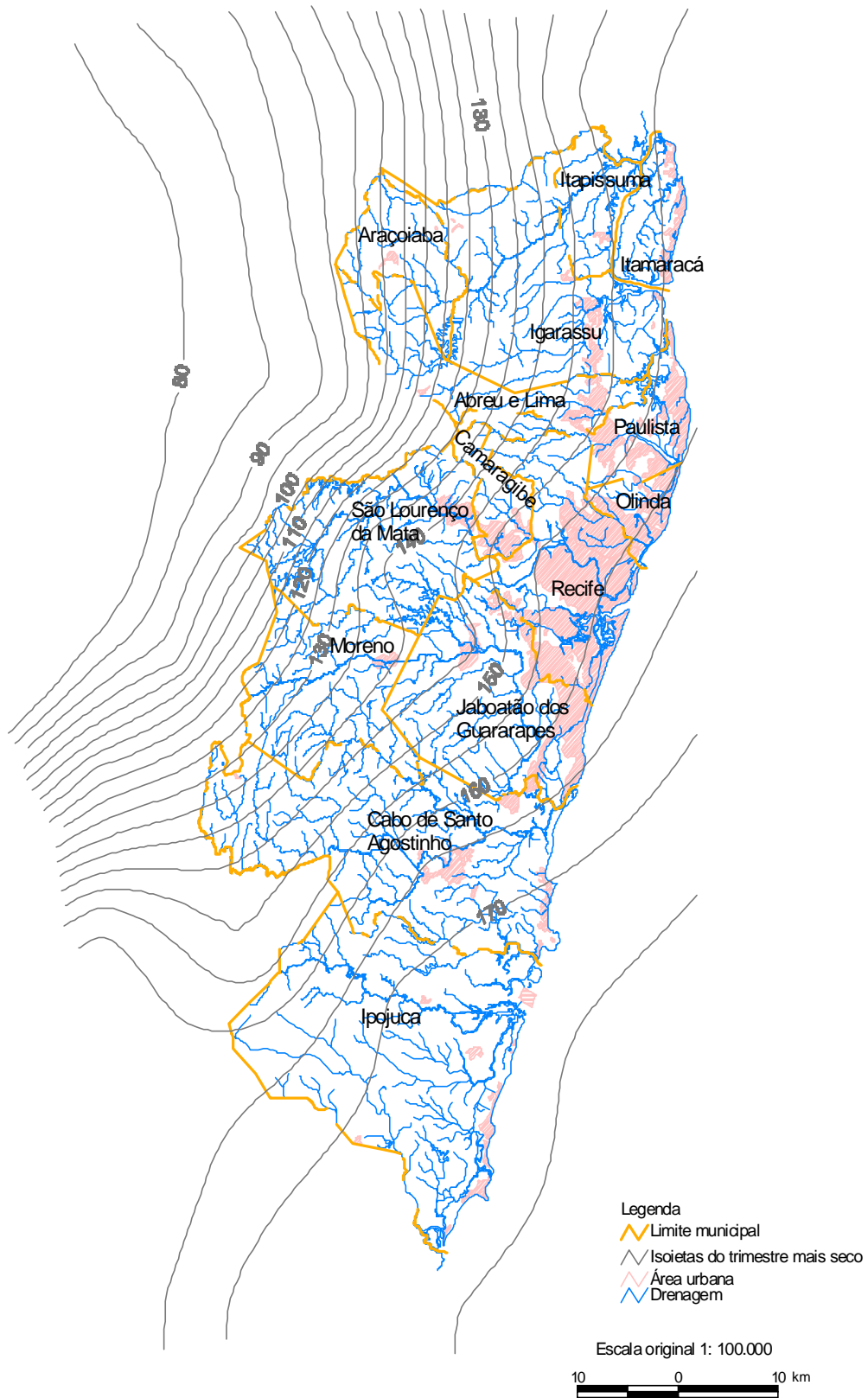
TUCCI, C. E. – *Regionalização de Vazões – Porto Alegre*. Brasília, Ed. ANEEL/IPH/UFRGS, 2000.

1.6 Anexo – Mapas

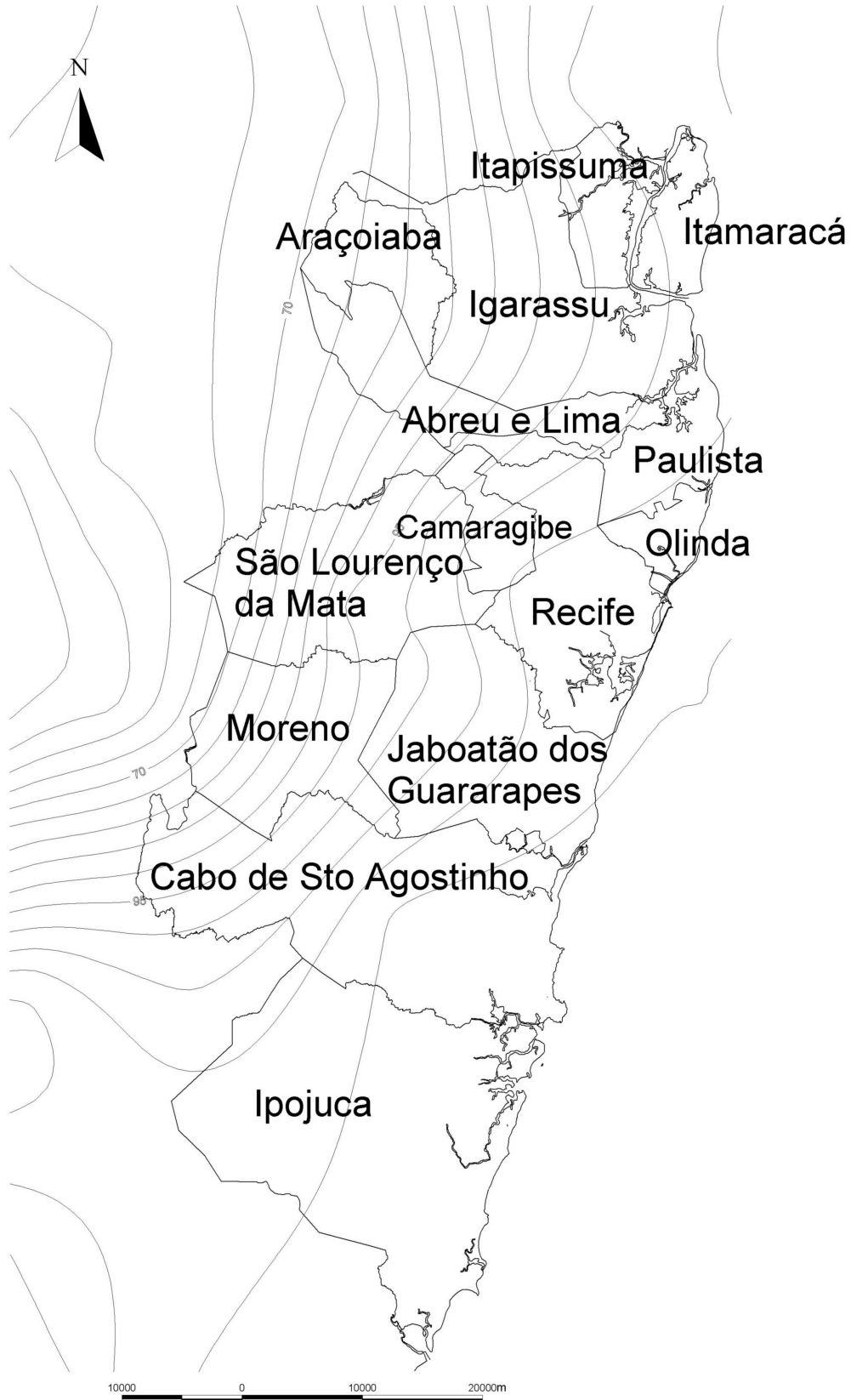
A1 Isoietas totais anuais médias em milímetros



A2 Isoietas totais médias do trimestre mais seco - outubro, novembro e dezembro (em milímetros)



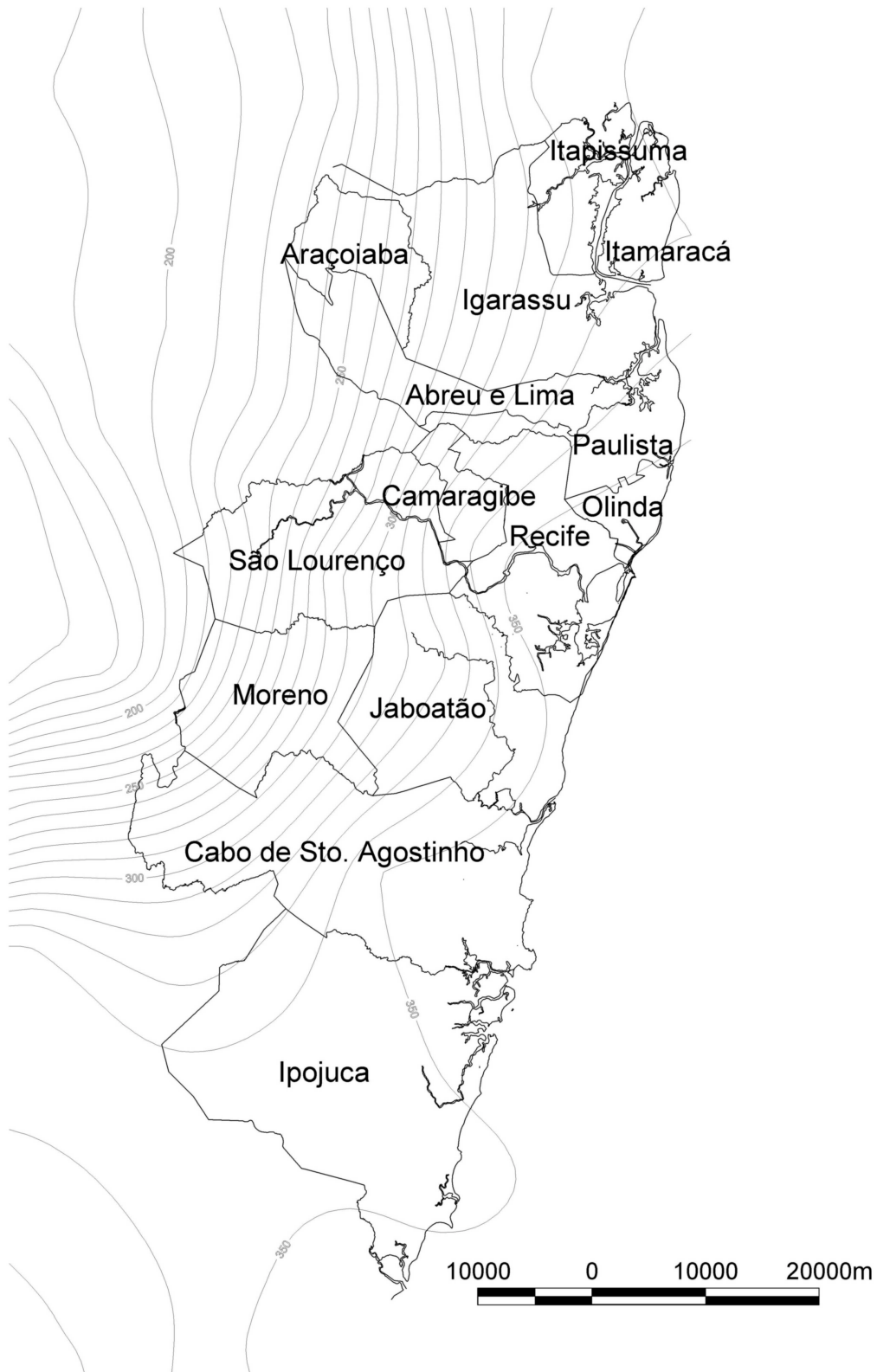
A3 Isoieta total mensal de maio



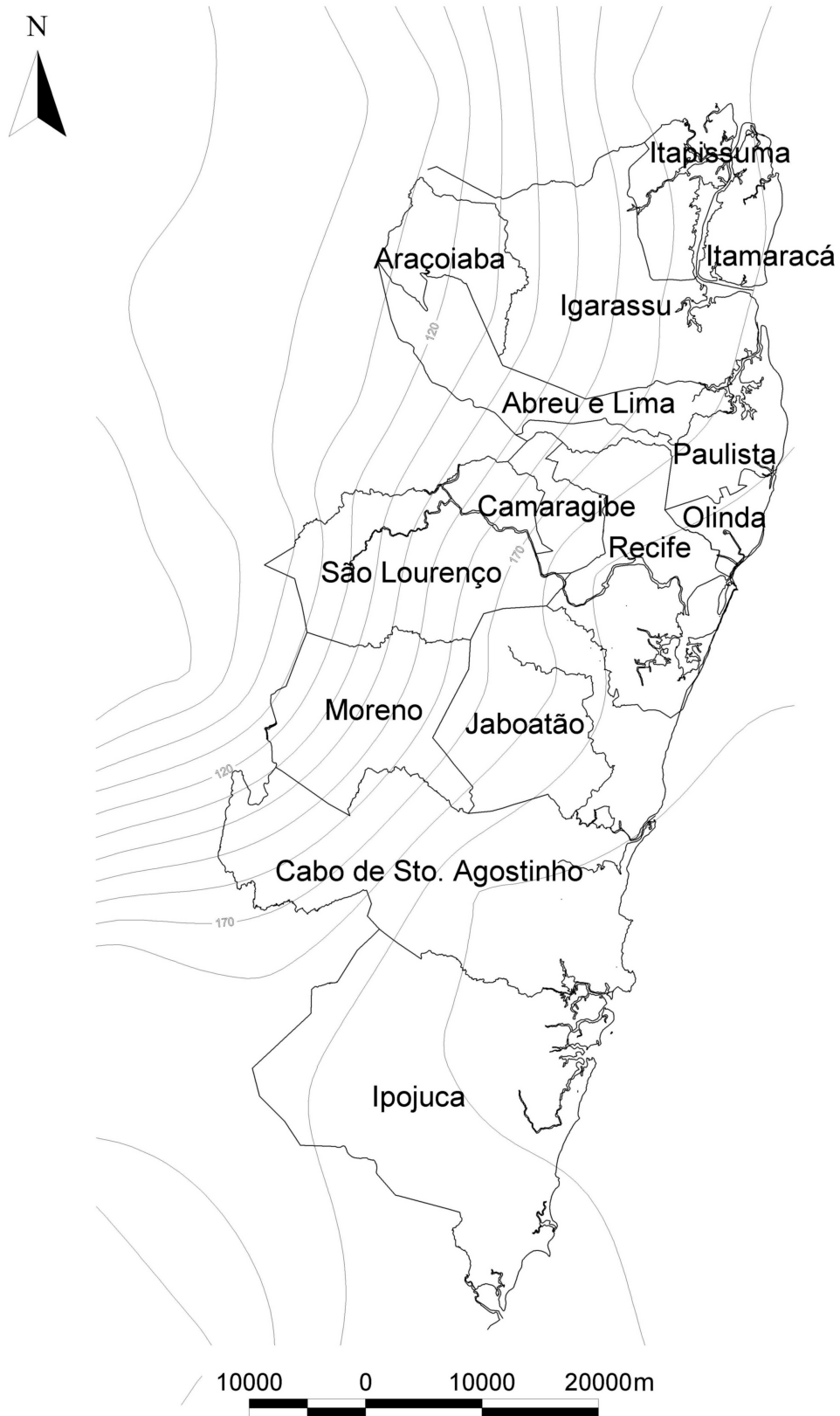
A3 Isoieta total mensal de junho



A3 Isoieta total mensal de julho



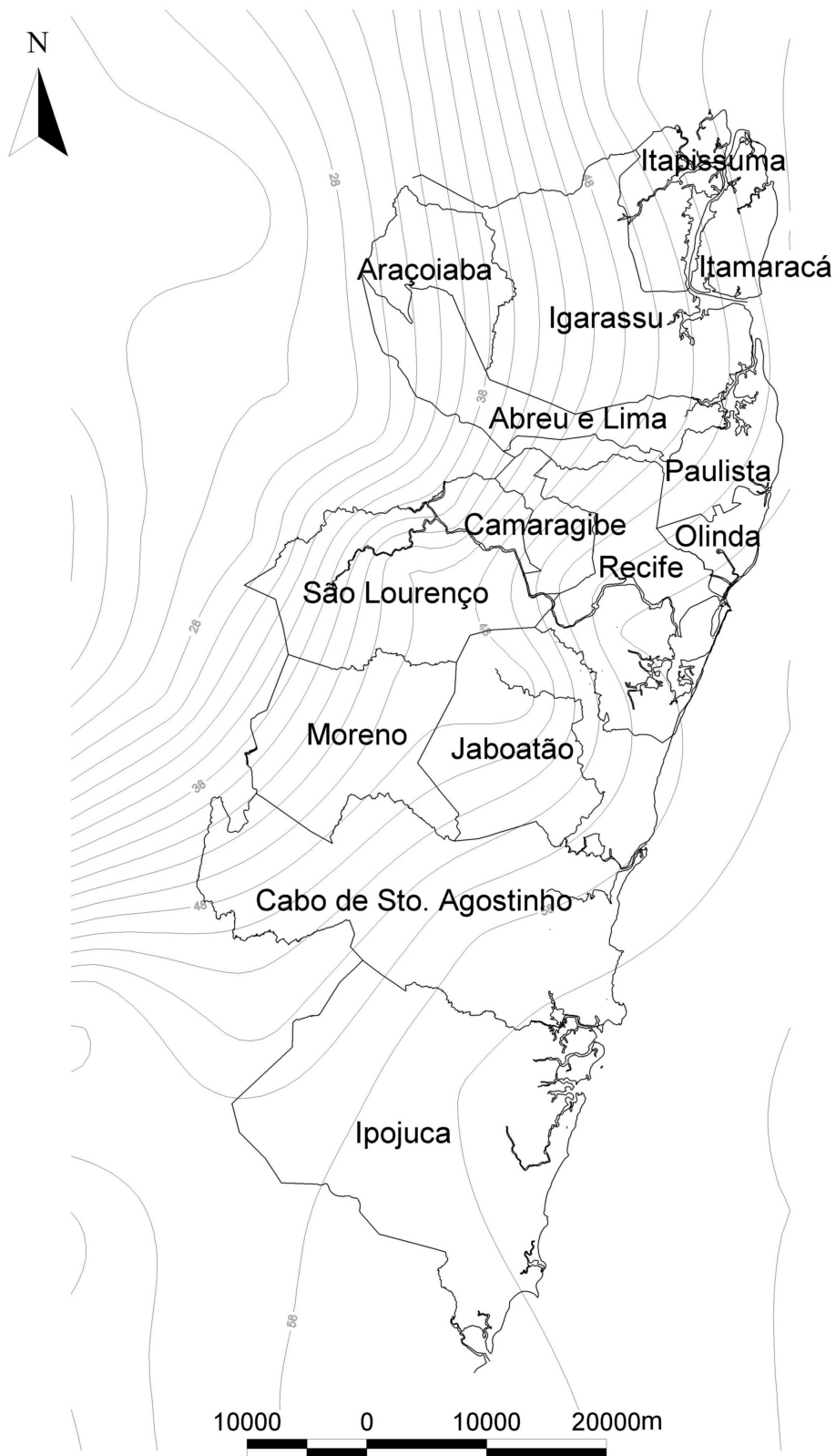
A4 Isoieta total mensal de agosto



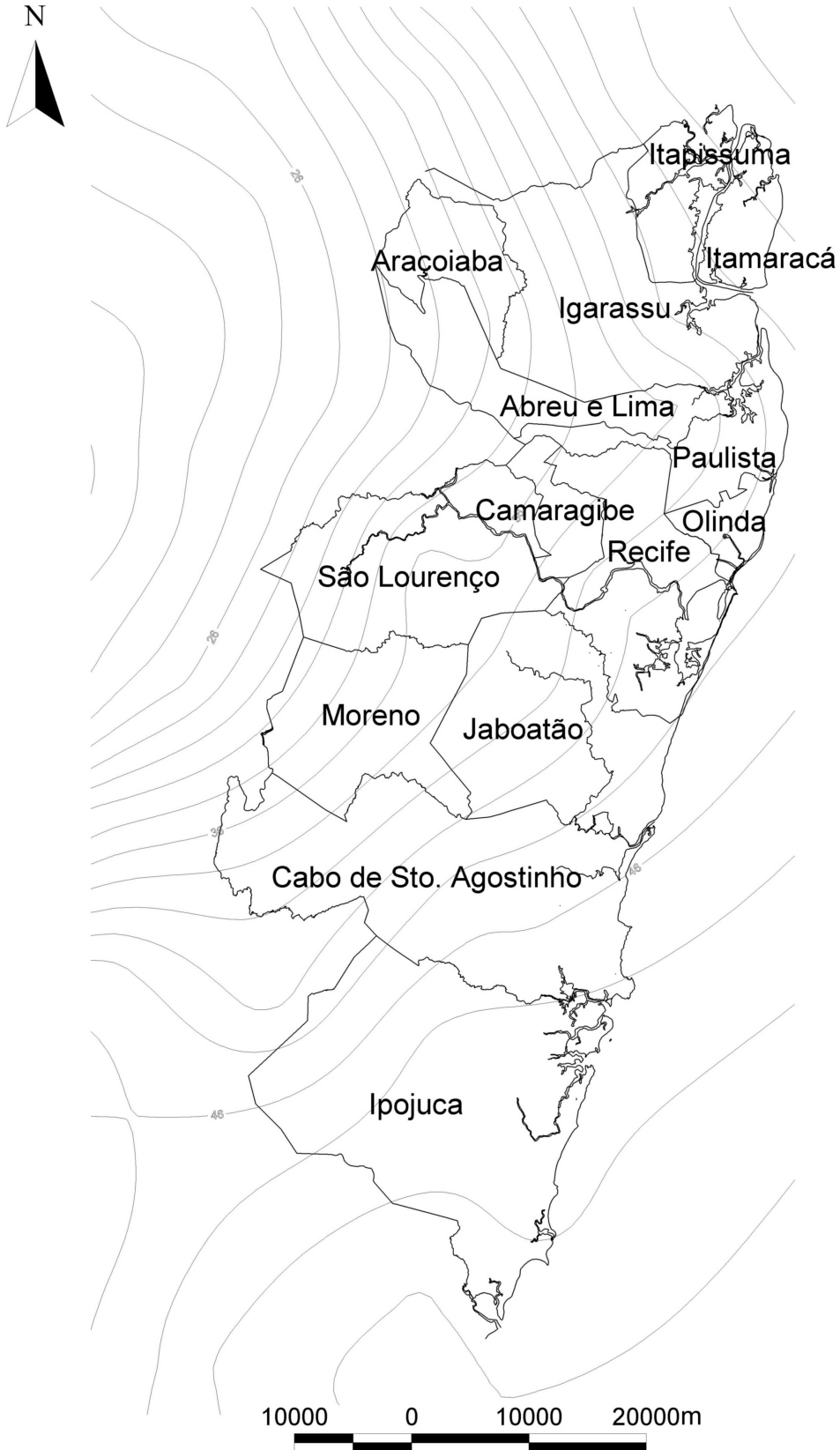
A4 Isoieta total mensal de setembro



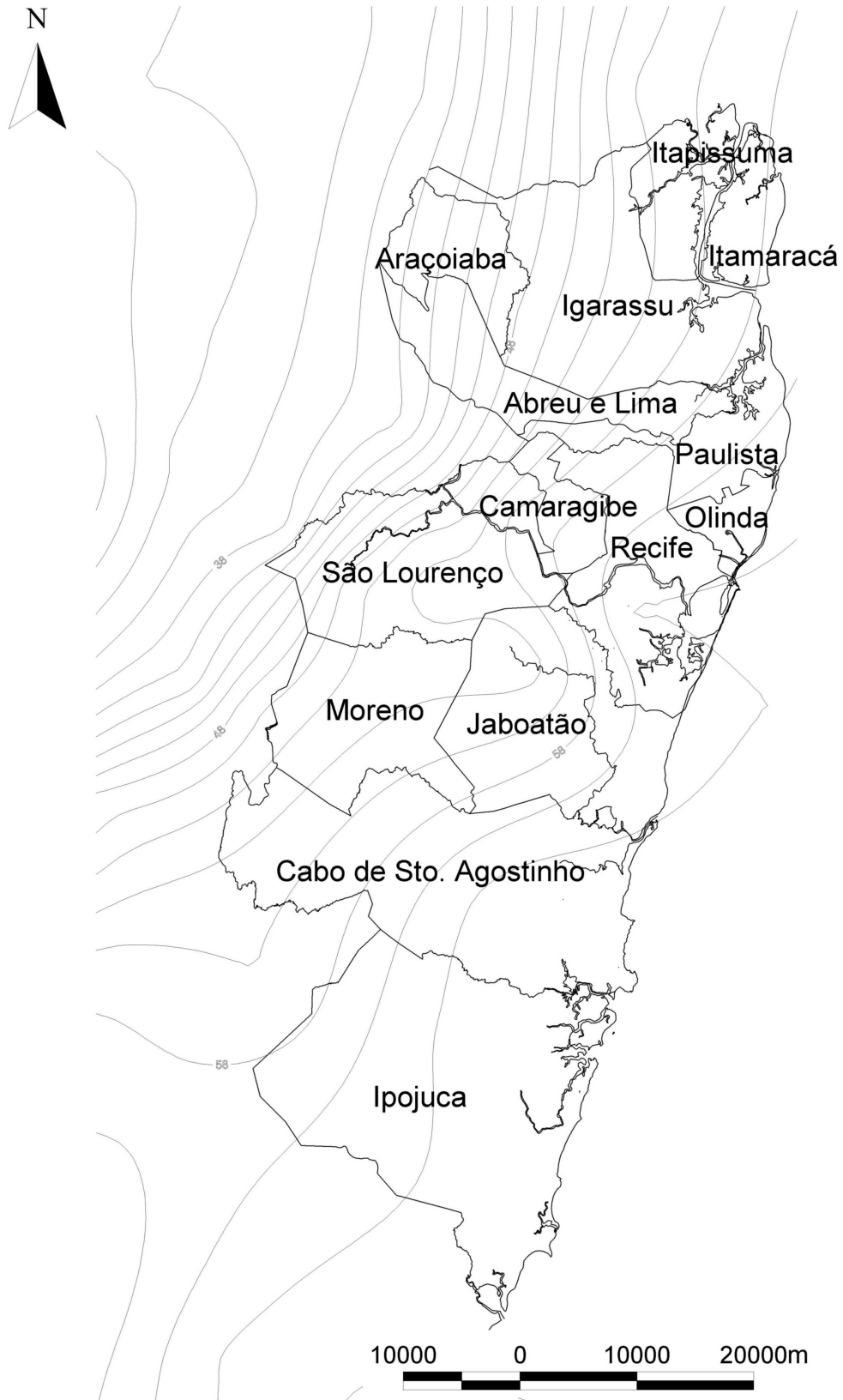
A4 Isoieta total mensal de outubro



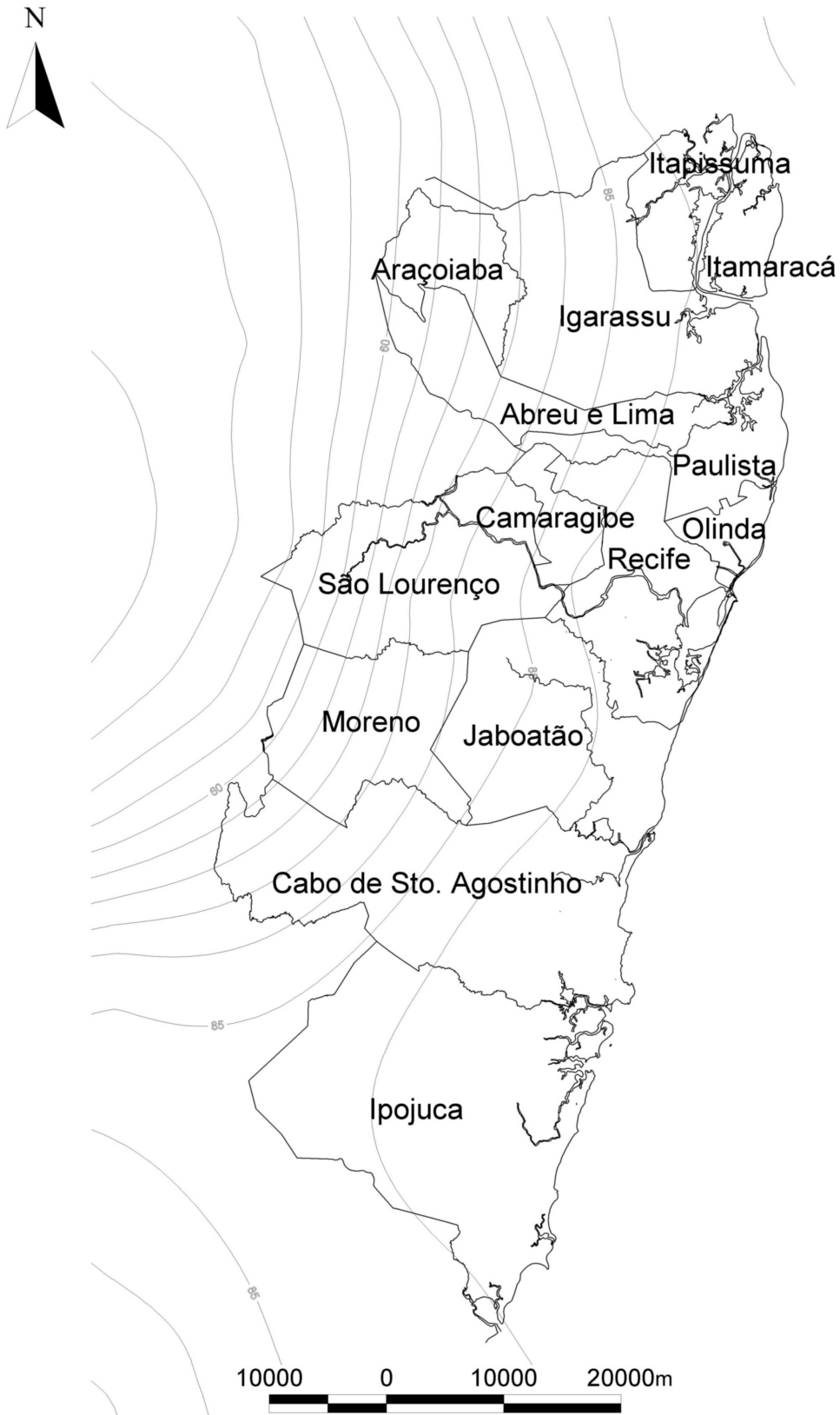
A5 Isoieta total mensal de novembro



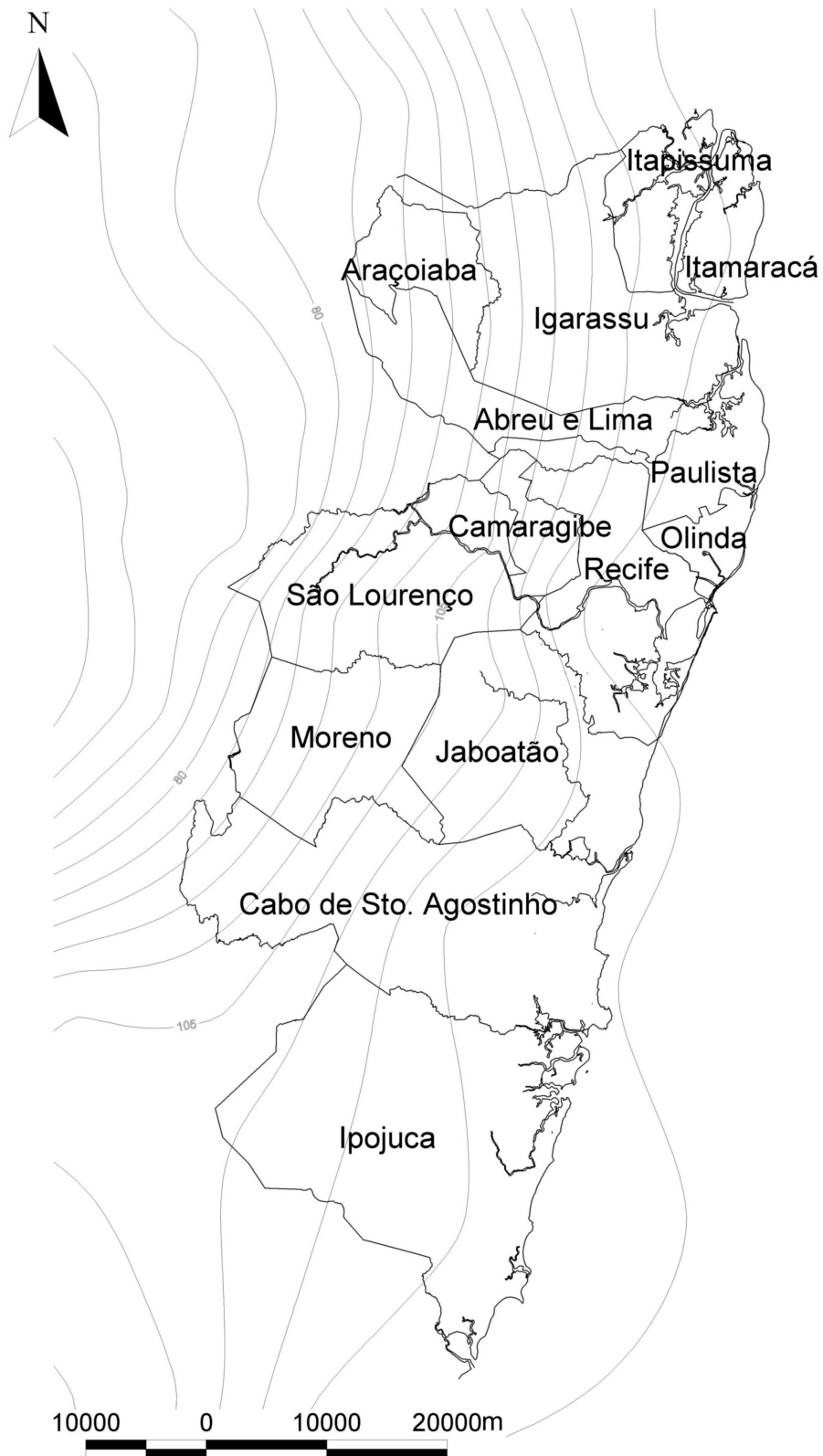
A5 Isoieta total mensal de dezembro



A5 Isoieta total mensal de janeiro



A6 Isoieta total mensal de fevereiro



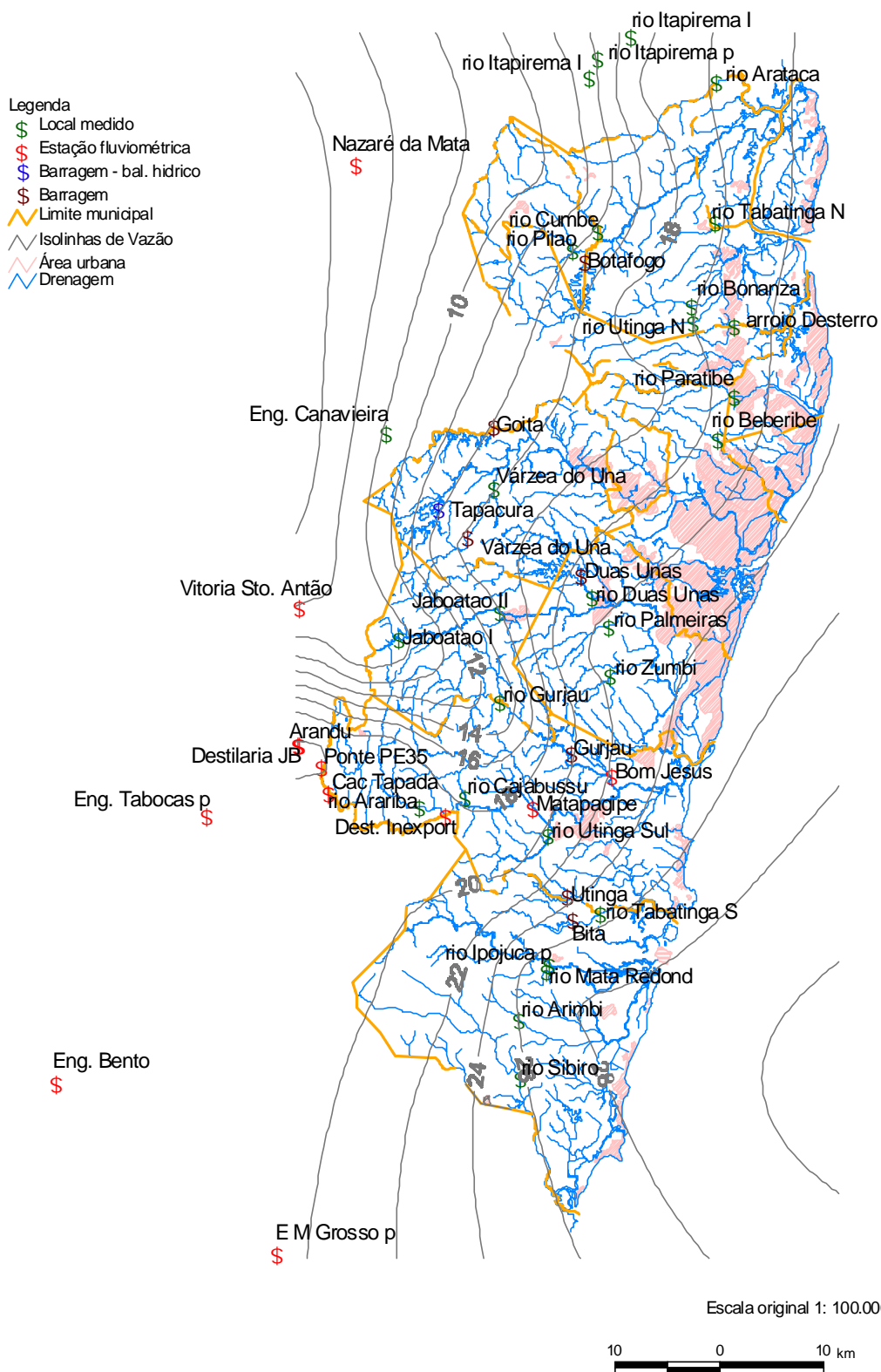
A6 Isoieta total mensal de março



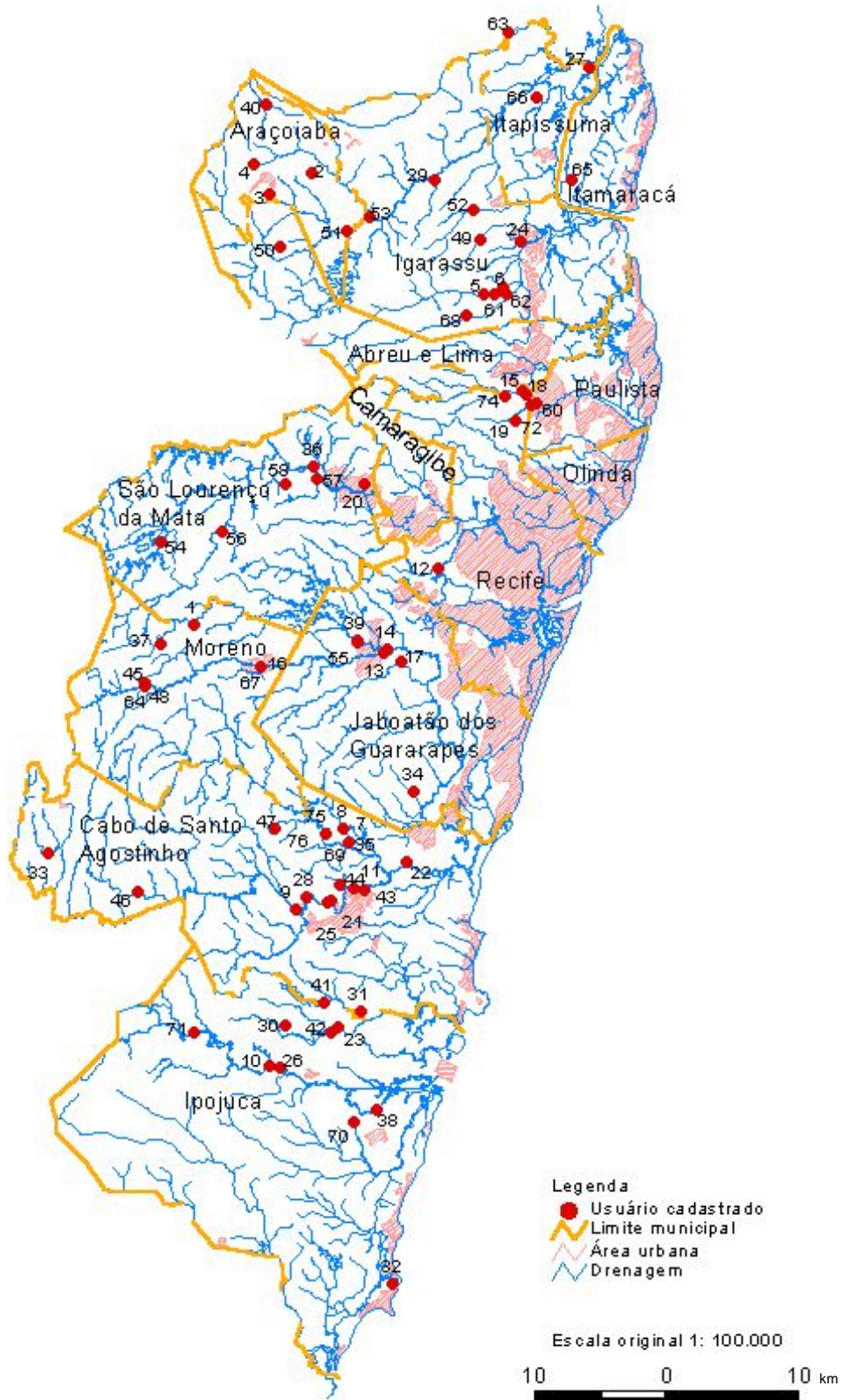
A6 Isoieta total mensal de abril



A7 Rede fluviométrica



A8 Usuários cadastrados



A tabela a seguir apresenta os dados relativos aos usuários

Tabela 1 – Parte 01

NO MAPA	REQUERENTE	MUNICIPIO	MANANCIAL
1	Dourado Empreendimentos e Cia. Ltda.	Moreno	Afluente a Marg.Direita do Rio Duas
2	Cooperativa dos Pequenos e Medios Produtores Rurais de Araçoiaba	Araçoiaba	Rio Xixa
3	Cooperativa dos Pequenos e Medios Produtores Rurais de Araçoiaba	Araçoiaba	Afluente a Marg.Direita do Rio Pilião
4	Cooperativa dos Pequenos e Medios Produtores Rurais de Araçoiaba	Araçoiaba	Riacho Floresta
5	José Maia Assunção	Igarassu	Rio Pitanga
6	Associação dos Produtores Rurais de Igarassu	Igarassu	Rio Pitanga
7	Usina Bom Jesus S.A.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Gurjau
8	Usina Bom Jesus S.A.	Cabo de Santo Agostinho	Riacho Ubaldinho
9	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Cabo de Santo Agostinho	Barragem Pirapama
10	Usina Ipojuca	Ipojuca	Rio Ipojuca
11	Petroflex Industria e Comercio S.A.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
12	Oficina de Cerâmica Francisco Brennand S.A.	Recife	Açude São João
13	Companhia Industrias Brasileiras Portela	Jaboatão dos Guararapes	Rio Jaboatão
14	Companhia Industrias Brasileiras Portela	Jaboatão dos Guararapes	Arroio Manassu
15	Fibrasil Textil S.A.	Paulista	Rio Paratibe
16	ONDUNORTE - Companhia de Papeis e Papelao Ondulado do Norte	Moreno	Rio Jaboatão
17	Maranhão Comércio de Carnes Ltda.	Jaboatão dos Guararapes	Rio Jaboatão
18	Formiline Industria de Laminados Ltda.	Paulista	Rio Paratibe
19	Alpargatas Santista Textil S.A.	Paulista	Rio Paratibe
20	Swedish Match do Brasil S.A.	São Lourenço da Mata	Riacho Varzea Fria

Tabela 1 – Parte 02

NO MAPA	TIPO DE OUTORGA	Q_out (m³/dia)	Q_out (m³/s)	LATITUDE	LONGITUDE	Situação
1	Captação	50	0,0006	08°05'38,5'	35°08'26,8	Outorgado
2	Captação			07°47'09,3'	35°03'32,0	Pendência do Requerente
3	Captação			07°48'03,4'	35°05'12,9	Pendência do Requerente
4	Captação			07°46'50,8'	35°05'53,1	Pendência do Requerente
5	Captação	20	0,0002	07°52'09,4'	34°56'29,8	Isento
6	Captação	120	0,0014	07°51'54,7'	34°55'38,2	Outorgado
7	Captação	2354	0,0272	08°14'32,2'	35°02'07,7	Outorgado
8	Captação	2354	0,0272	08°14'01,6'	35°02'20,2	Outorga Vencida
9	Construção de obra			08°17'16,5'	35°04'18,0	Outorgado
10	Captação	70000	0,8102	08°23'38,5'	35°05'25,8	Outorgado
11	Captação	24000	0,2778	08°16'26,8'	35°01'53,3	Outorgado
12	Captação	40	0,0005	08°03'24,5'	34°58'22,2	Isento
13	Captação			08°06'47,0'	35°00'40,5	Pendência Interna
14	Captação			08°06'39,4'	35°00'31,5	Pendência Interna
15	Captação	334	0,0039	07°56'10,0'	34°54'52,9	Outorgado
16	Captação	360	0,0042	08°07'20,2'	35°05'40,6	Outorgado
17	Captação			08°07'10,0'	34°59'56,5	Processo Arquivado
18	Captação	100	0,0012	07°56'37,0'	34°54'19,0	Outorgado
19	Captação	520	0,0060	07°57'20,0'	34°55'12,0	Outorgado
20	Captação	75	0,0009	07°59'55,7'	35°01'23,2	Outorga Vencida

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos – SRH - PE

Tabela 2 – Parte 01

NO MAPA	REQUERENTE	MUNICIPIO	MANANCIAL
21	Rhodia Ster Fipack Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
22	Corn Products Brasil - Ingredientes Industriais Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
23	Val do Sol Cerâmica Ltda.	Ipojuca	Córrego do Bita
24	ONDUNORTE - Companhia de Papeis e Papelão Ondulado do Norte	Igarassu	Rio Conga
25	Aluminal Química do Nordeste Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
26	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Ipojuca	Rio Ipojuca
27	Maricultura Netuno S.A.	Itapissuma	Canal de Santa Cruz
28	Limpoplus Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
29	Companhia Agro-Industrial Igarassu	Igarassu	Acude Araripe
30	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Ipojuca	Riacho Três Passagens
31	Microlite S.A.	Ipojuca	Rio Tabatinga
32	Itacon Incorporações e Construções Ltda.	Ipojuca	Rio Maracaípe
33	Destilaria Siberia Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Siberia
34	Megaípe Petróleo Ltda.	Jaboatão dos Guararapes	Riacho Megaípe
35	Cervejaria Belco S.A.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
36	Perflex - Indústria e Comércio de Borracha S.A.	São Lourenço da Mata	Rio Capibaribe
37	Brake Brasil Ltda.	Moreno	Açude
38	Usina Salgado S.A.	Ipojuca	Rio Ipojuca
39	Indústria de Malhas Jaboatão Ltda.	Jaboatão dos Guararapes	Rio Duas Unas
40	Jurandir Galdino da Silva	Araçoiaba	Riacho Vinagre

Tabela 2 – Parte 02

NO MAPA	TIPO DE OUTORGA	Q _{out} (m³/dia)	Q _{out} (m³/s)	LATITUDE	LONGITUDE	Situação
21	Captação	26400	0,3056	08°16'56,5'	35°02'52,4	Outorgado
22	Captação	3600	0,0417	08°15'24,2'	34°59'44,9	Outorgado
23	Captação			08°22'06,9'	35°02'34,0	Isento
24	Captação	1700	0,0197	07°50'01,5'	34°54'56,2	Outorgado
25	Captação	55	0,0006	08°16'59,1'	35°02'58,6	Outorgado
26	Captação	37152	0,4300	08°23'45,0'	35°05'00,0	Outorgado
27	Captação	263000	3,0440	07°42'55,2'	34°52'07,7	Outorgado
28	Captação			08°16'48,0'	35°03'51,9	Isento
29	Captação	1500	0,0174	07°47'28,5'	34°58'29,3	Outorgado
30	Captação	2600	0,0301	08°21'59,9'	35°04'45,1	Outorgado
31	Captação	100	0,0012	08°21'29,7'	35°01'40,6	Outorgado
32	Captação	18500	0,2141	08°32'37,2'	35°00'23,7	Outorga Vencida
33	Captação	5000	0,0579	08°14'57,6'	35°14'28,8	Outorgado
34	Captação	15	0,0002	08°12'29,9'	34°59'24,7	Isento
35	Captação	3600	0,0417	08°15'24,2'	34°59'44,9	Outorgado
36	Captação	30	0,0003	07°59'10,9'	35°03'28,4	Isento
37	Captação	30	0,0003	08°06'25,7"	35°09'49,8	Isento
38	Captação	75000	0,8681	08°25'30,2"	35°01'00,9	Outorgado
39	Captação			08°06'19,3"	35°01'43,1	Processo em Tramitação
40	Captação	195	0,0023	07°44'24,0"	35°05'20,4	Outorga Vencida

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos – SRH - PE

Tabela 3 – Parte 01

NO MAPA	REQUERENTE	MUNICÍPIO	MANANCIAL
43	COMAFAL - Comercial e Industrial de Ferro e Aço Ltda.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama
44	Israel do Monte Carvalho	Cabo de Santo Agostinho	Riacho da Raposa
45	Cooperativa de Produção Agropecuária Herbert de Souza Ltda.	Moreno	Rio Jaboatão
46	Associação dos Trabalhadores Independentes do Assent. de Arariba de Baixo	Cabo de Santo Agostinho	Riacho Macaco
47	Nerival Tavares Filho	Cabo de Santo Agostinho	Riacho Pau Santo
48	Jose Resende A. Costa	Moreno	Rio Jaboatão
49	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Conga
50	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Abreu e Lima	Barragem Botafogo
51	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Pilão
52	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Tabatinga
53	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Cumbe
54	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	São Lourenço da Mata	Açude Tapacura
55	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Jaboatão dos Guararapes	Açude Duas Unas
56	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	São Lourenço da Mata	Açude Varzea do Una
57	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	São Lourenço da Mata	Rio Capibaribe
58	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	São Lourenço da Mata	Rio Capibaribe

Tabela 3 – Parte 02

NO MAPA	TIPO DE OUTORGA	Q _{out} (m ³ /dia)	Q _{out} (m ³ /s)	LATITUDE	LONGITUDE	Situação
43	Captação	50	0,0006	08°16'29,2'	35°01'30,0	Outorgado
44	Captação	7	0,0001	08°16'18,0'	35°02'28,0	Isento
45	Captação	343	0,0040	08°08'00,0'	35°10'26,0	Outorga Vencida
46	Captação	595	0,0069	08°16'32,9'	35°10'48,8	Outorga Vencida
47	Captação	231	0,0027	08°13'57,0"	35°05'11,0	Outorga Vencida
48	Captação			08°08'09,3"	35°10'28,4	Pendência Interna
49	Captação	17280	0,2000	07°49'54,8"	34°56'37,3	Outorgado
50	Captação	60480	0,7000	07°50'12,6"	35°04'49,2	Outorgado
51	Captação	14688	0,1700	07°49'33,2"	35°02'02,5	Outorgado
52	Captação	25920	0,3000	07°48'43,3"	34°56'51,2	Outorgado
53	Captação	51840	0,6000	07°48'58,7"	35°01'07,4	Outorgado
54	Captação	25920	0,3000	08°02'12,5"	35°09'46,9	Outorga Federal
55	Captação	86400	1,0000	08°06'23,2"	35°01'45,1	Outorgado
56	Captação	46656	0,5400	08°01'49,0"	35°07'15,0	Outorgado
57	Captação	138240	1,6000	07°59'43,1"	35°03'18,7	Outorgado
58	Captação	34560	0,4000	07°59'53,2"	35°04'39,6	Outorgado

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos – SRH - PE

Tabela 4 – Parte 01

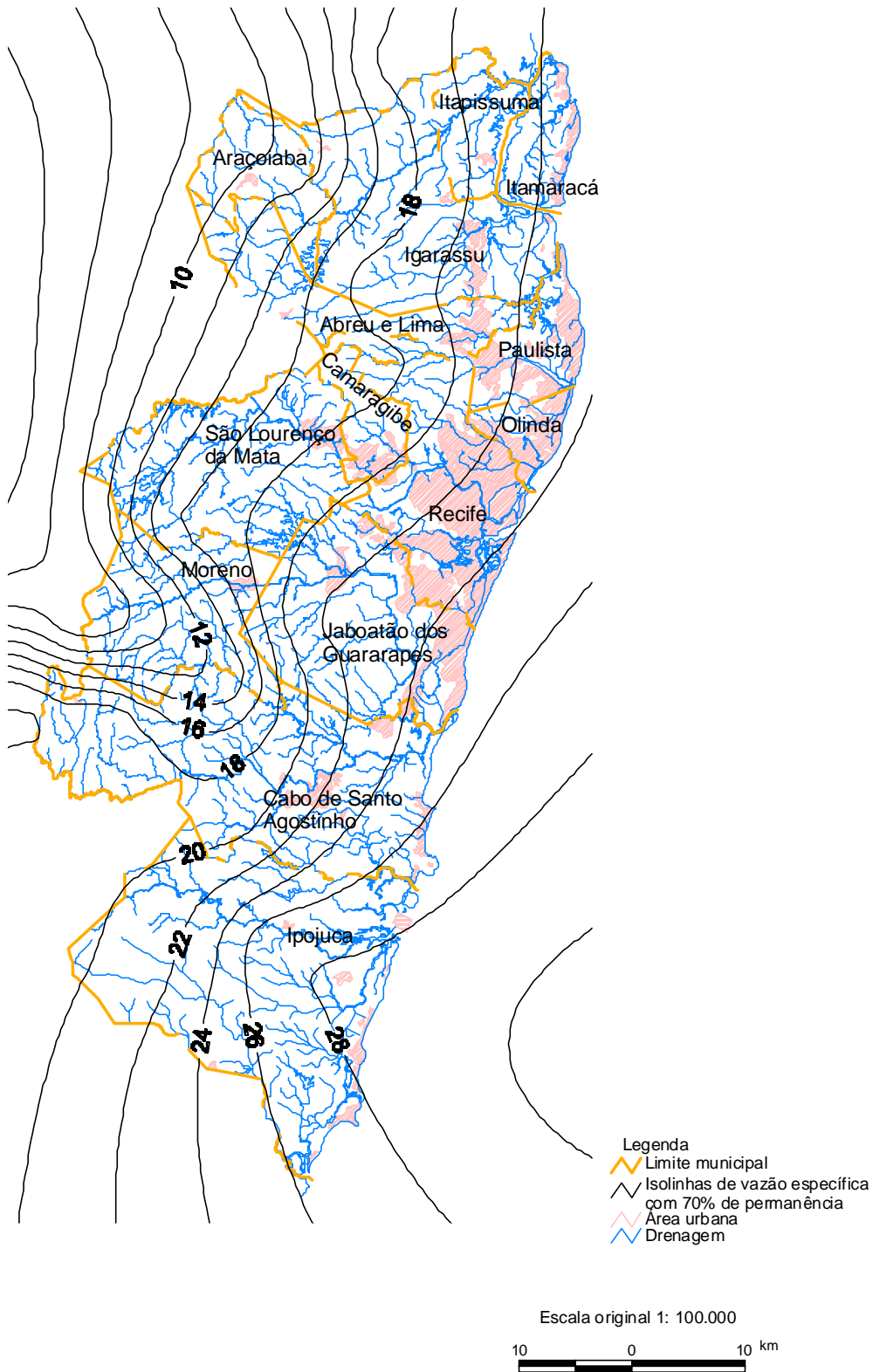
NO MAPA	REQUERENTE	MUNICIPIO	MANANCIAL
59	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Olinda	Rio Beberibe
60	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Paulista	Rio Paratibe
61	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Pitanga
62	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Igarassu	Rio Utinga
63	Associação dos Trabalhadores Rurais do Assentamento do Engenho Ubu	Itapissuma	Rio Arataca
64	Izaac de Melo Lima-ME	São Lourenço da Mata	Rio Capibaribe
65	Jorge Xavier de Moraes Neto	Itamaracá	Canal de Santa Cruz
66	Eduardo da Costa Pinto Oliveira da Silva	Itapissuma	Riacho Pitomba
67	Indústria de Celulose e Papel - INCELPA	Moreno	Rio Jaboatão
68	Acilio Regis de Moura	Igarassu	Rio Utinga
69	Usina Bom Jesus S.A.	Cabo de Santo Agostinho	Rio Gurjau
70	Felipe Parreiras Horta Queiroz	Ipojuca	Barragem do Caxito
71	Usina Ipojuca	Ipojuca	Rio Ipojuca
72	Avicil - Avícola Industrial Ltda.	Paulista	Rio Paratibe
73	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco	Barragem Cachoeira	
74	Luiz de Albuquerque Freitas	Paulista	Riacho Santa Fé
75	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Cabo de Santo Agostinho	Barragem do Gurjau
76	COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento	Cabo de Santo Agostinho	Barragem do Gurjau

Tabela 4 – Parte 02

NO MAPA	TIPO DE OUTORGA	Q_out (m³/dia)	Q_out (m³/s)	LATITUDE	LONGITUDE	SITUAÇÃO
59	Captação	47520	0,5500	07°59'41,9"	35°54'27,6	Outorgado
60	Captação	23760	0,2750	07°56'14,7"	34°54'44,4	Outorgado
61	Captação	43200	0,5000	07°52'08,5"	34°56'02,8	Outorgado
62	Captação	43200	0,5000	07°52'12,3"	34°55'30,4	Outorgado
63	Captação	54	0,0006	07°41'26,8"	34°55'23,3	Outorgado
64	Captação			08°08'09,3"	35°10'28,4	Isento
65	Captação	20000	0,2315	07°47'30,0"	34°52'50,0	Outorgado
66	Captação			07°44'07,26	34°54'14,8	Processo Arquivado
67	Captação	360	0,0042	08°07'20,1'	35°05'40,0	Outorgado
68	Captação			07°53'03,5"	34°57'10,6	Isento
69	Captação			08°14'32,2"	35°02'07,7	Processo Arquivado
70	Construção de obra			08°26'00,0"	35°02'00,0	Outorgado
71	Construção de obra			08°22'16,0"	35°08'29,0	Outorgado
72	Captação	90	0,0010	07°56'41,1"	34°54'31,8	Outorgado
73	Construção de obra			08°46'49,3"	36°23'37,4	Outorgado
74	Captação	44	0,0005	07°56'22,8"	34°55'37,7	Isento
75	Captação	80784	0,9350	08°14'10,6"	35°03'02,5	Outorgado
76	Captação	5616	0,0650	08°14'10,6"	35°03'02,5	Outorgado

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos – SRH - PE

A9 Disponibilidade hídrica com 70% de permanência em l/s.km² (litros por segundo por quilômetro quadrado)



CAPÍTULO 2

GEOLOGIA E GEOFÍSICA

Dunaldson E. G. A. da Rocha

Roberto Gusmão de Oliveira

2.1 Geologia

2.1.1 Generalidades

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está caracterizada geologicamente por rochas do embasamento cristalino, representadas por litótipos dos complexos Gnáissico-Migmatítico, Belém do São Francisco e Vertentes, além de granitóides diversos, aflorantes ou recobertas por sedimentos meso-cenozóicos das bacias sedimentares costeiras Paraíba–Pernambuco e do Cabo (**Figura 2.1**).

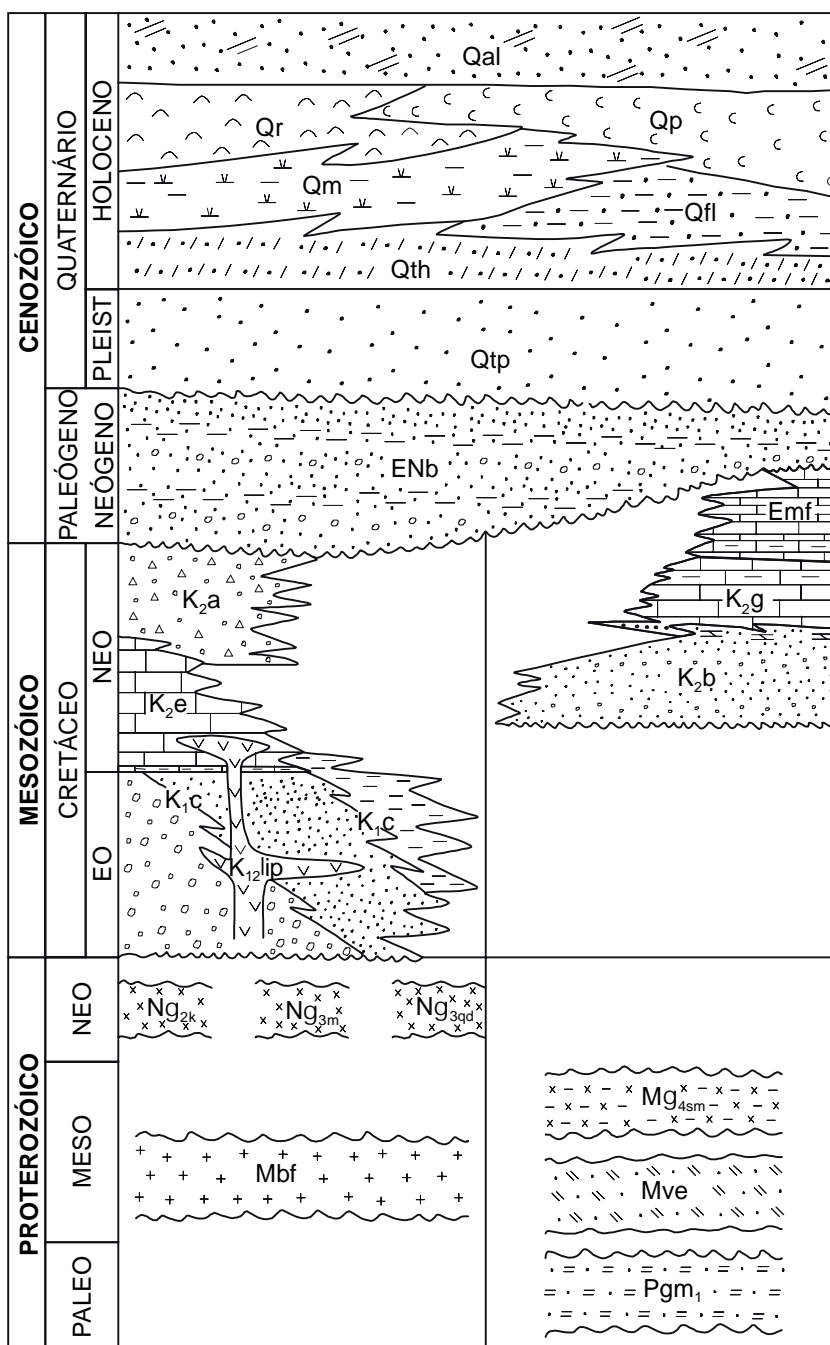
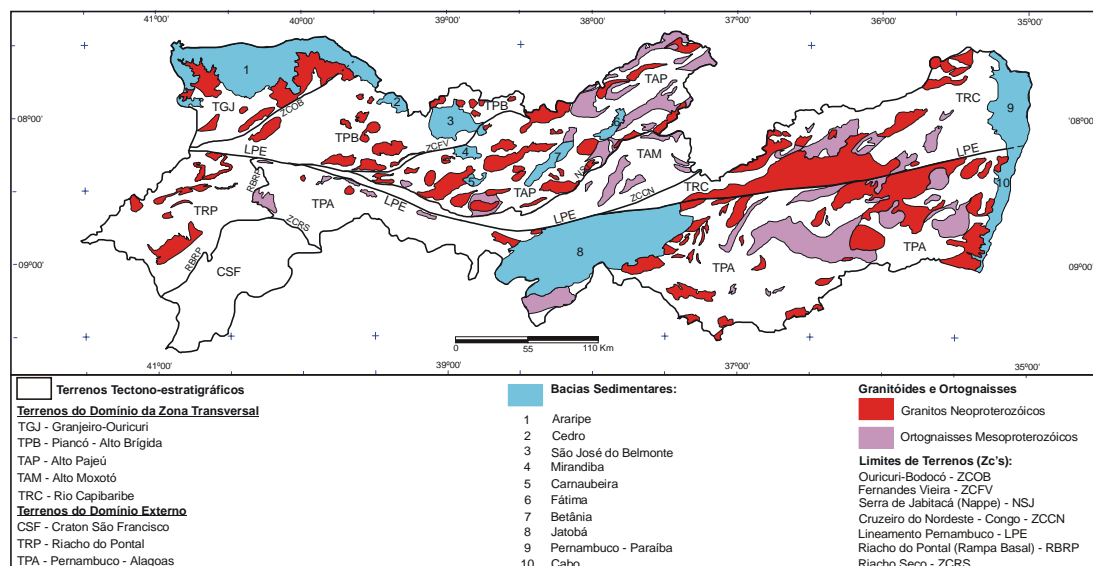


Figura 2.1 – Coluna Geológica Esquemática da Região Metropolitana do Recife

Segundo Santos (2000), o Lineamento Pernambuco (LPE), principal feição estrutural da área estudada, constitui o elemento balizador entre os terrenos Rio Capibaribe à norte e Pernambuco/Alagoas à sul (**Figura 2.2**), que também foi utilizado por Lima Filho (1998) para individualizar as citadas bacias.



Fonte: Gomes, 2001.

Figura 2.2 – Compartimentação tectônica do Estado de Pernambuco

2.1.2 Estratigrafia

2.1.2.1 Embasamento Cristalino

O embasamento cristalino está representado por dois grandes complexos. O primeiro, mais antigo, é o Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pgm1) do Paleoproterozóico, situado à norte do LPE, constituído por ortognaisses de composição granítica a tonalítica, por vezes monzoníticas e dioríticas, migmatizadas, não individualizadas (**Foto 2.1**). O segundo, à sul do lineamento, é o Complexo Belém de São Francisco (Mbf), de idade mesoproterozóica, definido por Santos (1995), constituído por ortognaisses e migmatitos com relíquias de supracrustais.

Numa pequena porção do extremo NW da RMR, a sul de Araçoiaba, aflora uma seqüência metavulcano-sedimentar do Complexo Vertentes (Mve), de idade mesoproterozóica, que compreende quartzitos, metapelitos e metavulcânicas diversas (Santos, 2000).

Na região a sul do LPE, no domínio do Terreno PE/AL (Santos, 2000.), ocorrem batólitos granitoides (**Foto 2.2**), constituídos por leucogranitos ($M\gamma_{4sm}$), sienitos ($N\gamma_{2k}$), monzonitos e granodiontos ($N\gamma_{3m}$), como também por quartzodioritos ($N\gamma_{3qd}$), individualizados por Rocha (1990).

2.1.2.2 Bacia do Cabo

Esta bacia marginal atlântica, que ocupa toda a faixa costeira meridional da RMR, a sul do Lineamento Pernambuco, possui forma alongada na direção N40°E, numa extensão de 80 km (além do limite sul da RMR) e largura de 12 km na sua porção emersa.

Denominada de sub-bacia do Cabo, da então Bacia Pernambuco-Paraíba (Rand, 1976) e de “Rift” do Cabo por Rocha (1990), é descrita por Lima Filho, op cit. como um excelente exemplo de rift extensional associado a um magmatismo bimodal aflorante, tendo sido desenvolvida no Eocretáceo, como um dos braços do Atlântico Sul em regime transtraccional. Este mesmo autor propôs a denominação de Bacia Pernambuco, no entanto, adotamos a nomenclatura de Bacia do Cabo (Mabesoone & Alheiros, 1988).

Lima Filho (op. cit.), analisando o mapa estrutural sísmico do embasamento dessa bacia elaborado pela PETROBRÁS, comenta que a mesma é composta por dois “grabens” principais, sendo um interno (continental), onde a pilha sedimentar pode apresentar espessuras de até 3500 m (*Graben* do Cupe) e outro externo (*off shore*), com espessuras maiores que 4000 m (Zona de Plataforma).

Estratigraficamente, está representada pelos sedimentos e vulcanitos cretácicos do Grupo Pernambuco, constituído pelas formações Cabo, Estiva e Algodoads e pelos litótipos da Suíte Vulcânica de Ipojuca (**Figura 2.3**).

A Formação Cabo (K₁c), do Eocretáceo, é composta por conglomerados polimíticos (**Foto 2.3**), arenitos grosseiros a conglomeráticos, arenitos arcoseanos, turbiditos arenopelíticos com bioturbação e mais raramente, folhelhos escuros, constituindo fácies de um sistema de leques aluviais coalescentes com progradação para um lago tectônico, associado ao desenvolvimento de um sistema fluvial entrelaçado (Alheiros, 1987).



Foto 2.1 – Ortognaisse do Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pgm1)



Foto 2.2 – Granitóide no Domínio de Terreno PE/AL

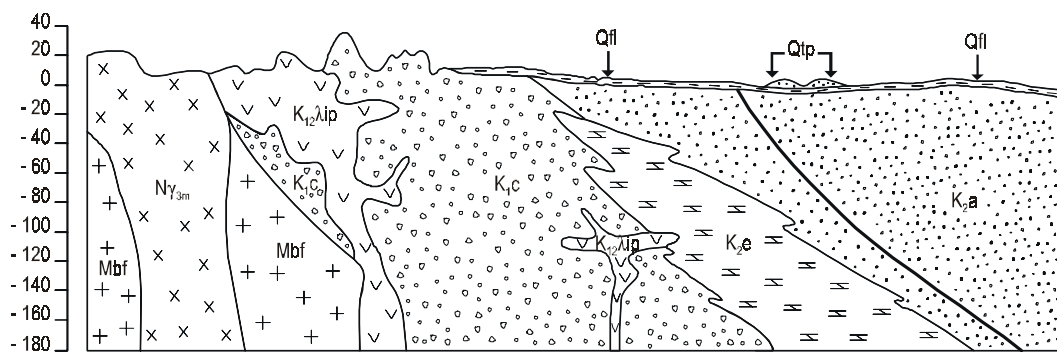


Figura 2.3 – Perfil Esquemático da Bacia do Cabo



Foto 2.3 – Conglomerado da Formação Cabo (K_{1c})

A Formação Estiva (K_2e), da base do Neocretáceo, é composta por calcários dolomíticos argilosos e calcilitos com forte diagênese e níveis bioturbados, associados a folhelhos, siltitos calcíferos e argilas escuras, que caracterizam um ambiente de plataforma marinha rasa, influenciada por marés (Lima Filho, 1988).

Nomeada como Formação Ipojuca por Amaral & Menor (1979), a Suíte Vulcânica de Ipojuca ($K_{12}\lambda ip$), nomeada por Lima Filho, op cit., abrange desde riolitos (ri), traquitos (tq) e basaltos (bs) até o granito intrusivo do Cabo de Santo Agostinho (grc), além de ignibritos (ig) e rochas piroclásticas (pi). A idade dessas vulcânicas, segundo vários autores, é neocretácica, embora Lima Filho (op. cit.) admita a existência de um riolito pré Formação Cabo, sem datação comprovada.

A Formação Algodoads (K_2a) está constituída por duas unidades informais, sendo a basal denominada de Água Fria e a superior de Tiriri (Lima Filho, op. cit.).

A unidade Água Fria compreende conglomerados desorganizados de matriz arcoseana grosseira, com seixos de vulcânicas (**Foto 2.4**), arenitos conglomeráticos maciços e arcósicos médios a grosseiros. A seqüência superior Tiriri, está representada por um arenito conglomerático esbranquiçado, essencialmente quartzoso, com raros fragmentos de rochas vulcânicas. Estes sedimentos diferem da fácies conglomerática da Formação Cabo, pelos seixos de natureza vulcânica.

Segundo Lima Filho (op. cit.), a idade da Formação Algodoads varia do Neocretáceo (pós Turoniano) até o Paleógeno, abaixo dos sedimentos do Grupo Barreiras, cuja deposição aconteceu em ambiente de leques aluviais com retrabalhamento dos clastos da Formação Cabo e das vulcânicas da Suíte Vulcânica de Ipojuca.

Informações verbais de Lima Filho, dão conta que a PETROBRÁS recentemente voltou a interessar-se por esta bacia, para pesquisar a existência de hidrocarbonetos em sua porção submersa, na Plataforma Continental de Pernambuco.



Foto 2.4 – Contato entre a Formação Algodoads (K_{2a}) e a Suíte Vulcânica de Ipojuca (K_{12λip})

2.1.2.3 Bacia Pernambuco-Paraíba

Classificada como do tipo flexural (Mabesoone, 1995), esta bacia congrega um pacote de rochas sedimentares meso-cenozóicas, que ocupa uma faixa de aproximadamente 30 km de largura, limitada a sul pelo Lineamento Pernambuco.

Lima Filho et al. (1998), consideram que a origem e a evolução geológica das bacias Pernambuco-Paraíba e Cabo foram completamente distintas, apesar de possuírem o Lineamento Pernambuco como limite comum, e que a primeira deve ser classificada como do tipo *ramp basin*, associada a separação definitiva das placas Sul Americana e Africana, constituindo o último ponto de ruptura entre estas placas.

Estratigraficamente está representada pelos sedimentos do Grupo Paraíba (Oliveira & Leonardos, 1943), que compreende uma seqüência terrígena basal (Formação Beberibe) e uma seqüência carbonática superior (formações Gramame e Maria Farinha), que juntas formam uma pilha sedimentar que pode atingir cerca de 400m de espessura, (**Figura 2.4**) na sua porção emersa mais profunda (Souza, 1999).

A Formação Beberibe (K_{2b}) de caráter predominantemente terrígeno continental, de idade neocretácica, está constituída por depósitos fluviais entrelaçados (“braided”) de alta energia, intercalados a depósitos de planície aluvial, gradando lateralmente em direção a costa, para um domínio de fácies flúvio-lagunar a flúvio-deltáica e de plataforma rasa (Nóbrega & Alheiros, 1991).

Esta unidade estratigráfica, é constituída litologicamente por arenitos grosseiros a conglomeráticos, localmente finos, de coloração cinza claro a cinza amarelado, mal

selecionados, de fraca diagênese, essencialmente quartzosos, apresentando eventuais intercalações de conglomerados e siltitos argilosos. Na sua porção superior, predomina um arenito creme, maciço, de forte diagênese, granulometria média a grosseira, com cimento calcífero e restos de conchas, constituindo uma zona de interdigitação com a Formação Gramame sobreposta.

A Formação Gramame (K₂g), também neocretácica, é uma unidade essencialmente marinha, constituída por calcários, calcários margosos, margas e argilas, apresentando horizontes fosfáticos interdigitando-se com calcarenitos, na sua porção basal. Trata-se de uma unidade bastante fossilífera, com sua fauna marinha abundante e variada, constituída por gastrópodes, lamelibrânquios e cefalópodes, entre outros.

Alguns autores reconhecem nesta formação três unidades faciológicas distintas. A fácies supramesolitoral constituída para calcarenitos maciços fossilíferos, por vezes dolomitizados e com alto teor de fosfato, representa a porção mais basal da Formação Gramame. A fácies fosfática é representada por um pacote pouco espesso (2,00 m de espessura média) de sedimento fosfático argilo-arenoso (fosforito), que grada lateralmente para um calcarenito fosfático de forte diagênese. Estas duas unidades faciológicas constituem cerca de 1/3 da formação. O restante da unidade está representada por uma fácies calcária, onde predominam calcários margosos fossilíferos cinzentos, dolomíticos na base, com intercalações de margas e níveis argilosos (Menor et al., 1977).

Seu contato com a Formação Beberibe se dá através de uma superfície de inconformidade (Manso et al., 1992), pouco evidenciada (Amaral & Menor, 1998), que muitas vezes é tido como gradacional, devido a interdigitação entre os horizontes fosfáticos da base da Formação Gramame com os arenitos calcíferos do topo da Formação Beberibe, antigamente conhecidos como integrantes da Formação Itamaracá. O contato superior com os calcários terciários da Formação Maria Farinha é do tipo gradacional, podendo ser materializado por um nível de calcário pseudolitográfico (Menor et al., op. cit.).

A Formação Marinha Farinha (Emf), do Paleógeno, compreende uma seqüência de calcários detríticos cinzentos fossilíferos, puros, mais ou menos recristalizados na sua porção basal, intercalados com calcários margosos, argilas e calcários dolomitizados, na sua porção superior (Menor et al., op. cit.). Os fósseis característicos desta unidade são os gastrópodes (Nautilóides), lamelibrânquios e cefalópodes (macrofauna) e os foraminíferos (microfauna). O conteúdo fossilífero desta formação indica um ambiente de sedimentação litorâneo a marinho raso (Beurlen, 1967).

Utilizando o conceito da Estratigrafia de Seqüências, Feijó (1994) estudando a então Bacia PE/PB, descreve que a presença de discordâncias e suas conformidades relativas ou de contrastes litológicos marcantes, propiciou o reconhecimento de cinco seqüências deposicionais.

A Seqüência Rifte engloba as formações Cabo e Ipojuca, que são responsáveis pelo preenchimento do Graben do Cabo na forma de leques aluviais continentais e vulcanitos associados. As outras quatro seqüências foram denominadas de Seqüências de Margem Passiva, constituídas pelos carbonatos de plataforma da Formação Estiva, pelos clásticos resultantes da atuação de leques costeiros em ambiente marinho da Formação Beberibe, pelos carbonatos finos transgressivos da Formação Gramame e finalmente pelos carbonatos de plataforma rasa da Formação Maria Farinha.

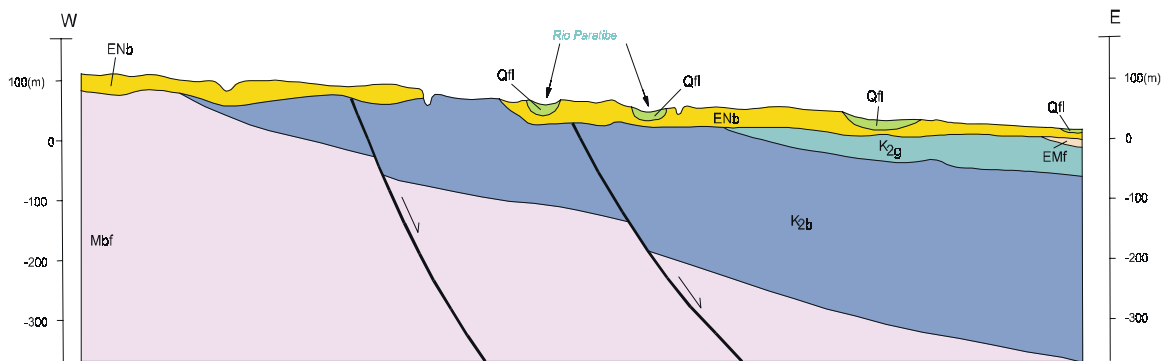


Figura 2.4 – Perfil Esquemático da Bacia Paraíba

2.1.2.4 Grupo Barreiras

Esta unidade estratigráfica apresenta controvérsias quanto a hierarquia (Grupo ou Formação) e quanto a sua idade (apenas Terciária, isto é Paleógena/Neógena ou Neógena/Quaternária). Neste trabalho seguiu-se a classificação adotada pela CPRM (Veiga Júnior, 2000), que classificou o Grupo Barreiras de idade Paleógena/Neógena. Geograficamente, esta unidade concentra sua área de afloramento em grande parte da porção norte da RMR e em parte da planície do Recife. Na porção sul ocorrem raras exposições desses sedimentos, que voltam a apresentar grandes áreas de afloramento a partir do Estado de Alagoas.

Está constituído por sedimentos areno-argilosos, pouco consolidados, de coloração variegada, com níveis lateritizados e caulínicos (**Foto 2.5**), que segundo Alheiros et al. (1988), caracterizam três domínios faciológicos distintos: um de leques aluviais, outro fluvial entrelaçado e um último flúvio-lagunar, cobrindo discordantemente tanto as rochas do embasamento cristalino, como os sedimentos das bacias costeiras meso-cenozóicas.



Foto 2.5 – Sedimentos Arenos-argilosos do Grupo Barreiras (ENb)

A fácies de leques aluviais, segundo Alheiros et al. (op. cit.), está representada na área da Região Metropolitana do Recife, por camadas arenosas mal selecionadas, grosseiras a silticas, por vezes arcoseanas, de cores variegadas, intercaladas com camadas argilosas, constituindo a porção distal destes leques.

A fácies fluvial entrelaçado (*braided*), está caracterizada por depósitos de granulometria variada, apresentando cascalhos e areias grossas a finas, geralmente feldspáticas, de coloração creme avermelhada, com intercalações de material siltico-argiloso. Apresenta estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte, com “sets” granodecrescentes.

A fácies flúvio-lagunar está representada por areias quartzo-felospáticas creme, de granulometria fina a média, intercaladas com filmes de argilas cinza-esverdeadas e matéria orgânica, formando um arranjo rítmico bastante característico. A estrutura sedimentar primária mais marcante desta unidade faciológica é a estratificação plano-paralela, embora algumas vezes se observe a presença de cruzadas de baixo ângulo, de forma subordinada. Nessas areias também são freqüentes as intercalações com camadas de argilitos ($\cong 1$ m de espessura) e de níveis argilo-carbonosos preto-acastanhados.

2.1.2.5 Cobertura Quaternária

Os sedimentos quaternários que dominam toda faixa costeira da Região Metropolitana do Recife foram individualizados pela primeira vez por Caldaso et al. (1981) e reformulados por Rocha, op cit. No mapa geológico do Estado de Pernambuco (Gomes, op cit.) estas unidades foram agrupadas em unidades maiores, em função da sua escala de

apresentação. Neste trabalho, optou-se pela caracterização feita por Caldaso et al. (1981), com pequenas modificações realizadas por Rocha, op cit., e Assis & Pfaltzgraff (2001).

Os terraços marinhos pleistocênicos (Qtp) ocorrem de maneira marcante na planície do Recife e em porções localizadas da Bacia Pernambuco. São constituídos por areias quartzosas de granulometria variando de fina a média, com selecionamento regular, associadas a restos de conchas calcárias. Geralmente ocupam cotas que variam de 2 m a 10 m. A camada superficial destes terraços, geralmente está enriquecida com matéria orgânica.

Os terraços marinhos holocênicos (Qth) que se estendem por quase toda faixa costeira da RMR, possuem constituição semelhante a dos Qtp, apenas são areias mais bem selecionadas, onde predomina a granulometria fina. Restos de conchas também são freqüentes.

Os sedimentos detríticos flúvio-lagunares (Qdfl) constituem a unidade quaternária de maior área de ocorrência na RMR. Esta unidade é composta por areias finas, siltes, argilas, vasas diatomáceas e sedimentos turfáceos.

Outra unidade de expressão geográfica bastante significativa é a de sedimentos de mangues (Qm), constituída predominantemente por argilas, siltes, areias finas, carapaças silicosas de diatomáceas, espículas de espongiários, restos orgânicos e conchas (Caldaso, et al., 1981).

Os depósitos arenosos inconsolidados essencialmente quartzosos, bem selecionados, que ocupam faixas estreitas ao longo de toda costa da Região Metropolitana do Recife, constituem a unidade denominada de sedimentos de praia (Qp).

Ao longo da costa, ocorrem cordões ou bancos de arenitos constituídos por grãos de quartzo e fragmentos de conchas (*beach rocks*), que formam a unidade recifes de arenitos (Qr). Estas rochas se destacam principalmente ao longo das praias de Boa Viagem e Porto de Galinhas. Porém, devido a escala de apresentação deste trabalho, esta unidade só está cartografada nas proximidades do Complexo Portuário de Suape.

As coberturas detríticas quaternárias culminam com os depósitos aluvionares (Qal), de caráter arenoso a areno-argiloso, que se distribuem ao longo dos principais rios da RMR, com destaque para os depósitos ao longo dos rios Ipojuca, Jaboatão e Capibaribe.

2.1.2.6 Geologia Estrutural

Dados geológicos e geofísicos indicam que a Região Metropolitana do Recife está separada pelo lineamento Pernambuco em dois domínios tectono-estruturais, que evoluíram de forma distinta durante o período de formação da margem continental que levou à abertura do Oceano Atlântico.

O lineamento Pernambuco é uma zona de cisalhamento dúctil que se estende ao longo do Estado de Pernambuco por mais de 700 km, desde o Recife até a borda da bacia do Parnaíba. Ele faz parte de um grande sistema interligado de zonas de cisalhamentos que se desenvolveu durante a orogênese brasileira (510 Ma-650 Ma). No estágio dúctil teve movimento dextral e produziu rochas miloníticas em faixa de até 6 km de largura (Davison et al., 1995). Durante o Cretáceo, em um estágio de reativação rúptil, alguns trechos desenvolveram falhas normais com rejeitos verticais de até 4 km. Na época atual apresenta atividade sísmica nas redondezas da cidade de Caruaru. Na cidade do Recife ele está encoberto por sedimentos, porém, dados geofísicos permitem localizar a estrutura ao longo da margem norte do rio Jiquiá. O seu encontro com a linha da costa coincide com a convergência das drenagens que constituem os estuários do rio Jiquiá e do rio Capibaribe.

A Bacia do Cabo foi implantada na região ao sul do lineamento durante o Cretáceo por meio de uma tectônica de extensão que desenvolveu falhas gravitacionais de borda com altos ângulos de mergulho e grandes rejeitos verticais. Ela foi formada por dois conjuntos principais de falhas, um com direção NNE-SSW que controlou a borda principal da bacia e o outro com direção NW-SE que deslocou as falhas de borda e alargou a área sedimentar no sentido do continente (Oliveira, 1994; Polônia, 1997; Mário Filho, op cit.). Essas falhas atuaram sob a ação de um regime tectônico distensional com direção WNW-ESE e variações pontuais para NE-SW, controladas por abatimentos de blocos ao longo das zonas de transferência de esforços (Polônia, op cit.). O embasamento cristalino nessa região apresenta foliações com atitudes médias de $162^{\circ}/68^{\circ}$, com mergulhos no mesmo sentido das falhas que limitam a bacia, formando com elas ângulos menores que 45° (Polônia, op cit.). O processo tectônico produziu pacotes sedimentares com espessuras superiores a 3.000 m e um intenso vulcanismo ácido-básico.

No norte do lineamento formou-se a Bacia Pernambuco-Paraíba. Os dados estratigráficos conhecidos indicam que na Região Metropolitana do Recife os sedimentos dessa bacia foram depositados por um regime de transgressão marinha em uma borda continental flexurada pelo esforço de equilíbrio isostático entre a placa continental afinada e a oceânica recém formada e, localmente, com uma influência importante do lineamento Pernambuco e as suas ramificações. A interpretação de dados gravimétricos identificou três direções de falhas normais, geralmente de rejeito vertical menores que 100 m: WNW-ESE, NE-SW e N-S (Oliveira, 1994). As falhas WNW-ESE coincidem com as direções das ramificações pré-cambrianas do lineamento Pernambuco e limita altos e baixos estruturais. As falhas NW-SE parecem controlar a borda da Bacia Pernambuco-Paraíba. As falhas N-S são paralelas às escarpas do Grupo Barreiras, controlam a borda da bacia e a morfologia da margem oeste da ilha de Itamaracá. No município de Recife, a Bacia Pernambuco-Paraíba está estruturada sob a forma de um graben assimétrico e alongado na direção ENE, com profundidades inferiores a 250 m. No prolongamento da bacia para o norte da região metropolitana, a borda da bacia assume a direção principal N-S e a espessura do pacote sedimentar atinge a profundidade máxima de 400 m.

2.2 Geofísica

A área sedimentar da Região Metropolitana do Recife é caracterizada pela existência de pacotes sedimentares que foram depositados em ambientes cujas condições variaram ao longo do processo e do local de deposição. A natureza e a composição dessa sedimentação tem uma íntima relação com a intensidade e as causas da atividade tectônica que determinaram a forma e a amplitude da bacia. Nesses casos, o uso da geofísica como uma ferramenta de interpretação subsuperficial e de visualização tridimensional da crosta rasa ou profunda é de aplicabilidade consagrada. Dessa forma, as informações geofísicas permitem uma interpretação consistente da compartimentagem tectônica, da espessura dos pacotes sedimentares e da localização de estruturas encobertas.

2.2.1 Mapa Gravimétrico Bouguer

O mapa gravimétrico Bouguer (**Figura 2.5**) da Região Metropolitana do Recife foi construído com aproximadamente 1900 estações gravimétricas distribuídas e concentradas na área com dominância das rochas sedimentares. Os dados são originários de levantamentos executados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Oliveira, op cit.) e pela PETROBRÁS no início da década de 90. O valor da densidade média das rochas para correção Bouguer foi de $2,67 \text{ g/cm}^3$ nos dados da CPRM e $2,0 \text{ g/cm}^3$ nos dados da PETROBRÁS. As altitudes das estações de medidas foram referenciadas ao nível do mar.

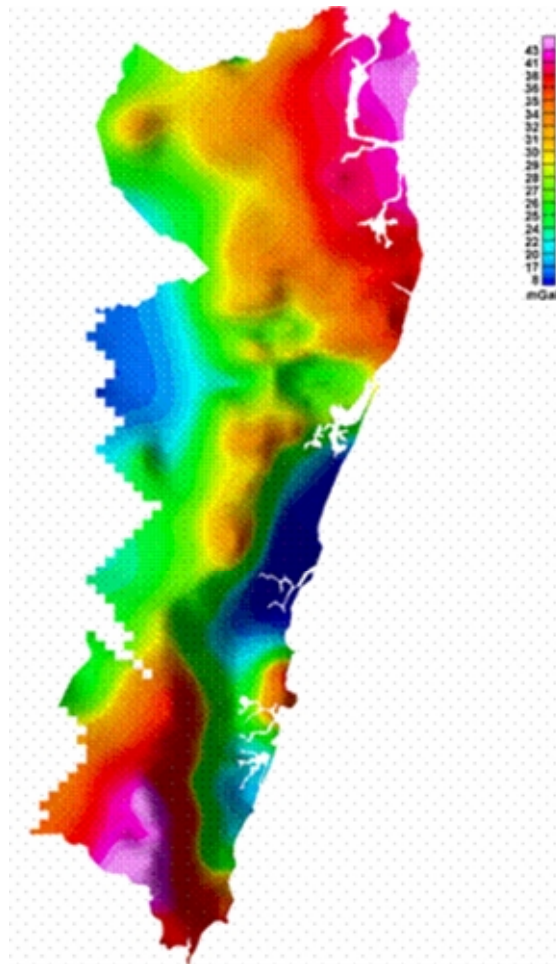


Figura 2.5 – Mapa Gravimétrico Bouguer

O aspecto mais marcante do mapa é a distinção entre as formas e as orientações das anomalias localizadas a sul e a norte do lineamento Pernambuco. No sul são largas com amplitudes entre 8 e 27 mGal, com as isogálicas orientadas preferencialmente na direção SSW-NNE, segundo o maior comprimento da bacia do Cabo. No norte são estreitas com amplitudes entre 1 e 7 mGal; as isogálicas apresentam orientações em três direções diferentes: E-W, WSW-NNE e SE-NW. Esses padrões anômalos refletem a atuação de eventos tectônicos distintos para os compartimentos norte e sul. As diferenças de amplitudes estão relacionadas com variações na espessura dos pacotes sedimentares em contraste com as rochas mais densas do embasamento cristalino.

A retirada de um campo gravimétrico regional representado por uma superfície de tendência do 3º grau produziu um Mapa Gravimétrico Residual (**Figura 2.6**). Nesse mapa, as assinaturas observadas reforçam as interpretações dos padrões anômalos já conhecidos e enfatizam mais claramente o lineamento Pernambuco. Além dos aspectos relacionados com os contextos tectônicos distintos entre o norte e sul, destacam-se três assinaturas importantes. A anomalia positiva superposta ao granito do cabo de Santo Agostinho que possivelmente reflete uma estrutura tectônica de soerguimento na região; o alinhamento de

anomalias positivas que acompanham a borda da Bacia Pernambuco-Paraíba ao norte do lineamento Pernambuco; e a correlação da forma da ilha de Itamaracá com o cruzamento de estruturas gravimétricas de abatimento tectônico nas direções N-S e E-W, que produziram um progressivo aumento da espessura sedimentar no sentido do nordeste da ilha.

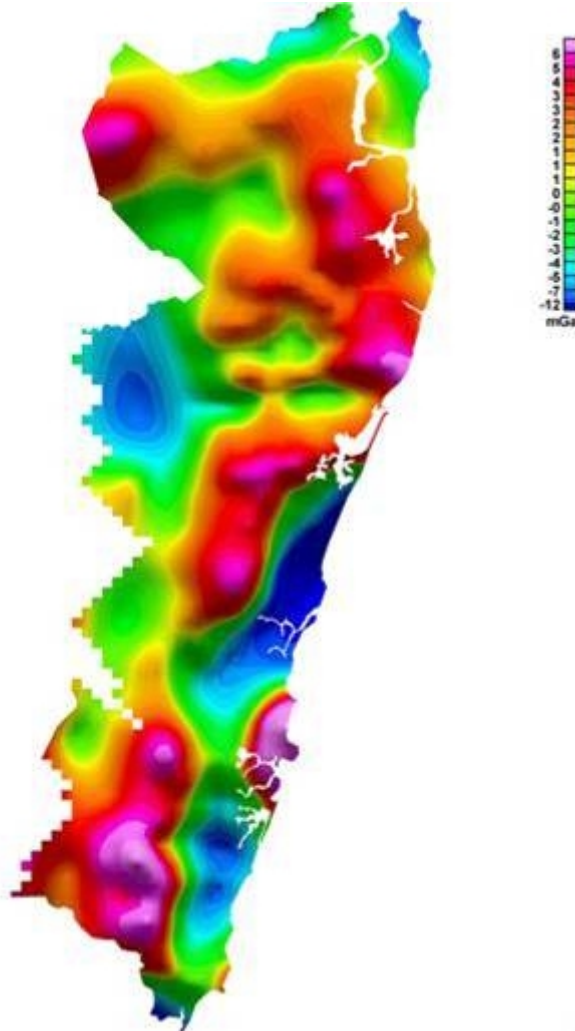


Figura 2.6 - Mapa Gravimétrico Residual

2.2.2 Mapa de Magnetometria Aérea

Os dados de magnetometria aérea são parte do projeto aerogeofísico Platô de Pernambuco contratado pela PETROBRÁS e executado pelo consórcio das empresas ENCAL, LASA e PROSPEC (ENCAL; LASA e PROSPEC, 1988). O levantamento foi realizado com linhas de vôo espaçadas de 3 km com a aeronave na altura de 300 m.

O mapa magnetométrico do campo total residual (**Figura 2.7**) se caracteriza pela existência de dois padrões magnéticos distintos cujo limite corresponde ao lineamento Pernambuco. Ao norte ocorre a alternância de eixos positivos (vermelhos) e negativos (azuis) orientados na direção E-W, compondo anomalias com amplitudes em torno de 70 nT (nanoTesla) e comprimento de onda da ordem de 12 km. Ao sul observa-se uma importante

anomalia com amplitude média em torno de 300 nT sobreposta à província de rochas vulcânicas da Bacia do Cabo.

A característica bipolar das anomalias magnéticas dificulta a interpretação desses dados em baixas latitudes, sobretudo quanto da localização exata do corpo causador da anomalia. Em função dessa dificuldade foi efetuada uma filtragem matemática dos dados magnetométricos para a apresentação como um Mapa de Sinal Analítico (**Figura 2.8**) (Oásis Montaj, v. 5.0). Dessa forma, as anomalias bipolares foram convertidas em monopulares, as quais são positivas e apresentam tons progressivamente avermelhados sobre uma fonte magnética. Essa transformação nos dados enfatizou os padrões observados no campo total e adicionou novas assinaturas. Nesse mapa observa-se que a anomalia de campo total sobre as rochas vulcânicas da Bacia do Cabo está separada em uma série de fontes individualizadas que devem corresponder aos centros mais importantes de vulcanismo. Ao norte do lineamento ocorre um alinhamento N-S que acompanha a borda da Bacia Pernambuco-Paraíba e está correlacionado com um alinhamento gravimétrico positivo.

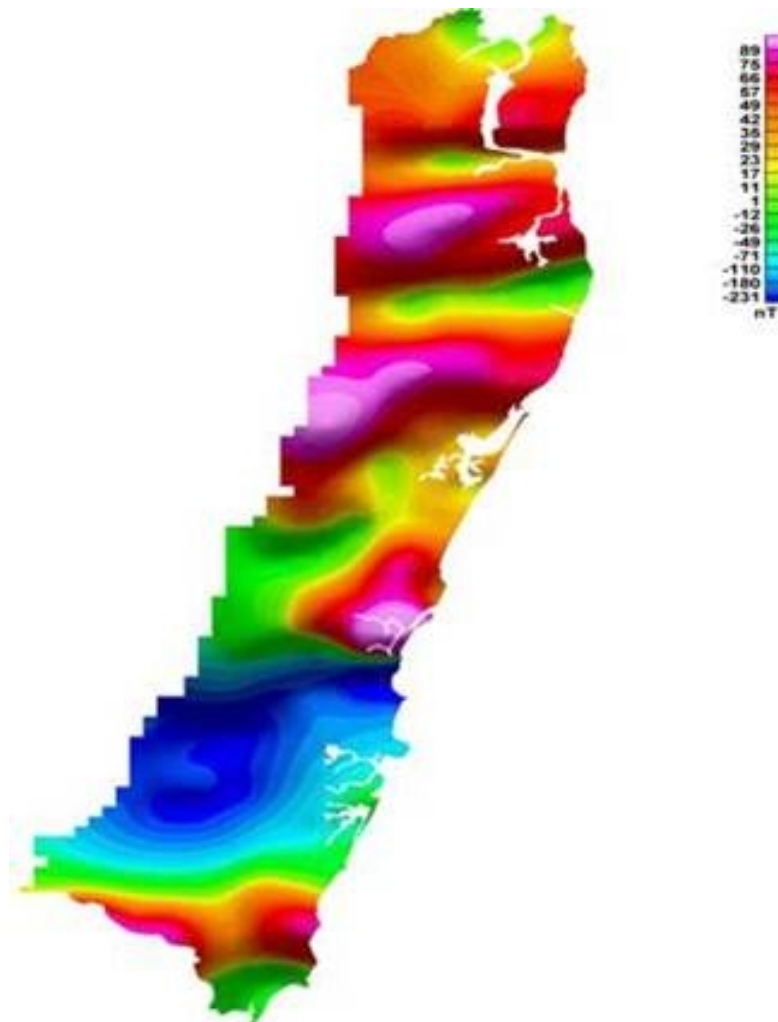


Figura 2.7 - Mapa Magnetométrico do Campo Total Residual

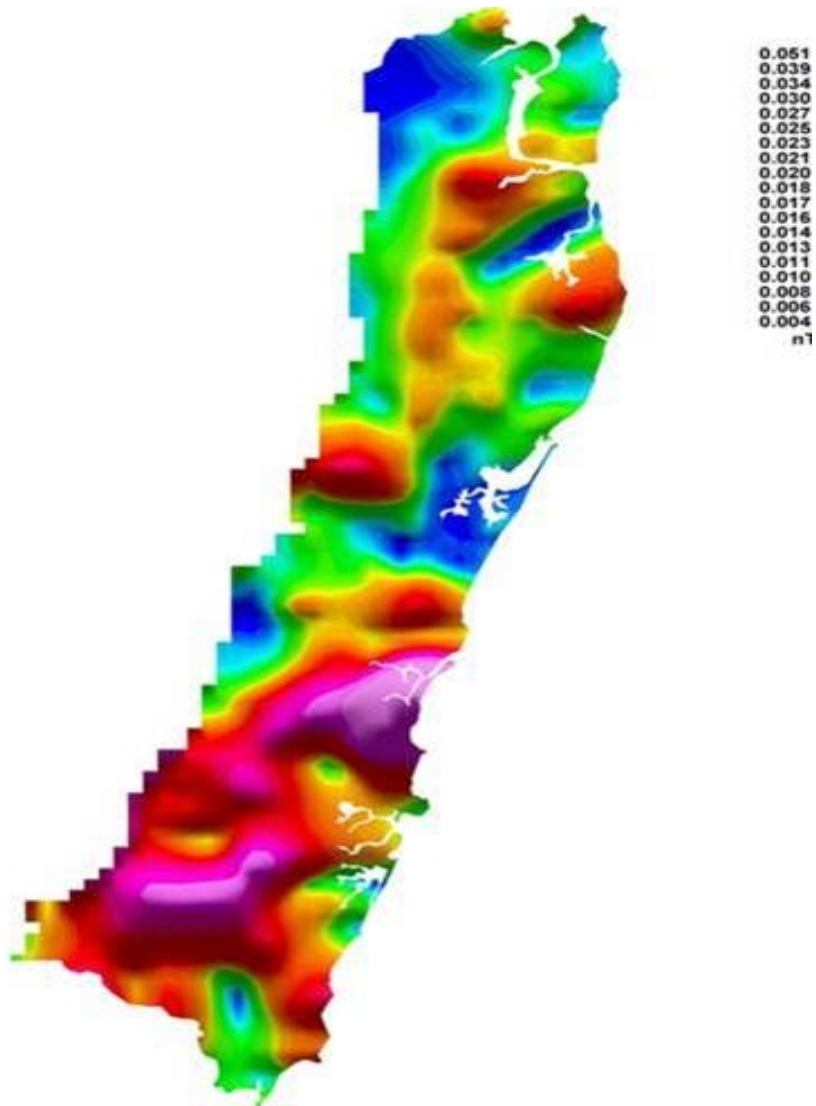


Figura 2.8 - Mapa de Sinal Analítico

2.3 Referências Bibliográficas

ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, F. A. J.; OLIVEIRA FILHO, J. S. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais**. Belém: SBG, 1988. 6v. v.2 p.753 – 760.

ALHEIROS, M. M. **Caracterização sedimentológica da Formação Cabo – Pernambuco**. Recife, 1987. 99p. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, 1987.

AMARAL, A. J. R.; MENOR, E. A. A seqüência vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal. **Atas**. Natal: SBG, 1979. 638p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 7) p.251-269.

AMARAL, A. J. R.; MENOR, E. A. **Nova concepção genética para os jazimentos fosfáticos da Bacia Pernambuco – Paraíba.** [S.l.: s.n.], 1998.

ASSIS, H. M. B. de; PFALTZGRAFF, P. A dos S. **Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife.** Recife: CPRM, 2001. 81p. (Série Degradação Ambiental, 2).

BEURLEN, K. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife – João Pessoa. **Boletim da Soc. Bras. Geol.**, v.16, n.1, p. 43 - 53, 1967.

CALDASSO, A. L. da S.; COSTA, A. C. da; ANDRADE, D. A. de ; MORAES, J. F. S. de. **Projeto turfa do Nordeste oriental. Relatório final da etapa I.** Recife: DNPM/CPRM, 1981. 3v.

DAVISON, I.; MCCARTHY, M.; POWELL, D.; TORRES, H. F. H.; SANTOS, C. A. Laminar flow in shear zones: the Pernambuco Shear Zone, NE-Brazil. **Journal of Structural Geology**, V. 17, No. 2, pp. 149-161, 1995.

ENCAL; LASA; PROSPEC. **Projeto Aeromagnético Platô de Pernambuco**, Relatório Final de Aquisição e Processamento de Dados, 3 vol., texto e anexos, Petróleo Brasileiro S. A - PETROBRAS, DEPEX, Rio de Janeiro, 1988 (arquivado no SEDOC/PETROBRAS/Rio de Janeiro sob o registro 103-07289).

FEIJÓ, F. J. Bacia de Pernambuco – Paraíba. **Boletim Geoci. PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.143 - 147, jan./mar. 1994.

GOMES, H. A. **Geologia e recursos minerais do estado de Pernambuco. Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado de Pernambuco.** Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto de Mapeamento Geológico/Metalogenético Sistemático. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. 198p. 2 mapas 1:500.000

LIMA FILHO, M. F. **Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco.** 180 p., Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.

LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, A. B.; SOUZA, E. M. – 1998 – Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean. Alicante (Espanha), 15th, Intern. Sedimen. Congress., Abstracts, p 504-505.

MABESOONE, J. M. Novos estudos na bacia sedimentar Pernambuco – Paraíba – Rio Grande do Norte. In: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16, 1995, Recife. **Atas.** Recife: SBG, 1995. 2v. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 14) v.1 p.254-256.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**, v.18, n.4, p.476-482, dez. 1988.

MANSO, V. do A. V.; COUTINHO, P. N.; LIMA FILHO, M. F.; LIMA, A. T. O.; MARTINS, M. H. A.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; MENEZES, M. O. B.; CHAVES, N. S.; KATER, K.; LIRA, A. R. A.; OLIVEIRA, L. A. Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco. Relatório técnico. Recife, UFPE/LGGM, 1992. . 55p. **Folha Itamaracá (SB.25-Y-C-VII)**:Cap. 3 a 6, p.15-41.

MENOR, E. A.; DANTAS, J. R. A.; SOBRINHO, E. M. Sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: revisão e novos estudos. In: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO

NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande. **Atas**. Campina Grande: SBG, 1977. 499p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 6) p.1 - 24.

NÓBREGA, V. A. & ALHEIROS, M. M. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco – Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. **Atas**. Recife: SBG, 1991. 383p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG,12) p.75 - 77.

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil** 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/ Ser. Infor. Agric. 1943. 813p.

OLIVEIRA, R. G. **Levantamento gravimétrico da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife**. Projeto SINGRE; Recife, CPRM/FIDEM, (Série Cartografia Temática, 2); 1994, 38p.

POLONIA, J. A. L. **Geometria e Cinemática do Rifte do Cabo, Litoral sul do Estado de Pernambuco**. 139 p., Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

RAND, H. M. **Estudos geofísicos na faixa litorânea sul de Recife**. Recife, 1976. 101p. Tese (Docente Livre Prospecção Geofísica) - Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Pernambuco, 1976.

ROCHA, D. E. G. A. da **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenética / preliminar. Escala 1:100.000. (folha SC. 25 –V-A-II – Vitória de Santo Antão). Estado de Pernambuco**. Brasília: DNPM / CPRM, 1990. 112p. il. 2 mapas.

SANTOS, E. J. **O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: acreção e Colisão na Região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema**. São Paulo, 1995. 220p. Tese (Doutoramento em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1995.

SANTOS, E. J. [CD ROM] **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belém do São Francisco. Folha SC.24-X-A. Estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia. Escala 1:250.000. Geologia e Metalogênese. CPRM**. Recife: CPRM, 2000. Disponível em 1 CD.

SOUZA, E. M. de **Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia do Paraíba**. Recife, 1999. 152p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, 1999.

VEIGA JÚNIOR, J. P. [CD ROM] **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. São Luís NE/SE. Folha SA.23-X e SA.23-Z. Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000. Geologia. CPRM**. Brasília: CPRM, 2000. Disponível em 1 CD.

CAPÍTULO 3

GEOMORFOLOGIA DO EXTREMO NOROESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Rogério Valença Ferreira

3.1 Justificativa

O objetivo da utilização de um *zoom* para a escala de 1:50.000 (**figura 3.1**), no Mapa Geomorfológico da Região Metropolitana do Recife, que em sua versão integral está na escala de 1:100.000 (mapa em anexo), foi devido a necessidade de um maior detalhamento das formas de relevo encontradas no extremo Noroeste daquela região, para auxiliar na diferenciação das unidades geológicas mapeadas, especialmente o Grupo Barreiras e embasamento, que se confundem na sua morfologia em escala regional.

A área alvo desse detalhamento, fica localizada no extremo Noroeste da Região Metropolitana do Recife, entre as coordenadas de 7° 41' 44.1" e 7° 54' 34.4" de latitude Sul e 034° 56' 0.7" e 035° 07' 43.7" de longitude Oeste, incluindo o município de Araçoiaba e parte dos municípios de Abreu e Lima e Igarassu .

Para a elaboração do *zoom* de detalhamento da geomorfologia da área pesquisada, foi utilizado um recorte de uma imagem de satélite Landsat_7_TM, bandas 3, 4 e 5, órbita ponto 214/065.

3.2 Unidades Morfológicas

As unidades morfológicas do extremo noroeste da Região Metropolitana do Recife, estão agrupadas de acordo com a metodologia de Assis (no prelo) adotada para a elaboração do mapa geomorfológico da Região Metropolitana do Recife, escala 1:100.000.

A área do presente trabalho está inserida nas unidades geomorfológicas dos "tabuleiros costeiros" e "planícies deltaicas, estuarinas e praias" da divisão feita pelo RADAMBRASIL (Brasil,1981). A seguir, são descritas as unidades morfológicas:

3.2.1 Relevos de Degradação

O modelado de degradação ou dissecação está sub-dividido em três unidades morfológicas mapeadas: os tabuleiros, as vertentes e os morros individualizados no cristalino. Essa sub-divisão deve-se às peculiaridades do relevo local, que na escala de trabalho adotada (1:50.000), possibilitou limitar essas unidades que não aparecem em escalas menores, particularmente a Unidade Vertentes.

3.2.1.1 Tabuleiros

Essa é a principal unidade morfológica da área de estudo. Os tabuleiros foram delimitados com base nas superfícies planas ou quase planas dos interflúvios que ocorrem na maior parte da área. Acham-se limitados pela unidade denominada de Vertentes, que está localizada entre os tabuleiros e as planícies aluviais. Apresentam-se com uma forma alongada na direção geral SW-NE, obedecendo a direção da rede de drenagem, que forma um padrão sub-paralelo, conseqüência do controle estrutural. Os vales resultantes dessa drenagem, apresentam-se bem encaixados, com vertentes abruptas. As altitudes desses topos tabulares variam de cotas em torno de 140 m, a Oeste da área, até cotas em torno de 80 m, a Leste.

Geologicamente, essa unidade representa o Grupo Barreiras e encontra-se bastante dissecada na área. Apresentam regolito com espessura variando de 2 m a 6 m onde estão desenvolvidos solos podzólicos com boa drenagem. Nos topos tabulares mais planos a vegetação nativa foi substituída por cultivos, predominantemente de cana-de-açúcar, o que vem provocando processos de erosão laminar, com exceção da porção sudoeste, onde encontra-se uma considerável reserva de Mata Atlântica que serve de área de proteção de mananciais.

Geomorfologia do Extremo Noroeste da Região Metropolitana do Recife

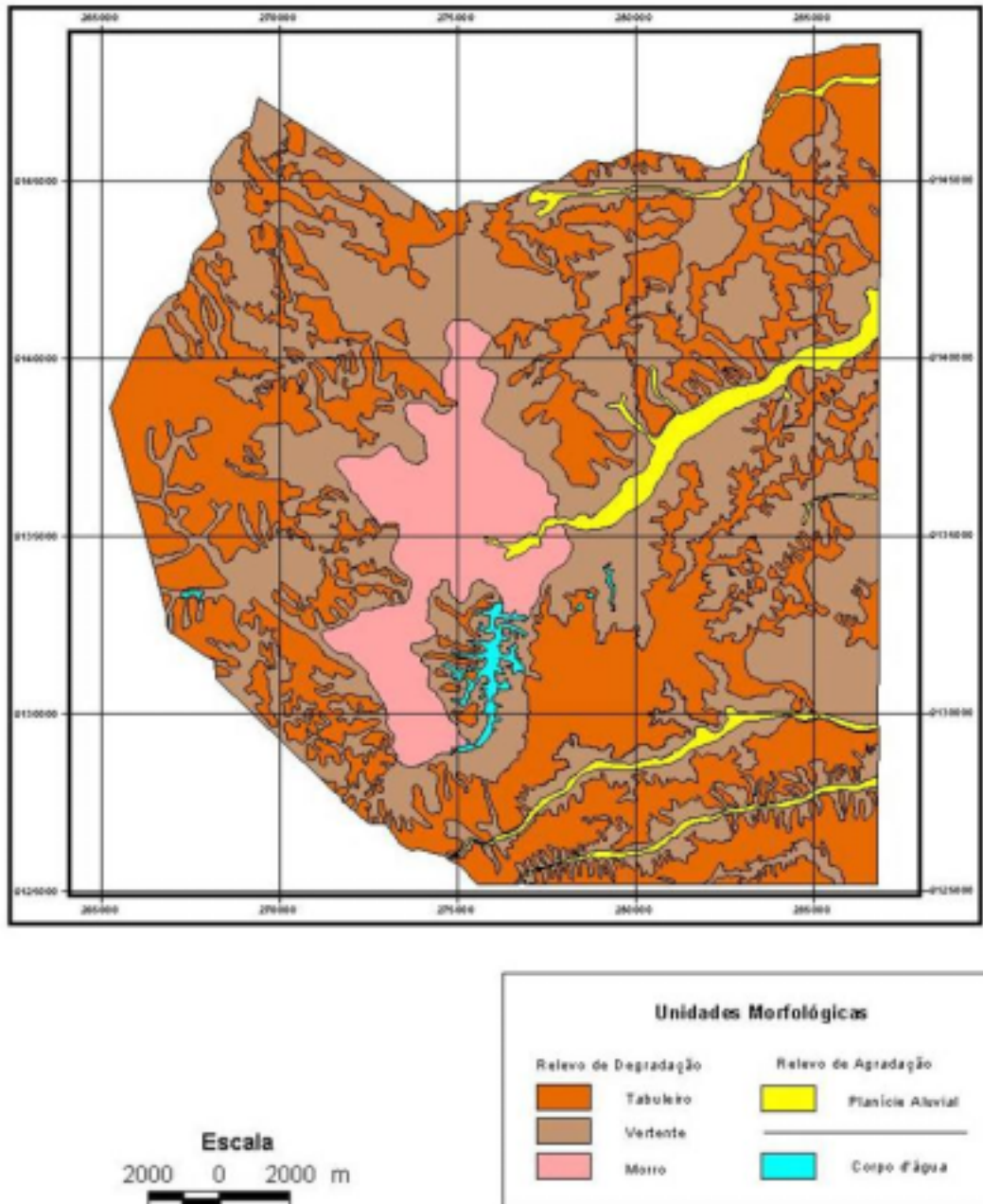


Figura 3.1 – Geomorfologia do Extremo Noroeste da RMR

3.2.1.2 Vertentes

O estudo das vertentes ou encostas tem uma grande importância para a compreensão do desenvolvimento das paisagens, por se tratar de uma unidade do relevo onde ocorrem vários processos, principalmente de ordem erosiva, que vão refletir, de certa forma, na configuração da ocupação humana no espaço.

Na área de estudo as encostas retratam uma evolução influenciada principalmente pela ação climática. A litologia constitutiva é dos sedimentos do Grupo Barreiras, que recobrem a maior parte da área e embasamento, na sua porção Oeste.

Essa unidade vai da quebra de relevo dos tabuleiros até os limites com as planícies fluviais e a unidade morros. Os declives suavizados predominam nas áreas que estão voltadas para as planícies aluviais dos principais cursos d'água da área, onde os vales são abertos e de fundo chato. Nessas áreas, observa-se a ocorrência de rampas de colúvio. Bigarella e Mousinho em 1965, *apud* Moura & Silva (1998), introduziram o termo usado para a descrição de segmentos suavizados das vertentes, formados por acumulação de detritos provenientes do topo ou parte superior da vertente. Ainda segundo Moura & Silva (1998), Meis & Machado em 1975, ampliaram o termo rampa de colúvio, sendo reconhecidos segmentos erosivos e deposicionais.

Por outro lado, nas áreas mais a montante dos vales fluviais e nos pequenos vales escavados por águas pluviais, ocorrem as encostas com maior declividade, formando vales em forma de "V" com baixa acumulação de sedimentos, devido a grande energia utilizada no transporte, provocada pelo alto gradiente.

Os processos erosivos da área estão localizados em sua maioria nesta unidade, onde, nas áreas em que foi retirada a vegetação natural, pode-se observar processos intensos de ravinamento e voçorocamento. Os ravinamentos são processos erosivos provocados pelo escoamento superficial concentrado, face a retirada da cobertura vegetal do solo, onde aparecem pequenos sulcos escavados pelo fluxo de água. Por sua vez, a formação de voçorocas é devido ao escoamento subsuperficial intenso, através de dutos ou túneis, que provocam o colapso da superfície localizada acima. Observa-se, também, a ocorrência de movimentos de massa na forma de deslizamentos das encostas mais abruptas desprovidas de vegetação, que acontecem no período mais úmido, devido a maior infiltração das águas pluviais.

3.2.1.3 Morros

Essa unidade representa as colinas individualizadas de topos mais arredondados e declives suaves em forma de meia-laranja, feições típicas de relevo cristalino, correspondem geologicamente ao embasamento, que apresentam processos de intemperismo químico predominantes. São formas que foram individualizadas por ação intensa da drenagem, provocando o recuo das vertentes e pelo escoamento superficial, devido à ação do clima úmido atuante na região.

Estão localizadas na região central da área, numa faixa de transição para as planícies fluviais, onde o vale do rio Catucá aparece como principal receptor dos sedimentos provenientes desta unidade. As colinas individualizadas são, provavelmente, resquícios de antigas áreas tabulares que foram retrabalhadas até a exposição do embasamento, por influência das últimas transgressões, que avançaram a linha de costa e provocaram um afogamento dos vales.

Os solos predominantes na área são do tipo Argisolos nos topos das colinas e Latossolos nas encostas, onde os processos de coluvionamento são bastante atuantes, formando rampas de colúvio com extensões que variam em dezenas de metros. A vegetação predominante é a cultura da cana-de-açúcar, com áreas degradadas por processos erosivos provocados pelo uso intensivo do solo, onde podem ser observadas áreas com voçororas.

3.2.2 Relevos de Agradação

O modelado de agradação ou acumulação está representado na área pela unidade Planícies Aluviais descrita a seguir:

3.2.2.1 Planícies Aluviais

Essa unidade corresponde às superfícies baixas e planas que ocorrem ao longo dos vales dos principais rios, onde o gradiente é pequeno e onde predominam os processos de deposição, correspondendo geologicamente às aluviões. Os vales das Planícies Aluviais estão limitados pela unidade Vertentes. Os solos encontrados nessa unidade são os aluviais, formados a partir da deposição de sedimentos fluviais não consolidados de natureza e granulometria variadas.

No vale do rio Catucá a planície aluvial encontra sua maior extensão. O canal principal é meandrante no seu curso, devido a grande quantidade de sedimentos depositados na planície.

3.3 Referências Bibliográficas

- ARGENTO, M. S. F. (1994) - **Mapeamento Geomorfológico. In: Geomorfologia :uma atualização de bases e conceitos** (organizadores, Guerra, A. J.T & Cunha, S. B.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.365-391.
- ASSIS, H. M. B. de & PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife**: Recife, 2001. CPRM. 81p. il.
- ASSIS, H. M. B. de; **Geomorfologia do Município do Cabo de Santo Agostinho – RMR-PE**. Recife: CPRM, no prelo. 25 p. il. 2 mapas.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. (1994) – **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC. V.1. 425p.
- BRASIL. (1981) Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro. 744p.
- CPRM. **Mapa Geológico do Estado de Pernambuco**. Escala 1:1000.000. Recife, 2001.
- CRÓSTA, A. P. (1992) – **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, São Paulo: IG/UNICAMP. 170p.
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico. 4ª ed.** Rio de Janeiro: IBGE, 1975. 2v. il. (Série A. Biblioteca Geográfica Brasileira. Publicação, 21).

MABESOONE, J. M. & CASTRO, C. de. (1975) - ***Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro***. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste, Recife, (3):5-36.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS E SILVA, A.; BEURLIN, K. (1972) - ***Estratigrafia e origem do grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte***. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 2(3):173-88, set.

MOURA, J. R. S. & SILVA, T. M. (1998) – ***Complexos de rampas de colúvio***. In: Geomorfologia do Brasil (organizadores, Cunha, S. B & Guerra, A. J. T.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p143-180.

NEUMANN, V. H. de M. L. ***Problemas geomorfológicos do litoral pernambucano***. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, Recife, 1991, p. 363-366.

NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. (1995) – ***Manual Técnico de Geomorfologia***. Rio de Janeiro, IBGE. 112p.

CAPÍTULO 4

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

Onofre Leal

Jorge Luiz Fortunato de Miranda

4.1 Generalidades

A Região Metropolitana do Recife – RMR conta com cerca de 35 trabalhos sobre sua hidrogeologia, iniciando-se com os relatórios de graduação dos concluintes do curso de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, destacando-se Mont’Alverne e Silva, em 1966. O mais recente, levantado durante este trabalho, é Costa et al. (2002) realizado para a Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco – SRH, sob o título Estudo Hidrogeológico dos Municípios de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes – HIDROREC II.

A principal fonte de abastecimento da RMR são os recursos hídricos superficiais. Entretanto, a demanda comunitária ou particular, por água subterrânea, está aumentando a cada ano e causando sobre-exploração em algumas áreas.

Avalia-se em 15.000 o número de poços perfurados na área da RMR, pertencentes a edifícios condominiais, residenciais, prédios públicos, indústrias, casas comerciais, empresas comerciais de água mineral e a empresa concessionária dos serviços de abastecimento público (COMPESA). Esta empresa, na porção norte da RMR, utiliza mais água subterrânea do que superficial no abastecimento público.

Nos estudos HIDROREC I e II resultaram 5.528 poços cadastrados, dos quais 4.346 poços foram inclusos no SIGA-Recife.

Apesar desse elevado número de estudos hidrogeológicos realizados, os dados fornecidos ainda são insuficientes para se definir técnicas que possibilitem o uso sustentável adequado dos recursos hídricos subterrâneos, tais como reutilização das águas servidas e/ou recargas artificiais de aquífero no período de excesso das águas de chuva. Isto já está sendo necessário para suprir o déficit de recarga que está acontecendo no aquífero Beberibe.

Este trabalho visa oferecer aos usuários das águas subterrâneas, através do SIGA-Recife todas as informações existentes sobre os aquíferos que ocorrem na RMR, no que concerne ao tipo de ocorrência (livre, semi-confinado e confinado), ao uso e a proteção de suas reservas hídricas. Para isto foram elaborados o mapa de contorno estrutural do embasamento cristalino, o mapa de isópacas do aquífero Beberibe e do aquífero Boa Viagem, o mapa dos aquíferos, o mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos e o mapa de risco de contaminação das águas subterrâneas exploráveis.

A partir do mapa de contorno estrutural do embasamento cristalino e do mapa de isópacas do aquífero Beberibe, implantados no SIGA-Recife, obtêm-se a espessura do aquífero no local desejado e determina-se a profundidade do poço a ser perfurado com captação total ou parcial do aquífero.

Estudos mais recentes realizados pela empresa Costa Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda para a SRH (HIDROREC II) teve como produto o mapa de zoneamento explorável dos aquíferos Beberibe, Cabo e Barreiras em áreas dos municípios de Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe em número de seis zonas, com descrição da situação atual do aquífero e restrições quanto a vazão de exploração dos novos poços a perfurar e redução da vazão dos poços já perfurados.

A RMR carece de aplicar uma política de aproveitamento racional e proteção dos seus recursos hídricos subterrâneos, sob pena de que danos irreversíveis ocorram aos mananciais subterrâneos.

4.2 Aquíferos

A Região Metropolitana do Recife é caracterizada por um embasamento cristalino sobre o qual repousam sedimentos mesocenozóicos das bacias sedimentares Pernambuco-Paraíba e da Bacia do Cabo.

A Bacia Sedimentar Pernambuco, situada na metade norte RMR, é composta, da base para a superfície, pelas seguintes unidades: Formação Beberibe, Formação Gramame, Formação Maria Farinha, Grupo Barreiras e as Coberturas Quaternárias. A Formação Beberibe, o Grupo Barreiras e as Coberturas Quaternárias compostas de sedimentos arenosos e areno-argilosos constituem aquíferos intersticiais. A Formação Gramame, Maria Farinha compostas de calcários poderiam constituir aquífero cárstico-fissural mas, suas águas são de má qualidade, imprestável para consumo humano e vários outros usos, por serem carbonatadas com dureza elevada. Os poços que captam águas dessas rochas são em número reduzido.

A Bacia do Cabo, situada na metade sul da RMR, é composta pelas Formações Cabo, Estiva, Algodoads e pelos litótipos da Suíte Vulcânica de Ipojuca, em parte cobertas pelos sedimentos do Grupo Barreiras, ocupando área restrita ao norte da bacia, e das Coberturas Quaternárias, que ocupam áreas mais extensas. A Formação Cabo, Algodoads, o Grupo Barreiras e as Coberturas Quaternárias são compostas de sedimentos arenosos e areno-argilosos constituindo aquíferos intersticiais. A Formação Estiva, composta de calcários, não constitui aquífero, bem como as rochas vulcânicas da Formação Ipojuca que poderiam constituir aquífero fissural mas, a pequena vazão dos poços e a má qualidade das águas anulam sua exploração como aquífero.

O Embasamento Cristalino, composto de ortognaisses, migmatitos e granitos constitui aquífero fissural, com influência do intersticial que se origina nas áreas com manto de alteração mais permeável.

4.2.1 Aquífero Beberibe

Este é o principal aquífero da Região Metropolitana do Recife, explotado para suprir a demanda do abastecimento d'água e das empresas comerciais de água mineral.

Do Cretáceo Superior, esse aquífero intersticial ocorre extensivamente na Bacia Sedimentar Paraíba, ocupando uma área em torno de 520 km², espessura média de 180 m, podendo atingir mais de 320 m na faixa costeira dos municípios de Olinda a Paulista. É composto de arenitos grosseiros a conglomeráticos, localmente finos, de coloração cinza claro a cinza amarelado, mal selecionado, de fraca diagênese, essencialmente quartzoso, apresentando eventuais intercalações com níveis conglomeráticos e siltitos argilosos. Na metade superior predomina arenito creme, maciço, de forte diagênese, granulometria média a grosseira, com cimento calcífero e restos de conchas. Por este motivo Costa (1968) dividiu o aquífero em Beberibe Inferior e Beberibe Superior, com uma camada argilosa com 10 m de espessura, separando esses dois horizontes. Porém, essa camada não é contínua em toda extensão de ocorrência do aquífero que funciona geralmente como um sistema único, semi-confinado, drenante, com forte anisotropia, permeabilidade vertical menor do que a horizontal, limitado na base pelo substrato impermeável do embasamento cristalino e no topo pelos calcários das Formações Gramame e Maria Farinha ou pelos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras.

As boas condições hidrogeológicas, principalmente do Beberibe Inferior, considerando a qualidade química da água e condições hidráulicas, conduziram ao seu aproveitamento crescente por poços tubulares, cujas vazões variam de 1 m³/h a 180 m³/h, dependendo de suas características construtivas e da unidade de bombeio instalada. As

maiores vazões são captadas pela COMPESA que, para atender ao abastecimento público administra a perfuração e instalação dos poços de conformidade com a técnica de melhor aproveitamento d'água subterrânea.

Em função da sua área de ocorrência, o aquífero Beberibe se apresenta nas seguintes condições:

- **Freático (livre)**, que corresponde a área de afloramento da Formação Beberibe, ocupando cerca de 50 km², e abrangendo quase a totalidade dos municípios de Itapissuma e Igarassú, partes dos municípios de Paulista e Abreu e Lima, além de pequenas faixas nos municípios de Olinda e Recife. Trata-se de áreas com alta vulnerabilidade natural do aquífero, com alto risco de contaminação nos locais onde ocorrem cargas contaminantes (indústrias, lixão, postos de combustíveis, cemitério, zona urbana desprovida de esgoto sanitário). Para essas áreas recomenda-se monitoramento constante, vetando novas instalações de qualquer carga poluente, por se tratar de área de recarga natural do aquífero, com infiltração livre e de fácil percolação de substâncias poluentes líquidas. Nesta área os poços têm os seguintes valores médios: profundidade de 150 m, nível estático de 35 m, vazão de 30 m³/h, vazão específica 3,1 m³/h/m, captando água com resíduo seco inferior a 300 mg/L (Santos et al., 2000). No mapa de ocorrência dos aquíferos o Aquífero Beberibe Freático está representado na cor azul mais escuro, indicando ser o mais importante na demanda e no volume de exploração;
- **Semi-confinado a confinado** sob os calcários das Formações Gramame e Maria Farinha, partindo do Recife até Itamaracá em uma faixa litorânea ocupando cerca de 166 km². É nesta área que o aquífero Beberibe apresenta maior espessura (320 m), maior produção por poço (60 m³/h) e poços com maior profundidade (400 m) com perfil completo da bacia, do Grupo Barreiras ao Embasamento Cristalino. Suas águas estão protegidas da contaminação proveniente da superfície, havendo perigo apenas do avanço da cunha marinha onde houver sobre-exploração na orla marinha. O risco de contaminação proveniente da superfície do terreno é pequeno, desde que os poços de captação sejam bem construídos, com cimentação perfeita no horizonte da camada confinante. Os poços perfurados nesta área, captando o aquífero Beberibe, apresentam os valores médios para profundidade de 300 m, nível estático de 35 m, vazão de 50 m³/h captando água com resíduo seco inferior a 300 mg/L (Santos, et al. op cit). No mapa de ocorrência do aquífero Beberibe esta área está representada na cor verde;
- **Semi-confinado sob os sedimentos areno-argilosos** do Grupo Barreiras em uma faixa paralela a dos calcários, já descrita, em sua margem leste, ocupando uma superfície em torno de 200 km². Nesta área, representada com a cor azul claro no Mapa de Ocorrência do Aquífero Beberibe, o aquífero Beberibe apresenta espessura variável até 220 m no extremo sul da faixa, como se pode constatar pelas isópacas do mapa acima indicado. Os sedimentos do Grupo Barreiras que capeam o aquífero Beberibe nesta área são de constituição litológica bastante variada, de areias a argilas, com ocorrência de bolsões arenosos de permeabilidade elevada com passagem gradacional para os arenitos que compõem o aquífero sotoposto, constituindo pontos de recarga deste e pontos mais vulneráveis à contaminação de suas águas. Em conjunto os sedimentos do Grupo Barreiras constituem um aquífero com vulnerabilidade moderada, em função da sua constituição litológica e da profundidade do nível d'água, atenuando o potencial de risco de contaminação das águas do aquífero Beberibe sotoposto. O acentuado rebaixamento do nível d'água, provocado por poços da COMPESA em atividade, induz a filtração vertical descendente das águas do aquífero Barreiras,

umentando o potencial de risco de contaminação das águas do aquífero Beberibe, pois nesta área estão instaladas várias indústrias e postos de combustíveis, além de zonas urbanas desprovidas de esgoto sanitário adequado.

As captações das empresas que comercializam água mineral estão situadas, em sua maioria, sobre os sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, captando principalmente o aquífero Beberibe. Para cada uma dessas captações foi definida, em estudos hidrogeológicos realizados por Albert Mente e Waldemir Cruz (2001) para o DNPM, a área de proteção contra possível contaminação, proveniente de superfície.

Os valores médios dos poços dessa área são: profundidade 200 m, nível estático de 35 m, vazão de 50 m³/h, captando água com resíduo seco inferior a 300 mg/L (Santos et al. 2000).

- **Semi-confinado** sob areias, siltes e argilas pertencentes as Coberturas Quaternárias que compõem o aquífero Boa Viagem na planície do Recife, com espessura média de 40 m. Nesta área, com cerca de 38 km² o aquífero Beberibe é explotado através de poços tubulares com profundidade média de 140 m, nível estático de 31 m (10 m a 60 m), vazão de 18 m³/h, vazão específica em torno de 2,45 m³/h/m, captando água com resíduo seco inferior a 200 mg/L (Costa, et al. 2002). Devido a crescente demanda nestes últimos anos, a partir da seca de 1998, em alguns bairros como Espinheiro, Torre, Madalena e Boa Vista o nível d'água atinge aos 60 m de profundidade (Costa, et al., op cit.).

O risco de contaminação das águas do aquífero Beberibe nesta área está relacionado a má construção de poços ou a drenança vertical descendente nos locais onde está havendo sobre-exploração ou em locais com maiores permeabilidades verticais dos sedimentos quaternários.

Por isto, recomenda-se perfuração de poços distantes de fontes potenciais de contaminantes, com cimentação do espaço anelar ao longo do aquífero Boa Viagem. A infiltração direta se verifica nas áreas de afloramento do aquífero permeável bem como nos sedimentos inconsolidados do aquífero Barreiras. Na Planície do Recife o aquífero Beberibe é sotoposto ao aquífero Boa Viagem, que por filtração descendente, também pode contribuir com sua recarga. Costa et al. (1998), através da variação sazonal dos níveis da superfície potenciométrica, avaliou em $52,2 \times 10^6$ m³/ano a recarga, na RMR norte para o sistema aquífero Beberibe/Gramame/Depósitos recentes. Também parte da recarga do aquífero Barreiras, avaliada em $19,2 \times 10^6$ m³/ano, do Boa Viagem avaliada em $28,12 \times 10^6$ m³/ano irá alimentar o aquífero Beberibe.

Além da recarga natural proporcionada pelas precipitações pluviométricas, nas zonas urbanas, as redes de distribuição de água também contribui com a recarga dos aquíferos, tendo sido avaliada em $25,23 \times 10^6$ m³/ano em toda RMR (Costa et al., op. cit.).

A recarga dos aquíferos intersticiais da RMR foi avaliada em 125×10^6 m³/ano nos estudos da HIDROREC I.

O comportamento estrutural das camadas aquíferas com suave declive para leste conduz a um fluxo geral das águas subterrâneas no sentido de oeste para leste. Entretanto, com o aumento crescente da demanda por água subterrânea o aquífero Beberibe está sendo sobre-explotado em algumas áreas com variação da potenciométrica em algumas dezenas de metros, conduzindo a convergência de fluxo para esses locais. Inicialmente, anterior a 1970, quando a demanda d'água era pequena, as cotas potenciométricas eram sempre positivas, conforme se constata no mapa da **figura 4.1** Todavia, com a intensificação da exploração começaram a surgir as cotas negativas, expandindo por toda área de exploração do aquífero, conforme pode-se constatar no mapa da **figura 4.2**.

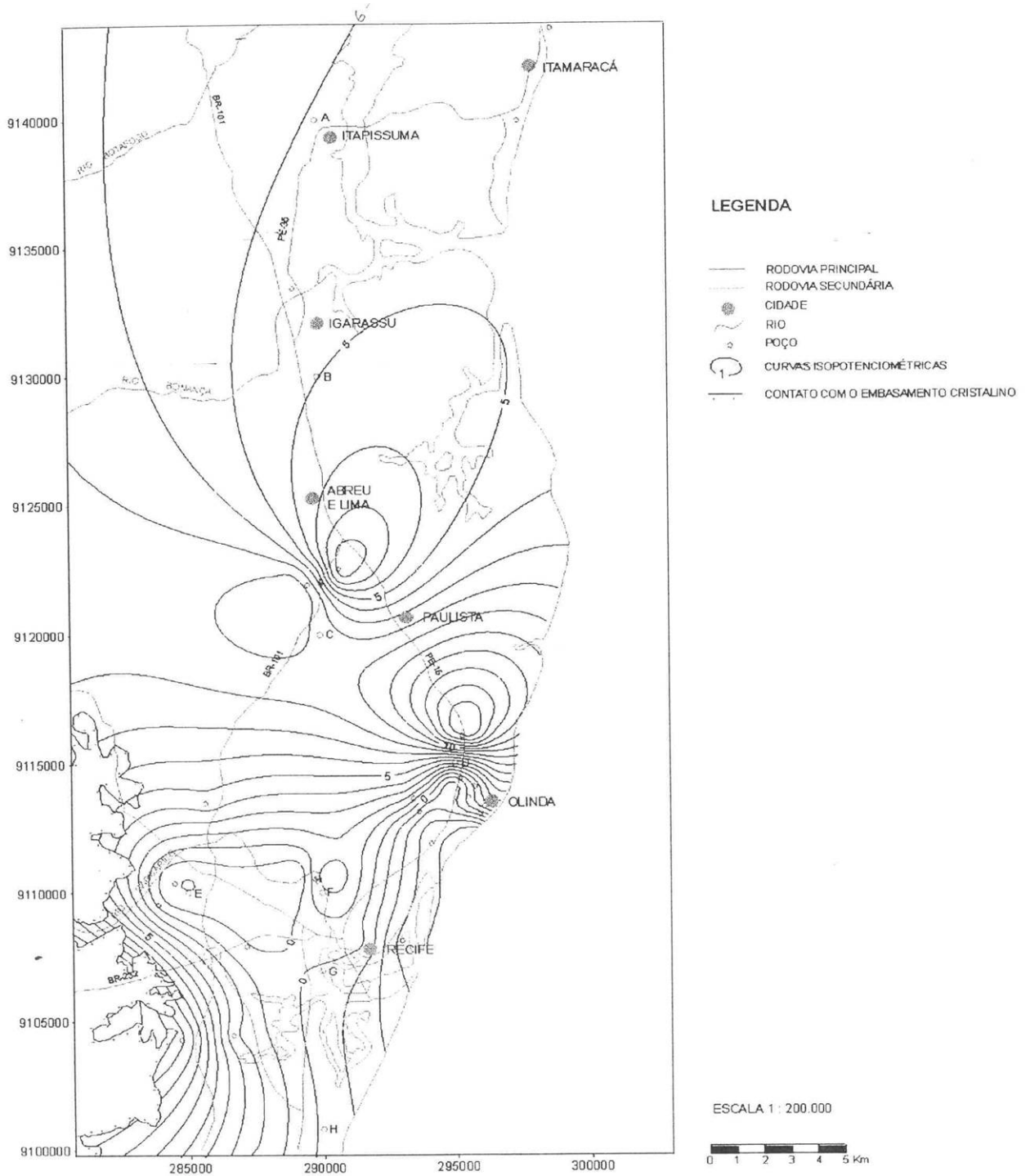


Figura 4.1 – Mapa Potenciométrico dos Aqüíferos Beberibe/Cabo na RMR no período 1954/1970. Fonte: Costa et al. (1998).

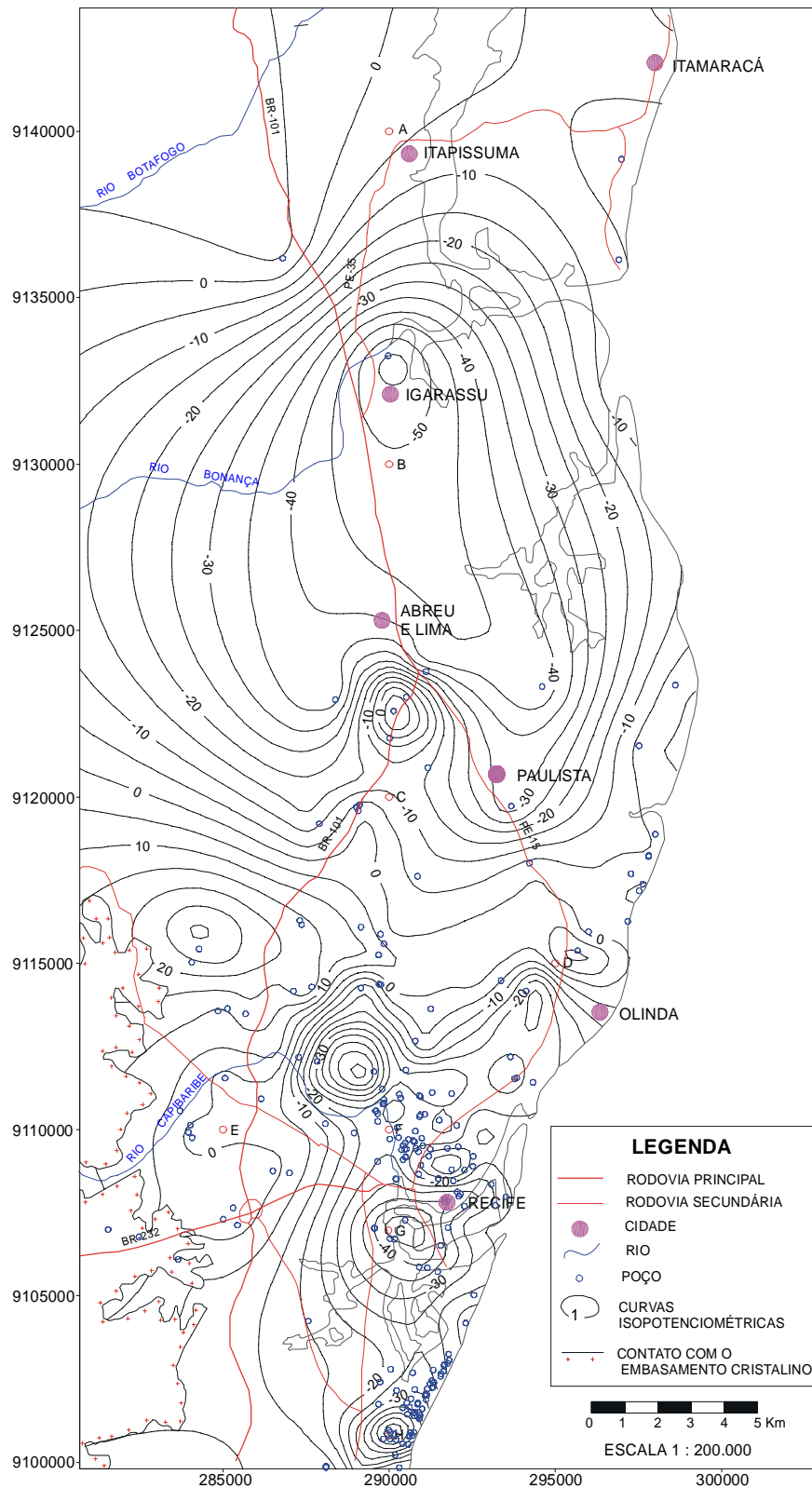


Figura 4.2 – Mapa Potenciométrico dos Aquíferos Beberibe/Cabo na RMR no período 1986/1990. Fonte: Costa et al. (1998).

Observa-se na **figura 4.2**, vários centros de convergência, com fluxo radial, diferente da tendência original do fluxo de oeste para leste.

Os rios e o oceano constituem os exutórios naturais dos sistemas aquíferos, enquanto que captação intensas por poços são exutórios artificiais.

Na área de ocorrência do aquífero Beberibe os rios são geralmente efluentes. No período seco (fev/1980) sai cerca de $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ do aquífero para os rios e no período úmido (agosto/1980) $2,15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mente et al., 2001).

Em 1978, Franca & Capucci avaliaram em $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ a vazão de escoamento natural em uma seção de 30 km de Olinda a Itamaracá.

Costa, op cit. (1998) avaliou em $35,48 \text{ m}^3/\text{ano}$ a VEN para uma frente de 22 km também na porção norte da bacia Paraíba.

As captações por poços foram avaliados, no HIDROREC I, em $120 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, as descargas (exutórios) totais, foram avaliados em $155,48 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, superior a recarga em $30,48 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Daí a necessidade de controle na exploração de água subterrânea exposto no mapa da **figura 4.3**.

Os valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos representativos para o aquífero Beberibe, segundo Costa (op cit.), são:

Transmissividade $2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; Condutividade hidráulica $2,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$; Porosidade Eficaz $1,0 \times 10^{-1}$ e Coeficiente de Armazenamento $2,0 \times 10^{-4}$.

O modelo de simulação elaborado por Mente e Cruz (op.cit.), nos Estudos de Áreas de Proteção das Fontes de Águas Minerais, em 2001, forneceu as seguintes informações:

- No aquífero Beberibe Superior a descarga é maior que a recarga em $9.101 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- No cone de Paulista a extração por poço é em torno de $42.166 \text{ m}^3/\text{dia}$ com um déficit de armazenamento da ordem de $13.102 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- No Beberibe Superior/Barreiras a recarga é de $377.750 \text{ m}^3/\text{dia}$ com descarga de $147.610 \text{ m}^3/\text{dia}$ para os rios; $158.470 \text{ m}^3/\text{dia}$ para Beberibe Inferior e $12.457 \text{ m}^3/\text{dia}$ para a zona do cone de Paulista, havendo um superávit de $9.213 \text{ m}^3/\text{dia}$.

4.2.2 Aquífero Boa Viagem

Costa, Manoel Filho, Santos e Monteiro (1998) denominaram de aquífero Boa Viagem os sedimentos recentes portadores de água, ocorrentes na planície do Recife e Região Metropolitana Norte, abrangendo os sedimentos indiferenciados da planície do Recife, os terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos e os sedimentos flúvio-lagunares.

Segundo Costa et al. (1998), esse aquífero ocupa quase toda a planície do Recife, ora sobre o aquífero Beberibe ora sobre o aquífero Cabo e na margem oeste sobre o Embasamento Cristalino, constituindo o aquífero mais explorado na área. Suas espessuras médias oscilam em torno de 50 m nos bairros do Curado, Cidade Universitária, Várzea, Engenho do Meio, Caxangá e Dois Irmãos, atingindo 80 m na região de Boa Viagem, conforme indicado no Mapa de Isopacas do Aquífero Boa Viagem, da **figura 4.4**. Trata-se de um aquífero freático captado através de poços tubulares com profundidade média de 20 m ou poço escavado, com profundidade em torno de 10 m, produzindo cerca de $17 \text{ m}^3/\text{h}$, nível estático em torno de 6 m e a vazão específica média de $4,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Muito heterogêneo, constituído de areias, siltes e argilas alternados, com baixa a elevada

permeabilidade e porosidade eficaz. Escoamento geral de oeste para leste e fluxo radial nos locais de exploração intensa, conforme mostra o Mapa da **figura 4.3**. Tem recarga direta pelas águas de chuva, rios, esgotos e perdas na rede de abastecimento público com taxa de infiltração avaliada em 11%. Estudos realizados por Costa (op cit.) sobre a superfície potenciométrica do aquífero Boa Viagem (**figura 4.5**), constatou uma variação média de 2,58 m, com maior rebaixamento no mês de março e maior elevação no mês de setembro. Em relação a pluviometria foi constatado uma recarga retardada da ordem de 2 meses, o que é justificável face a presença de várias camadas siltico-argilosas no aquífero. Considerando tal variação da superfície potenciométrica, a superfície ocupada pelo aquífero e sua porosidade eficaz, avaliou em $28,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, a recarga do aquífero Boa Viagem na planície do Recife, com área de $112,5 \text{ km}^2$, situada nos limites geográficos de ocorrência das bacias sedimentares de Pernambuco, ao sul, e Paraíba, ao norte. Segundo o mesmo autor, em 24 testes realizados foram calculados os seguintes valores médios para os parâmetros hidrodinâmicos: Transmissividade: $T = 7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; Condutividade Hidráulica: $K = 1,7 \times 10^{-4}$; Porosidade Eficaz: $\mu = 0,10$.

Os sedimentos recentes que constituem o aquífero Boa Viagem, na planície do Recife, apresentam-se com alternância de camadas arenosas e argilosas, proporcionando-lhe níveis de semi-confinamento. Essas camadas argilosas, principalmente aquelas situadas próximo a base, isolam o aquífero freático das camadas sotopostas dos aquíferos Beberibe e Cabo. Isto é constatado pela diferença dos seus níveis potenciométricos que atinge 95 m, no bairro de Boa Viagem (Costa, op cit.). A explotabilidade das áreas está subdividida em zonas (**tabela 4.1**) e o mapa de zoneamento é observado na **figura 4.3**.

Tabela 4.1 – Condicionantes de exploração nos aquíferos explotados

ZONA	AQÜÍFERO EXPLOTADO	CONDICIONANTES DE EXPLOTAÇÃO
A	Cabo	Nenhum novo poço deve ser perfurado nesse aquífero. Os poços atualmente existentes deverão ter a sua vazão reduzida em 50% e um monitoramento contínuo deverá ser exercido.
B	Cabo na zona sul e Beberibe no centro do Recife	Os poços a ser perfurados nesses aquíferos deverão ter a vazão outorgada limitada em $30 \text{ m}^3/\text{dia}$ enquanto os poços atualmente existentes deverão ter a sua vazão reduzida em 30% e um monitoramento contínuo deverá ser exercido.
C	Cabo na zona sul e Beberibe no centro e norte do Recife e sul de Olinda	Os novos poços a ser perfurados nesses aquíferos deverão ter a vazão outorgada limitada em $60 \text{ m}^3/\text{dia}$ enquanto os poços atualmente existentes deverão ter a sua vazão reduzida em 15% e um monitoramento contínuo deverá ser exercido.
D	Barreiras	Os poços a ser perfurados nesses aquíferos deverão ter a vazão outorgada limitada em $70 \text{ m}^3/\text{dia}$ enquanto os poços atualmente existentes deverão ter a sua vazão reduzida apenas no futuro a depender do comportamento do aquífero. Um monitoramento contínuo deverá ser exercido.
E	A norte o Beberibe e ao sul o Cabo.	Os poços a ser perfurados nesses aquíferos deverão ter a vazão outorgada limitada em $100 \text{ m}^3/\text{dia}$ enquanto os poços atualmente existentes deverão ter a sua vazão reduzida apenas no futuro a depender do comportamento do aquífero. Um monitoramento contínuo deverá ser exercido.
F	Fissural	Os poços a ser perfurados nesses aquíferos assim como os atualmente existentes não necessitarão ter a vazão outorgada limitada, pois o próprio condicionante hidrogeológico já constitui uma limitação devido a sua baixa potencialidade. Um monitoramento contínuo deverá ser exercido.

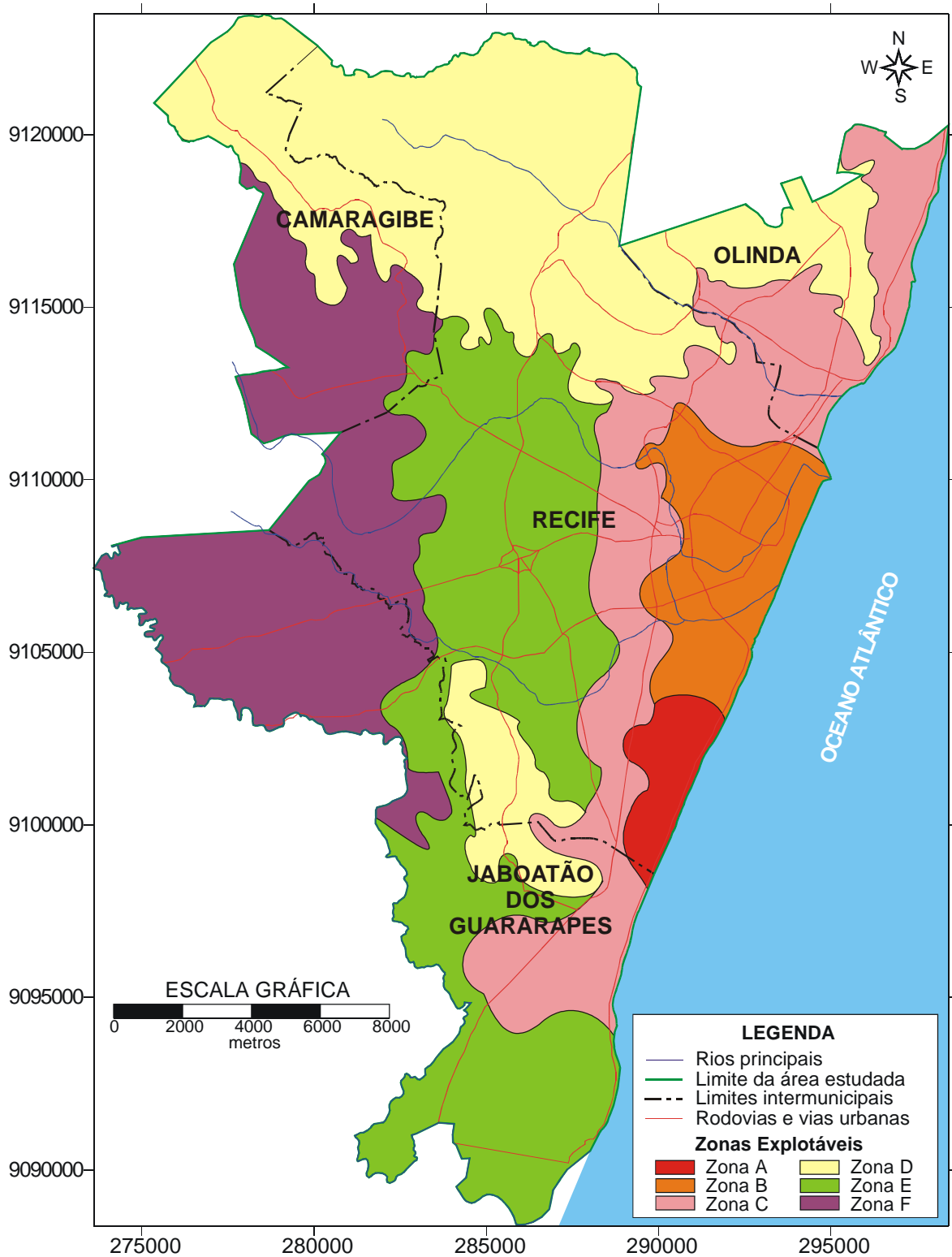


Figura 4.3 – Mapa de Zoneamento Explotável dos Aquíferos Beberibe, Cabo e Barreiras na Região do Projeto HIDROREC II. Fonte: Costa et al. (2000).

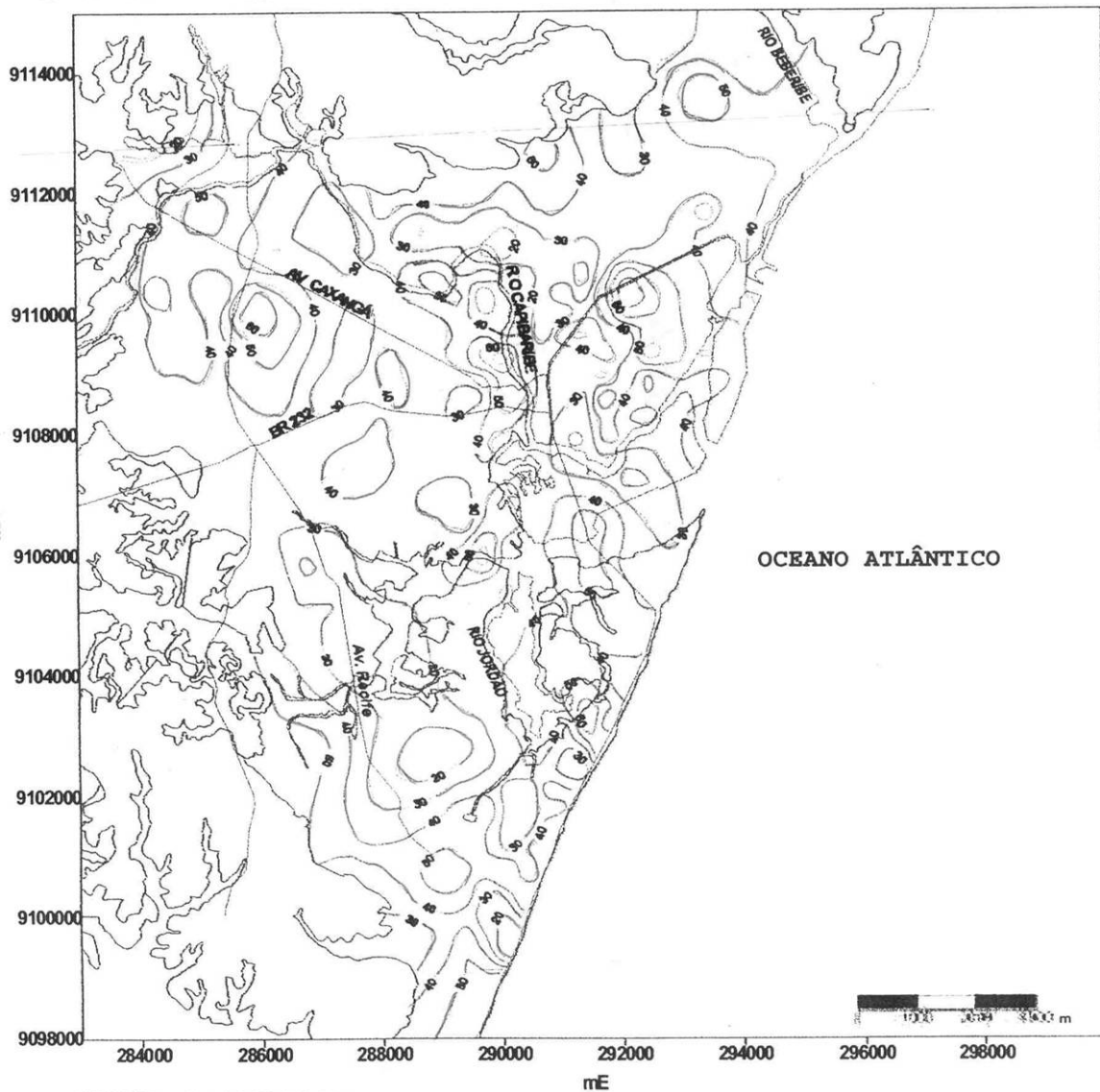


Figura 4.4 – Mapa de Isópacas do Aquífero Boa Viagem. Fonte: Costa et al. (2000)

Os poços rasos nas faixas litorâneas geralmente oferecem água de boa qualidade química, com resíduo seco inferior a 300 mg/L, porém contaminada principalmente por fossas sanitárias residenciais, e também por lixões, cemitérios, postos de combustíveis, etc.

O aquífero Boa Viagem, embora não apresente problema de exaustão, e os poços de captação d'água serem de custo acessível a maior número de usuários, tem uma elevada vulnerabilidade e muito alto risco de contaminação de suas águas causada pelas altas cargas contaminantes, e, conseqüentemente, poderá proporcionar problemas de saúde à grande parte da população de média e baixa renda.

4.2.3 Aquífero Cabo

De idade Cretáceo Inferior o aquífero Cabo ocorre, nas condições de aquífero livre e confinado, ao sul da planície do Recife, dentro da Bacia Sedimentar do Cabo, ocupando extensas áreas, desde o município de Ipojuca no extremo sul da RMR até o lineamento Pernambuco na planície do Recife. É composto de conglomerados polimíticos com matriz arcoseana, arcóseos, siltitos e arenitos de baixa permeabilidade. Sua espessura é variável, de algumas dezenas de metros até 2.900 m, conforme foi revelado pelos perfis do poço 2-CPE-1-PE perfurado pela PETROBRÁS na praia do Cupe e do poço 9-JG-1-PE perfurado pela CPRM na praia de Piedade. Desses 2.900 metros de espessura de sedimentos, apenas 200 metros estão saturados com água em condições de uso doméstico e industrial. No restante, as águas são de alto teor salino, imprestável para qualquer uso. O aquífero Cabo é explotado em profundidade até o limite com o substrato impermeável do derrame basáltico da Formação Ipojuca.

Na parte mais meridional da Bacia Pernambuco, logo ao sul do lineamento Pernambuco, surgem afloramentos da formação Cabo com fraca vocação hidrogeológica, muito pouco explotado, ocorrendo poucas captações através de poços rasos escavados, estando representado pela cor marrom no Mapa dos Aquíferos da RMR.

Na parte oriental da bacia, próxima a orla marítima, o aquífero Cabo ocorre na condição de confinado a semi-confinado sob sedimentos recentes que compõem o aquífero Boa Viagem. Apesar de baixa permeabilidade, muitos poços foram perfurados na área litorânea ao sul do lineamento Pernambuco, captando água do aquífero Cabo para atender a demanda, principalmente de condomínio residencial nos bairros do Pina, Boa Viagem e Piedade onde já está havendo sobre-exploração d'água deste aquífero, causando contaminação por águas salinizadas oriundas de camadas superiores e/ou inferiores através de drenança vertical descendentes ou ascendentes. Isto pode ser causado também por poços mal construídos e abandonados (Costa et al., 1998). A recarga do aquífero Cabo se faz preferencialmente através do aquífero Boa Viagem e este por infiltração direta das águas pluviais, fluviais, perdas nas tubulações dos sistemas de abastecimento público e dos esgotos. As áreas de afloramento do aquífero Cabo por serem de pequena extensão e em número reduzido, constituídas de material predominantemente argiloso, não têm importância na recarga do aquífero.

Segundo Costa (2002) os valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos são: Transmissividade $8,6 \times 10^{-4}$ m²/s; Condutividade hidráulica $1,0 \times 10^{-5}$ m/s; Porosidade eficaz $7,0 \times 10^{-2}$ e Coeficiente de armazenamento $1,0 \times 10^{-4}$. Os poços de captação apresentam os seguintes valores médios: Profundidade 132 m; Nível estático 45,75 m; Nível dinâmico 68,08m; Vazão 6,91 m³/h; Vazão específica 0,43 m³/h/m captando água com resíduo seco de 290 mg/l na planície do Recife; em Jaboatão esses valores variam para: Profundidade 116,71 m; Nível estático de 24,13 m; Nível dinâmico de 44,74 m; Vazão de 9,21 e Vazão específica de 0,68 m³/h/m.

Na planície do Recife os níveis estáticos e dinâmicos são mais profundos devido a exploração intensa na região de Boa Viagem, do que resulta na queda da vazão e vazão específica. Ainda segundo o HIDROREC II o aquífero Cabo tem um reserva permanente avaliada em 35×10^6 m³/ano, uma recarga de $5,35 \times 10^6$ m³/ano, exutórios naturais e artificiais de $35,87 \times 10^6$ m³/ano com déficit de entrada de $30 \times 52 \times 10^6$ m³/ano, na planície do Recife e um superávit de $4,94 \times 10^6$ m³/ano na planície de Jaboatão, onde a reserva permanente foi avaliada em $548,8 \times 10^6$ m³.

Os mapas das **figuras 4.6 e 4.7** mostram um rebaixamento de 30 a 40 m na área do Bairro de Boa Viagem e de 20 m ao longo do Bairro da Imbiribeira, durante a última década. Por isto é imperativo o controle de exploração das águas desse aquífero, conforme definido no mapa da **figura 4.3**.

A vulnerabilidade do aquífero Cabo nas áreas aflorantes está avaliada em moderada conforme ele se apresenta quanto a litologia e a profundidade do nível de suas águas. Nas áreas onde ele se acha confinado sob sedimentos predominantemente argilosos do aquífero Boa Viagem, sua vulnerabilidade é baixa, tornando-se elevada onde os dois aquíferos estão interconectados funcionando como um sistema aquífero único. Necessita portanto, poços bem construídos e controle na ocupação do solo para que não haja contaminação de suas águas.

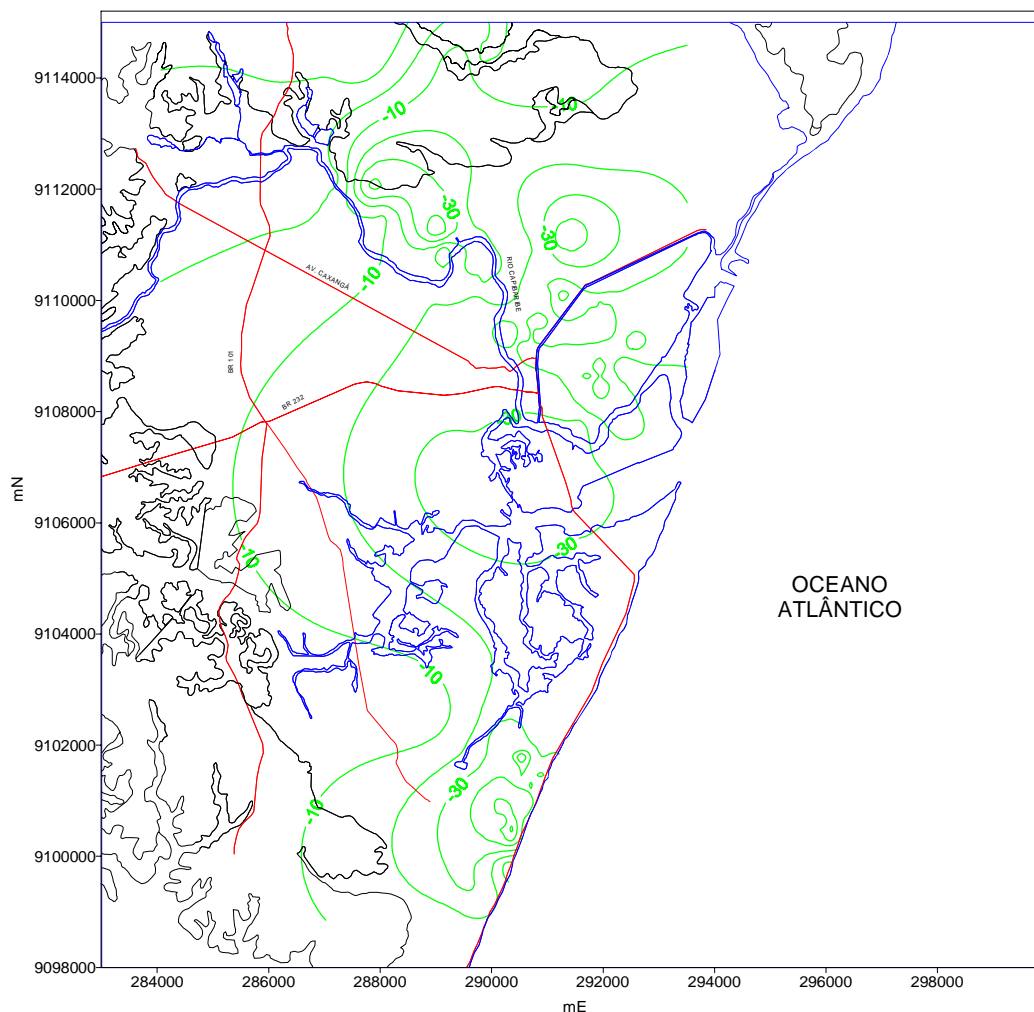


Figura 4.6 – Mapa Potenciométrico dos Aquíferos Beberibe e Cabo, na Planície do Recife, no período 1988/1991. Fonte: Costa (2002).

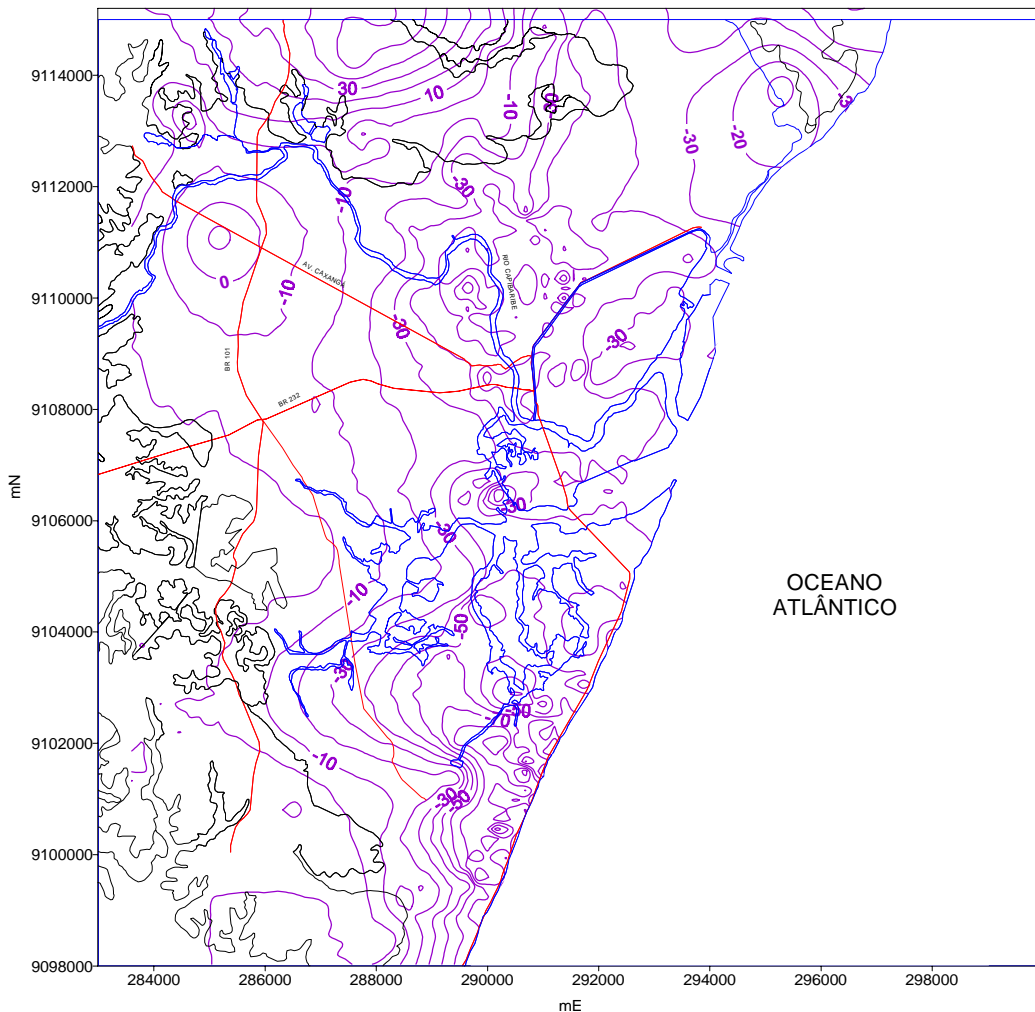


Figura 4.7 – Mapa Potenciométrico dos Aquíferos Beberibe e Cabo, na Planície do Recife, no período 1998/2001. Fonte: Costa (2002).

4.2.4 Aquífero Barreiras

De idade Paleógena/Neógena o aquífero Barreiras está concentrado em sua maioria na metade norte da RMR sendo constituído de sedimentos areno-argilosos (cascalhos, areias, siltes e argilas), pouco consolidados, de coloração variegada, com níveis lateríticos e caulínicos.

Ocupa uma área em torno de 320 km², apresentando espessura variável, com média de 50 m, repousando sobre rochas do embasamento cristalino e sedimentos da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba. Na Bacia Sedimentar do Cabo, ocorre em pequenas áreas e em número reduzido, destacando-se a de Ibura/Jordão em exploração para o comércio de água em carro-pipa.

Trata-se de um aquífero intersticial, pouco explorado em conjunto, sendo mais desenvolvida a exploração por cacimbas e poços amazonas na porção onde ocorre sobre o embasamento cristalino. É de média produtividade, com vazão específica em torno de 1,9 m³/h e vazões média por poço em torno de 16 m³/h. A Transmissividade avaliada em $1,7 \times 10^{-3}$ m²/s não é representativa para todo aquífero e sim para áreas mais arenosas onde foi

determinada. Os poços apresentam valores médios de profundidade 50 m, nível estático de 20 m, vazão de 3 m³/h captando água com resíduo seco médio de 160 mg/L (Santos, et al. 2000).

Nos estudos do HIDROREC I foi avaliada, para o aquífero Barreiras situado na RMR norte, de Olinda a Itamaracá, uma reserva permanente de 640×10^6 m³, mas não foi feito o balanço de entrada e saída de água do aquífero. No HIDROREC II foi feito esse balanço para uma área de 145 km², abrangendo a região de Aldeia, Recife e Jaboatão (Ibura e Jordão), chegou-se a um saldo positivo aproximado da ordem de $4,2 \times 10^6$ m³/ano, para uma recarga de $29,1 \times 10^6$ m³/ano, exutório natural de $19,38 \times 10^6$ m³/ano e exutório artificial (descarga de poço) da ordem de $5,5 \times 10^6$ m³/ano. Em áreas como Aldeia e no Jordão/Ibura já ocorre depleção nas reservas permanentes e acentuado rebaixamento da superfície piezométrica conforme constatamos no mapa das **figuras 4.8 e 4.9**. Mais para o norte da RMR o aquífero Barreiras é pouco explorado.

Em conjunto é um aquífero de moderada vulnerabilidade em função de sua constituição litológica e da profundidade média do nível das águas. Entretanto, pode haver ocorrência localizada com material mais permeável e nível das águas mais próximo a superfície do terreno, induzindo a condição de alta vulnerabilidade. Daí a necessidade de realizar estudo hidrogeológico do local, antes da implantação de qualquer meio produtor de carga contaminante permanente, pois o aquífero Barreiras não é só um aquífero de pequena importância de exploração mas é fonte de recarga para aquífero Beberibe que lhe está sotoposto e é de grande importância de exploração na planície do Recife e na RMR norte.

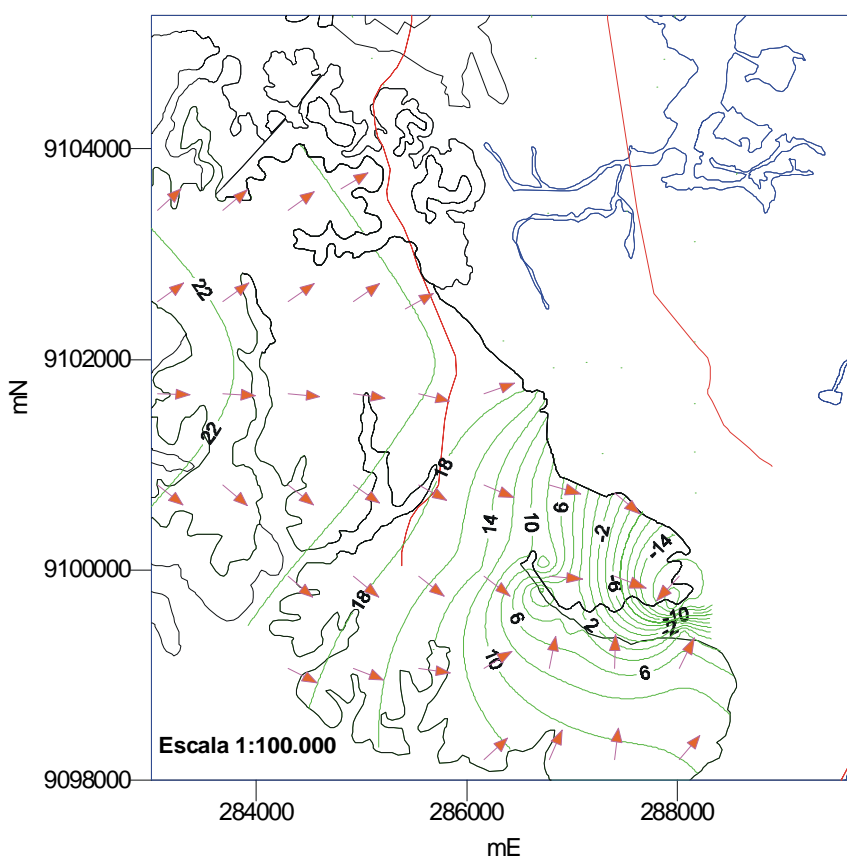


Figura 4.8 – Mapa Potenciométrico do Aquífero Barreiras na área limítrofe entre os municípios de Recife e Jaboatão. Fonte: Monteiro et al. (2002).

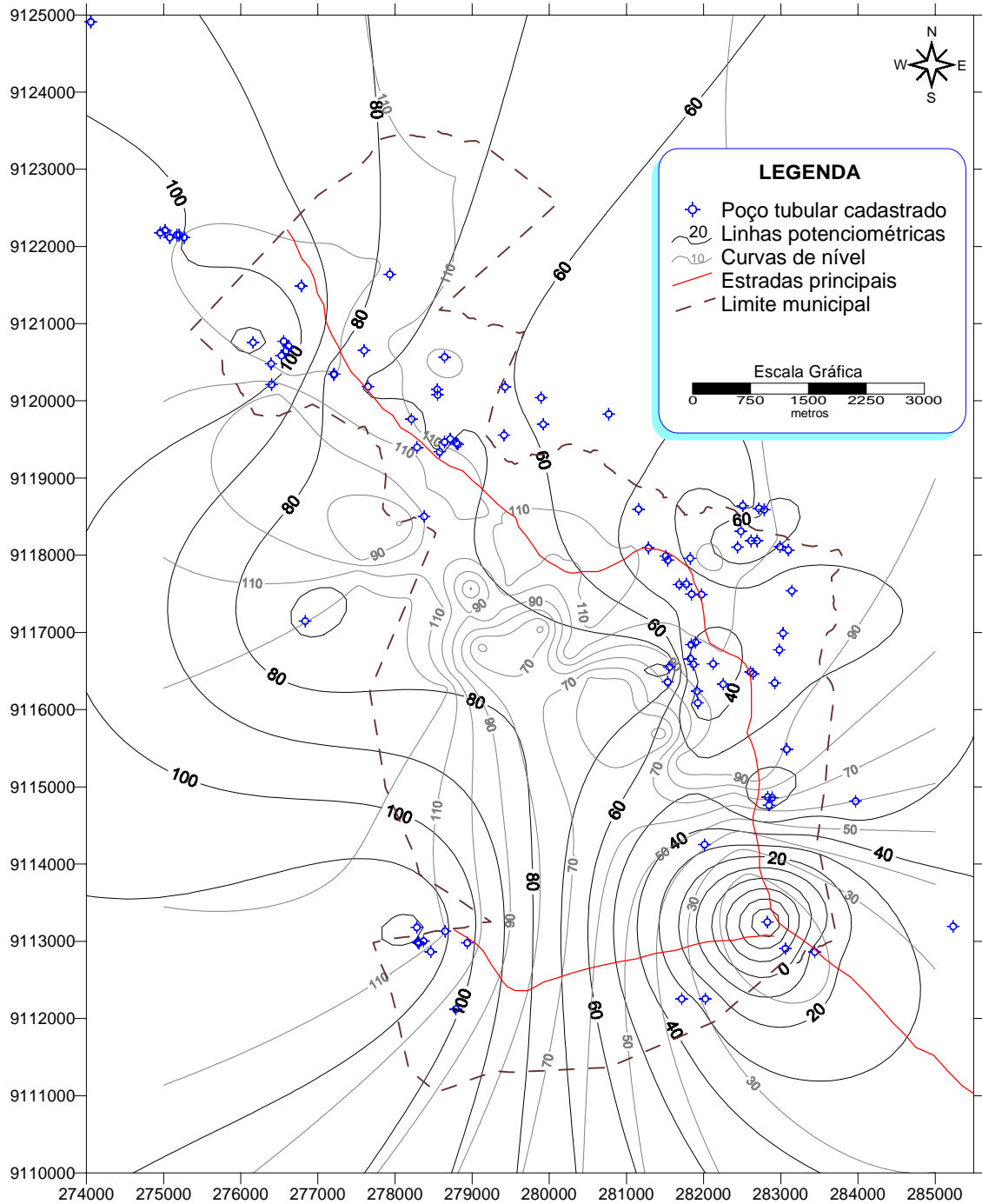


Figura 4.9 – Mapa Potenciométrico do Aquífero Barreiras na região de Aldeia, município de Camaragibe. Fonte: Costa (2002).

4.2.5 Aquífero Algoduais

De idade cretácea (Ka) o aquífero Algoduais é constituído de conglomerados desorganizados de matriz arcoseana grosseira, com seixos de vulcânicas, arenitos conglomeráticos maciços e arcósicos médios a grosseiros, na base, e arenitos conglomeráticos esbranquiçados, essencialmente quartzosos, com raros fragmentos de rochas vulcânicas na parte superior.

Todo esse pacote sedimentar tem uma espessura média de 80 m, ocorrendo nas condições de aquífero freático e também confinado sob os sedimentos recentes que constituem o aquífero Boa Viagem. Na condição de freático ocorre no extremo sul da RMR, município de Ipojuca, e se estende até o município do Cabo de Santo Agostinho, ocupando área mais ou menos extensa junto a orla marinha na praia de Itapuama, onde está sendo explotado por poços tubulares com profundidade média de 27,6 m, variando de 10 m a 60 m, nível estático em torno de 3,5 m, captando água com resíduo seco em torno de 100 mg/l. Mais para o norte ocorre apenas em três pequenas áreas: uma a sul de Ponte dos Carvalhos e as outras duas na margem direita do rio Jaboatão a oeste da Lagoa Olho D'água. Na primeira área, a margem da BR-101 a cervejaria Belco perfurou dois poços tubulares, cada um com 8 m de profundidade, nível estático de 1,5 m e vazão de 2 m³/h. Esse aquífero ainda é pouco explotado e o poço raso é o tipo de captação mais freqüente. Segundo Santos et al. (op cit.) a condutividade hidráulica desse aquífero foi avaliada em 1,5 x 10⁻⁴ m/s e a porosidade eficaz em 1 x 10⁻². A vulnerabilidade natural à contaminação de suas águas está classificada como moderada, mas pode chegar a alta nos locais de permeabilidade mais elevada e nível d'água a pequena profundidade.

Recomenda-se que a construção de poços seja feita com proteção sanitária, distante de fontes potenciais de poluição (fossas negras, cemitérios, postos de combustíveis e indústrias) e estudos hidrogeológicos detalhados quando da instalação de atividade potencialmente poluidora, pois trata-se da área de recarga de um aquífero heterogêneo com variação lateral e vertical de fácies.

Por falta de dados não se tem avaliação da recarga, reservas e exutórios.

4.2.6 Aquífero Fissural Embasamento Cristalino

Constituído de rochas metamórficas e ígneas, o Embasamento Cristalino está representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pgm1) composto de ortognaisses migmatizados e pelos meta sedimentos do Complexo Vertentes, na RMR norte e pelo Complexo Belém de São Francisco (Mbf) composto de ortognaisses e migmatitos na metade sul da RMR, onde ocorrem também vários batólitos granitóides representados por leucogranitos, sienitos, monzonitos e granodioritos.

Os granitóides geralmente se apresentam intensamente fraturados, com fraturas pouco profundas porém interconectadas, formando canais de comunicação para as águas pluviais que nelas se infiltram, saturando-as, e escoam surgindo nos pontos mais baixos na forma de fontes e originando córregos com drenagem permanente. Os gnaisses e migmatitos são menos fraturados mas apresentam também zonas fraturadas abertas que possibilitam o acúmulo de água em condição de exploração para atender a pequena demanda de propriedade rural e até de pequena comunidade.

Nesse meio aquífero a água subterrânea está limitada aos espaços das fissuras, fraturas e falhas, daí a denominação de aquífero fissural.

As condições climáticas da RMR possibilitam a decomposição dessas rochas com a conseqüente formação do manto de intemperismo, com até 30 m de espessura, muito

heterogêneo, em geral argiloso, porém armazenando água como um aquífero intersticial. Desta maneira, localmente essas rochas fraturadas constituem dois tipos de aquíferos: um mais superficial, constituído pelo manto de alteração das rochas e/ou depósitos quaternários que se comportam de forma semelhante ao aquífero intersticial; e um mais profundo constituído pela rocha sã fraturada, que é o aquífero fissural.

A heterogeneidade do manto de intemperismo em composição e espessura, dificulta a avaliação do fluxo de água que nele pode ocorrer.

A captação de água subterrânea nesse meio aquífero requer estudo detalhado do fraturamento das rochas, da recarga e da proteção das águas que alimentam o sistema de fraturas detectado e escolhido para exploração. Os poços tubulares com profundidade média de 50 m, produzem cerca de 3 m³/h, com vazão específica em torno de 1 m³/h/m, para rebaixamento do nível d'água de 25 m e captam água com resíduo seco de 1.000 mg/l (Costa, et al., op cit.). Cacimbas e poços amazonas são escavados manualmente para captar água do manto de intemperismo. Entre os 4.340 poços cadastrados do HIDROREC II, 185 poços captam água do aquífero fissural ou do seu manto de alteração que em geral apresenta baixa a média produção. A preservação desse manto de alteração é fundamental para a manutenção da quantidade e qualidade das águas desse meio aquífero, pois ele exerce papel importante na recarga e proteção do aquífero da rocha sã fraturada, mesmo quando é pouco espesso.

É um aquífero de pequena importância de exploração e está representado no mapa dos aquíferos na cor verde, indicativa de aquífero fissural.

A vulnerabilidade natural desse aquífero varia de baixa a elevada, em função da ocorrência de fraturas. As áreas densamente fraturadas, constituindo o aquífero fissural propriamente dito, são altamente vulneráveis a contaminação de suas águas em virtude da alta permeabilidade das fraturas e a pequena profundidade das águas nelas armazenadas. Nas áreas com ou sem pouquíssimas fraturas, praticamente não constitui aquífero, conseqüentemente a vulnerabilidade é negligível. Nas áreas com manto de intemperismo a vulnerabilidade é baixa por ser predominantemente argiloso.

4.2.7 Aquífero Cárstico-Fissural

O aquífero Cárstico-Fissural é constituído de rochas calcárias fraturadas, com formação de *carstes* pela dissolução do calcário ao longo do percurso das águas.

Na RMR as formações Gramame e Maria Farinha, na metade norte, e a formação Estiva no extremo sul, são compostas de calcários, com sistema *cárstico* pouco desenvolvido, principalmente na Formação Estiva. Na perfuração de poços para captar água o aquífero Beberibe sotoposto a calcários, principalmente da Formação Gramame, é freqüente ocorrer perda de circulação no horizonte calcífero, indicando fraturas ampliadas pela dissolução *cárstica*, mas ainda não foi avaliada sua importância como aquífero. Tem-se informações ainda não confirmadas tecnicamente, de que a recarga do aquífero Beberibe se faz também pelos calcários sobrepostos através de suas fraturas.

Devido a má qualidade de suas águas, tanto para consumo humano como para uso industrial, o aquífero *cárstico*-fissural da RMR é relegado.

4.2.8 Sedimentos Fluvio-Lagunares e Mangues

Os sedimentos fluvio-lagunares são constituídos predominantemente de argilas e siltes com ocorrências localizadas de turfa e raramente síltico-arenosos. Armazenam muita água, por serem porosos, mas não liberam: são aquícludes. Os poços localizados sobre

suas áreas de ocorrência captam água do aquífero sotoposto. Na metade sul da RMR ocorrem poucas captações de água desses sedimentos através de cacimbas rasas e em volume insignificante e sem importância para caracterizá-los como aquífero.

Os sedimentos fluvio-lagunares são idênticos aos depósitos de mangues quando se trata de captação de água subterrânea.

4.3 Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

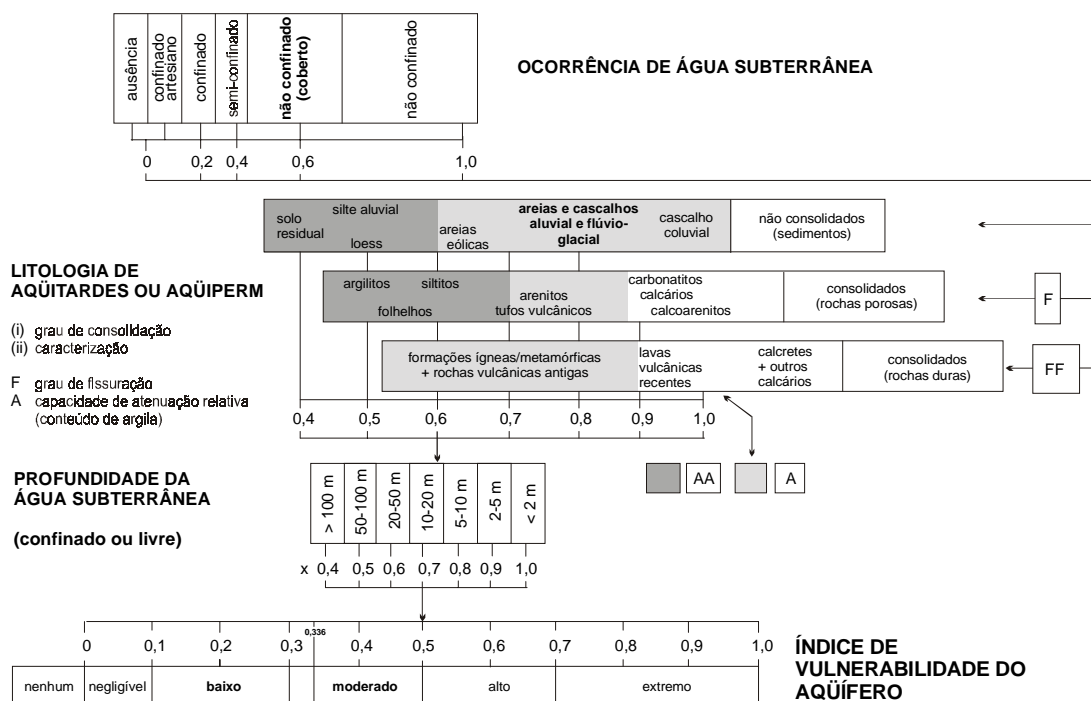
É a sensibilidade na qualidade da água subterrânea ante uma carga contaminante imposta, determinada por características intrínsecas do aquífero.

A partir das informações inerentes à cada aquífero e unidades estratigráficas associadas, foi possível a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos freáticos da RMR, pelo método GOD, (Foster et al., 1988), onde foram considerados:

- Tipo de ocorrência do aquífero, variando dos extremos, livre ou confinado;
- Tipos litológicos existentes acima da zona saturada, enfatizando seu grau de permeabilidade;
- Profundidade do nível da água ou do teto do aquífero confinado.

Cada um destes fatores ao ser avaliado recebe um índice que é multiplicado um pelo outro obtendo-se um quarto índice que representa a vulnerabilidade natural do aquífero. O **quadro 4.1** ilustra os procedimentos de avaliação.

Quadro 4.1 – Esquema para Avaliação da Vulnerabilidade Natural do Aquífero. Fonte: Foster et al. (1988).



FONTE: FOSTER et al, 1988

Conforme os procedimentos de avaliação apresentados no **quadro 4.1**, foram definidas as seguintes classes de vulnerabilidade em toda RMR.

Vulnerabilidade Alta

Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável em aquífero livre, a profundidade inferior a 10 m, subjacente a material altamente permeável sem nenhum atenuante de conteúdo argiloso que retarde ou impeça a infiltração de elementos poluentes dispostos na superfície ou sub-superfície do terreno.

São as áreas de ocorrência dos aquíferos Beberibe e Boa Viagem na condição de freático e do aquífero fissural nas zonas intensamente fraturadas, onde deve ser vedada a implantação de qualquer fonte produtora de carga contaminante.

Vulnerabilidade Moderada

Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a profundidade inferior a 20 m, subjacente a material pouco permeável, ou superior a 30 m, subjacente a material com alta permeabilidade.

São as áreas dos aquíferos Cabo, Algodoads e Barreiras na condição de freáticos, onde também pode ocorrer fatores determinantes de vulnerabilidade alta. Conseqüentemente, faz-se necessário estudos hidrogeológicos detalhados quando da ocupação do solo por atividades poluentes.

Vulnerabilidade Baixa ou Desprezível

Corresponde àquelas áreas onde ocorre água subterrânea explotável a mais de 40 m de profundidade em aquífero confinado por material pouco permeável ocorrendo próximo a superfície ou em profundidade; ou onde ocorre o mínimo ou nenhuma água subterrânea explotável.

São as áreas de afloramento dos calcários, onde o aquífero Beberibe ocorre confinado, dos depósitos fluvio-lagunares, das rochas vulcânicas e das rochas do embasamento cristalino pouco ou nada fraturados.

Na ocupação do solo com atividade produtora de carga contaminante duradoura faz-se necessário estudos hidrogeológicos detalhados.

Vulnerabilidade Desprezível

Corresponde às áreas desprovidas de condições viáveis em água subterrânea explotável em virtude da sua ausência e qualidade química.

São as áreas ocupadas pelos mangues.

4.4 – Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas

O risco de contaminação das águas subterrâneas está relacionado à ocorrência de carga contaminante, poder de contaminação, mobilidade no meio aquífero, solubilidade, persistência nas águas subterrânea e tempo de permanência da carga contaminante sobre o aquífero.

Os agentes contaminadores e a liberação dos seus componentes físico-químicos no meio aquífero são, a seguir:

Esgoto Sanitário Inadequado: liberam nutrientes e sais, sob a forma de nitratos e cloro, além de bactérias patogênicas e compostos orgânicos solúveis. O município do Recife tem uma baixa taxa de saneamento básico, algo em torno de 30% da sua área

municipal. Os demais municípios da RMR possuem taxas menores de saneamento básico, que causam problemas de saúde as suas populações. Resulta, portanto, que o esgotamento domiciliar é realizado através de fossas negras ou lançados diretamente na drenagem, comprometendo a qualidade das águas explotadas dos aquíferos livres.

Hospitais, Postos de Combustível: liberam compostos tóxicos sintéticos e orgânicos, representados em grande parte por cloro-benzenos. O destino final do lixo hospitalar na RMR em geral são os lixões. Este material não sofre tratamento adequado para reduzir o seu perigo no meio ambiente.

Concentrando uma das maiores proporções de postos de combustíveis do Brasil, a RMR, é alvo, em potencial, de vazamentos de derivados de petróleo, os quais, contaminariam a água dos aquíferos livres.

Atividades Agrícolas: podem liberar nitratos e outros íons móveis mais persistentes. Na RMR as atividades agrícolas estão concentradas na monocultura da cana-de-açúcar, que utiliza, entre outros, o vinhoto como fertilizante. A propagação do vinhoto (conjunto de subprodutos ou resíduos das usinas de cana-de-açúcar e destilarias de álcool) e dos defensivos agrícolas ao atingirem os aquíferos livres, comprometem a qualidade das águas.

Indústrias: o parque industrial existente na RMR é bastante diversificado. É constituído de indústrias cujo potencial de contaminação, no presente momento, apresenta risco localizado. Algumas drenagens têm servido de receptoras de efluentes industriais comprometendo a qualidade das suas águas, que por sua vez podem vir a contaminar as águas dos aquíferos livres.

Cemitérios: constituem um risco em potencial para as águas subterrânea devido a presença de microorganismos liberados pelo processo de decomposição dos corpos. Boa parte dos cemitérios existentes na RMR estão localizados em áreas densamente habitadas. Quando não há fornecimento de água tratada para suprir as necessidades de abastecimento, é comum, como alternativa, o uso de poços rasos. Por não existir perímetros de proteção sanitária nos cemitérios da RMR as águas dos aquíferos livres correm o risco de contaminação pela propagação do líquido cadavérico.

Lixões: os resíduos sólidos da RMR estão dispostos em vários pontos da RMR sob a forma de lixões em funcionamento, lixões desativados, unidade de tratamento de lixo (composteira, unidades de incineração entre outros), estação de transbordo, pontos de confinamento de lixo, caçambas estacionárias, e aterros controlados como os de Muribeca, em Jaboatão dos Guararapes e Aguazinha em Olinda. O chorume produzido pelos lixões constitui sério risco de contaminação para os aquíferos livres.

A carga contaminante é classificada segundo os produtos mais adequados ao fornecimento de efluentes que venham a constituir-se em vetor de contaminação para as águas subterrâneas.

A classificação da carga contaminante é a seguinte:

- **Alta** - zonas urbanas com saneamento inadequado e/ou ocorrência de lixões, hospitais que produzem lixo hospitalar sem tratamento adequado, cemitérios.
- **Moderada** – zonas urbanas com saneamento adequado, parque industrial com insuficiente tratamento dos efluentes industriais, postos de combustível, oficinas de autos.

- **Baixa** – pequenas concentrações habitacionais.
- **Ausente** – áreas sem qualquer produção de carga contaminante.

O risco de contaminação das águas subterrâneas da RMR foi classificado em função da vulnerabilidade natural dos aquíferos e da carga contaminante sobre o qual esta carga esteja disposta.

Utilizando-se a matriz ilustrada no **quadro 4.2** e superpondo-se os mapas de vulnerabilidade natural dos aquíferos e o da carga contaminante elaborou-se o Mapa de Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas da RMR.

Quadro 4.2 – Vulnerabilidade do aquífero e carga contaminante

Vulnerabilidade do Aquífero	Carga Contaminante			
	Ausente ou Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Alta	Risco Mínimo	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Máximo
Moderada	Risco Mínimo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Alto
Baixa	Risco Mínimo	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado
Desprezível	Risco Mínimo	Risco Mínimo	Risco Mínimo	Risco Mínimo

4.5 Referências Bibliográficas

COSTA, W. D.; COUTINHO, P. N.; REBOUÇAS, A. C. **Reconhecimento geológico e hidrogeológico do Recife e municípios adjacentes – Anexo do planejamento do sistema de abastecimento d'água da área metropolitana.** Recife: SUDENE, 1968.

COSTA, W. D. (Coord). **Estudo hidrogeológico dos municípios de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. HIDROREC II.** Recife: Secretaria de Recursos Hídricos, 2002. v.1

COSTA, W. D. (Coord). **Estudo hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. Relatório técnico HIDROREC I.** Recife: Secretaria de Recursos Hídricos, 1998. v.1. Texto

COSTA, W. D.; Manoel Filho, J.; SANTOS, A. C.; MONTEIRO, A. B. Evolução da potenciometria dos aquíferos da Região Metropolitana do Recife. In: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 3, 1998, Recife. **Anais.** Recife: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1998. 228p. il. p. 68-80.

COSTA, W. D.; MONTEIRO, A. B.; COSTA FILHO, W. D.; SANTOS, A. C. Condicionamento hidrogeológico da exploração do aquífero Costeiro Boa Viagem. : CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, 2000, Fortaleza / JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER. 1, 2000, Fortaleza [CD ROM]. **Resumos.** Fortaleza: ABAS, 2000. 24p. Disponível em 1 CD

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; ROCHA, G. A. Riscos de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, 1988, São Paulo. **Anais.** São Paulo: ABAS, 1988. 282p. il. p.175 - 185

FRANÇA, H. P. de; CAPUCCI, E. B. **Diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe. Área Olinda-Paulista-Itamaracá.** Recife: CPRM, 1978. 5v.

MENTE, A.; CRUZ, W. B. da **Estudo de áreas de proteção das fontes de águas minerais da Região Norte do Recife - PE. Relatório final.** Recife: DNPM, 2001. 72p. il.

MONT´ALVERNE, A. A. F. **Geologia e aspectos hidrogeológicos da área NW Recife.** Recife: UFPE/Escola de Geologia, 1966. 59p. 1 map. *In bolso* (Relatório de Graduação em Geologia).

MONTEIRO, A. B.; COSTA, W. D.; LIMA FILHO, M. de; BARBOSA, D. de L. Hidrogeologia e gestão do aquífero Barreiras nos Bairros de Ibura e Jordão - Recife - Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002, Florianópolis [CD ROM]. **Anais.** Florianópolis: ABAS, 2002. 11p. Disponível em 1 CD.

OLIVEIRA, L. T.; DEMETRIO, J. G. A.; TOMÉ, M. E. T. R.; VASCONCELOS, C. de L. Análise da geometria dos aquíferos costeiros da porção Norte da Região Metropolitana do Recife - PE a partir de perfis litológicos de poços tubulares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002, Florianópolis [CD ROM]. **Anais.** Florianópolis: ABAS, 2002. 15p. Disponível em 1 C

SANTOS, A. C.; REBOUÇAS, A. da C.; COSTA, W. D.; ACCIOLY, A. C. de A. Métodos e critérios de uso de proteção das águas subterrâneas na Região Metropolitana do Recife - Estado de Pernambuco - Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, 2000, Fortaleza / JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER. 1, 2000, Fortaleza [CD ROM]. **Resumos.** Fortaleza: ABAS, 2000. 20p. Disponível em 1 CD

CAPÍTULO 5

LEVANTAMIENTO DE SOLOS

Edgard Shinzato

5.1 Introdução

O trabalho consistiu na reinterpretação dos dados obtidos pelo levantamento dos solos da Região Metropolitana do Recife – RMR, Estado de Pernambuco, com área de 2742 km², realizado em nível de reconhecimento pela **Embrapa Solos**.

Como resultado do trabalho foi elaborado um relatório técnico que, além de fornecer uma visão geral sobre as principais características ambientais da área de estudo, apresenta critérios utilizados para distinção e classificação dos solos, bem como uma descrição das principais classes de solos.

A distribuição espacial dos solos é representada em um mapa na escala 1:100.000, elaborado pela Embrapa, constituído por 49 unidades de mapeamento, que compõem a legenda de identificação. Devido à maior parte do trabalho ter sido realizado em época anterior à publicação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), o mapa encontra-se em fase de ajustes para enquadramento taxonômico conforme o sistema ora em vigor. Na legenda atualizada os solos são individualizados até o quarto nível categórico, seguido de textura, tipo de horizonte A, fases de vegetação, relevo e, para solos pouco evoluídos, substrato geológico.

Esse trabalho constitui, sem dúvida, uma importante contribuição para o conhecimento das condições ambientais da RMR, com ênfase especial à distribuição de solos, com grande potencial para orientar o planejamento do uso e ocupação de suas terras visando um desenvolvimento racional e sustentável.

5.2 Métodos de Trabalho

5.2.1 Métodos de Trabalho de Escritório e de Campo

Com base no levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Pernambuco, recentemente concluído pela Embrapa, foi realizada uma nova interpretação das informações direcionada ao planejamento da RMR.

O trabalho original foi executado conforme as normas adotadas pela Embrapa Solos, com identificação de solos que cobriram toda a área do estado. As informações aqui expostas foram extraídas basicamente do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco realizado pela Embrapa (Rodrigues et al., 2001).

Além das principais características dos solos, foram também avaliados os demais aspectos do meio, como vegetação, material de origem, relevo, paisagem, intensidade do processo erosivo etc., de modo a identificar suas inter-relações e estabelecer os limites dos distintos ecossistemas que caracterizam a área.

5.2.2 Métodos de Laboratório

A descrição detalhada dos métodos utilizados em análises para caracterização dos solos está contida em Embrapa (1979, 1999).

5.3 Descrição das Classes de Solos

As principais classes de solos são definidas a seguir, em função das descrições morfológicas, análises físicas, químicas e mineralógicas dos perfis representativos; cabendo ressaltar que os horizontes considerados diagnósticos, tanto superficiais (A ou H) como subsuperficiais (B ou C), estão sublinhados e, eventualmente, tracejados, neste caso quando são de importância secundária.

5.3.1 Argissolos

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural constituído por argila de baixa atividade (Embrapa, 1999). São solos em geral profundos e bem drenados, com seqüência de horizontes A, Bt, C ou A, E, Bt, C. São subdivididos, em segundo nível categórico, em função de diferenças de cor, conforme descrito a seguir.

5.3.1.1 Argissolos Amarelos

Esta classe é constituída por solos com horizonte B textural de coloração amarelada, em matiz mais amarelo que 5YR. À semelhança dos Argissolos Vermelho-Amarelos distribuem-se por toda RMR, em relevo desde montanhoso a suave ondulado e plano, caso em que geralmente estão relacionados a sedimentos terciários. Os teores de ferro desses solos são geralmente inferiores a 70 g/kg, com predomínio de caulinita na fração argila.

5.3.1.2 Argissolos Vermelhos

Esta classe compreende solos com horizonte B textural de coloração avermelhada, em matiz 2,5YR ou mais vermelho. São os solos dominantes nas áreas de relevo montanhoso e forte ondulado dessa região, correspondentes às serras residuais e bordas de superfícies elevadas. Quase invariavelmente de caráter eutrófico, encontram-se em geral associados a Argissolos Vermelho-Amarelos ou Amarelos, sob vegetação predominante de floresta tropical subcaducifólia, menos freqüentemente caducifólia. Apesar da boa fertilidade natural que apresentam, são pouco utilizados com agricultura; o uso com pastagem é generalizado.

5.3.1.3 Argissolos Vermelho-Amarelos

Os solos desta classe distinguem-se pelas cores do horizonte Bt de matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelos do que 2,5YR (Embrapa, op cit.). Apresentam grande expressão territorial no Estado, em relevo que varia de suave ondulado a montanhoso, sob vegetação original de floresta tropical subcaducifólia ou subperenifólia, e mais raramente caducifólia. É comum a presença de solos com características intermediárias com Latossolos, com os quais encontram-se muitas vezes associados na paisagem. Nessas áreas apresentam geralmente caráter distrófico ou álico e perfis bastante espessos. São predominantemente caulínicos, geralmente bem drenados, de textura média/argilosa ou média/muito argilosa. Merece destaque a freqüente ocorrência de solos com caráter abrupto nas áreas rebaixadas de relevo suavizado, embora esta característica não seja exclusiva dessa posição fisiográfica.

5.3.2 Cambissolos

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente subjacente a horizonte A de qualquer tipo, excluído o chernozêmico quando o horizonte Bi apresentar argila de atividade alta. São solos pouco evoluídos, de características bastante variáveis, em geral pouco profundos ou rasos e com teores de silte relativamente elevados. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, Bi, C, com modesta diferenciação entre eles. Devido a seu desenvolvimento ainda incipiente, as características desses solos são em geral bastante influenciadas pelo material de origem.

Predominam amplamente os Cambissolos Háplicos, caracterizados pela ausência de horizonte hístico ou A húmico. Em situação completamente diversa, algumas baixadas fluviais, de relevo plano, são também ocupadas por solos dessa classe. Nessas áreas, os sedimentos argilosos depositados pelo rio foram mais espessos e propiciaram o desenvolvimento de Cambissolos Háplicos, de caráter eutrófico ou distrófico, constituídos

por elevadas quantidades de argila e silte que, quando secos, apresentam acentuado fendilhamento. Originalmente sob floresta tropical subperenifolia de várzea, encontram-se hoje quase destituídos de sua vegetação original, são utilizados principalmente com plantios de cana-de-açúcar.

5.3.3 Espodossolos

Esta classe compreende solos minerais com horizonte B espódico precedido por horizonte E, em geral alábico, ou mais raramente sob o horizonte A (Embrapa, 1999). São, portanto, solos com nítida diferenciação de horizontes, com seqüência do tipo A, E, Bh, C (pode ocorrer também horizonte Bhs ou Bs). São individualizados em função de características do horizonte B espódico em: **Espodossolos Cárbicos** - solos cujo horizonte B espódico apresenta acúmulo de carbono orgânico e alumínio e **Espodossolos Ferrocárbicos**, em que além de carbono verifica-se acúmulo de ferro no horizonte B. Estão relacionados aos sedimentos arenosos de origem marinha que constituem os cordões litorâneos dispostos em faixas subparalelas ao longo da costa. São em geral hidromórficos, de textura arenosa ao longo de todo o perfil, com horizonte B espódico precedido por horizonte E alábico. Em sua maior parte são recobertos por vegetação de restinga do tipo campestre ou arbóreo-arbustiva. Com menor freqüência encontram-se sob floresta de restinga.

5.3.4 Gleissolos Háplicos

Compreende solos minerais, hidromórficos, com horizonte glei dentro de 50 cm de profundidade, ou dentro de 125 cm se abaixo de horizonte A ou H, este com menos de 40 cm de espessura, excluídos solos de textura arenosa em toda a extensão dos perfis. São solos relativamente recentes, pouco evoluídos, e originados de sedimentos de idade quaternária, apresentando portanto grande variabilidade espacial. São subdivididos, em segundo nível categórico, em função da presença de tiomorfismo ou salinidade e do tipo de horizonte superficial.

Muito semelhantes aos Gleissolos Melânicos, dos quais diferenciam-se por apresentarem horizonte superficial menos desenvolvido, do tipo A moderado ou mesmo fraco, os solos dessa classe apresentam características e distribuição bastante semelhantes àqueles, apenas com uma tendência geral a encontrarem-se em áreas relativamente menos encharcadas, mas ainda com fortes restrições de drenagem.

5.3.5 Latossolos

Sob esta denominação estão compreendidos solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte A (Embrapa, 1999). São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, em resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.

São normalmente muito profundos, com espessura do *solum* em geral superior a dois metros, de elevada permeabilidade e comumente bem acentuadamente drenados. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, Bw, C, com reduzido incremento de argila em profundidade. Em segundo nível categórico diferenciam-se em função das características de cor, tendo sido identificadas as seguintes classes:

5.3.5.1 Latossolo Amarelo

Esta classe compreende Latossolos com horizonte B de cores brunadas e amareladas, em matiz mais amarelo que 5YR (Embrapa, 1999). Distinguem-se todavia as áreas de relevo aplainado, relacionadas aos sedimentos terciários do Grupo Barreiras e

seus congêneres, em que estes solos são amplamente dominantes. Nessas áreas é comum apresentarem alguma coesão no topo do horizonte B, característica esta de grande relevância em termos de manejo.

5.3.5.2 Latossolo Vermelho-Amarelo

São solos que apresentam horizonte Bw com cores na matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5Y na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B. São profundos e muito profundos com boa distinção de cor entre os horizontes A e B, entretanto com pequena diferenciação entre os horizontes BW. Diferenciam-se dos Latossolos Amarelos pela cor relativamente mais avermelhada e pelo teor de Fe_2O_3 ligeiramente superior. O horizonte A mais comum é o moderado.

O horizonte B apresenta ampla variação de cor, desde matizes menos vermelhos, principalmente nas encostas devido às diferenças de condições de drenagem interna e aqueles mais avermelhados com drenagem interna mais restringida, variando de 10YR para os matizes 7,5YR ou 5YR. A estrutura é muito pequena, granular com aspecto de maciça porosa ou em blocos fracos ou moderadamente desenvolvidos, esta, porém, observada apenas nos de textura mais argilosa. Mesmo sendo de textura argilosa são bastante porosos. As diferenças texturais ao longo do perfil são pequenas e a relação textural raramente ultrapassa 1,3.

São solos com baixa fertilidade natural representada por reduzidos teores de bases trocáveis, de micronutrientes e de fósforo. São distróficos, sendo comum nos solos com maior teor de argila a soma de bases ser um pouco mais elevada.

5.3.5.3 Luvisolos

São solos minerais, não hidromórficos, caracterizados por apresentarem horizonte B textural ou B nítico com argila de atividade alta e saturação por bases alta. A seqüência de horizontes é do tipo A-Bt-C ou mais comumente A-E-Bt-C, com horizonte A fraco, moderado ou proeminente.

Apresentam, em geral, horizonte B textural realçado pela cor vermelha ou avermelhada, que caracteriza os **Luvisolos Crômicos**, em segundo nível categórico, sob horizonte A moderado, eventualmente sob horizonte E.

Distinguem-se por apresentar mudança textural abrupta ou, pelo menos, gradiente muito acentuado. Situam-se em posições fisiográficas de colinas e morros, com relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado. A fitofisionomia da cobertura vegetal primitiva, inferida pelos fragmentos remanescentes, é do tipo floresta tropical subcaducifólia nas áreas mais suaves, enquanto as de relevo forte ondulado apresentam uma vegetação xeromórfica de porte reduzido, cujo aspecto geral denota caráter transicional entre floresta tropical caducifólia e caatinga hipoxerófila.

5.3.6 Neossolos

Nesta classe estão compreendidos solos minerais pouco desenvolvidos, caracterizados pela ausência de horizonte B diagnóstico. São identificadas, em segundo nível categórico, as seguintes classes:

5.3.6.1 Neossolos Litólicos

Nesta classe estão compreendidos solos minerais pouco desenvolvidos, rasos, constituídos por um horizonte A assentado diretamente sobre a rocha, ou sobre um

horizonte C ou B pouco espessos, e apresentam contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Devido à pouca espessura, é comum possuírem elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, assim como cascalhos e calhaus de rocha semi-intemperizada na massa do solo.

Ocorrem também nas áreas íngremes de algumas serras situadas em cotas mais baixas, em associação com afloramentos rochosos, Neossolos Regolíticos e Argissolos e, ao contrário dos mencionados acima, que são distróficos, apresentam quase sempre caráter eutrófico e vegetação mais seca, principalmente de floresta tropical subcaducifólia, ou mesmo caducifólia.

5.3.6.2 Neossolos Flúvicos

Esta classe compreende solos minerais pouco evoluídos, desenvolvidos a partir de depósitos aluviais recentes, referidos ao Quaternário. Caracterizam-se por apresentarem estratificação de camadas, sem relação genética entre si. Têm seqüência de horizontes do tipo A-C, eventualmente com evidências de gleização em subsuperfície.

5.3.6.3 Neossolos Quartzarênicos

Esta classe compreende solos profundos, com seqüência de horizontes do tipo A, C, de textura arenosa em toda a extensão dos perfis, constituídos essencialmente por quartzo. Minerais primários menos resistentes ao intemperismo, se presentes, encontram-se em quantidades insignificantes.

Ocorrem na faixa litorânea relacionados aos cordões arenosos costeiros, em associação com Espodossolos, sob vegetação de campo de restinga e restinga arbóreo-arbustiva. São excessivamente drenados, de baixa fertilidade natural, com horizonte A moderado ou fraco, que pode mesmo estar ausente em áreas desprovidas de vegetação, localizadas mais próximas ao mar ou sujeitas a forte ação dos ventos (dunas).

5.3.7 Nitossolos

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B nítico com argila de atividade baixa, sobre horizonte A. São solos em geral profundos e bem drenados, com seqüência de horizontes A, Bt, C, com baixo gradiente textural. No Estado ocorrem apenas **Nitossolos Háplicos**, que se distinguem pelas cores do horizonte Bt de matiz mais amarelo que 2,5 YR. Apresentam geralmente caráter distrófico e perfis bastante espessos. São predominantemente caulíníticos, geralmente bem drenados, de textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa. São pouco utilizados com agricultura; predominando o uso com pastagem.

5.3.8 Planossolo

Esta classe compreende solos minerais, geralmente hidromórficos, com seqüência de horizontes A-Bt-C, ou mais tipicamente A-E-Bt-C, caracterizados por mudança textural abrupta, de tal forma marcante que no solo seco forma-se uma fratura de separação entre o horizonte B textural e o sobrejacente. No horizonte B, de densidade aparente relativamente elevada e em geral policrômico, observa-se a ocorrência de cores de redução, evidenciando drenagem imperfeita ou má.

5.3.8.1 Planossolos Hidromórficos

Os solos desta classe caracterizam-se pelas cores gleizadas do horizonte B plânico. Ocorrem principalmente em algumas baixadas de relevo aplainado da região, onde em

certas áreas podem apresentar caráter solódico. Predominam, entretanto, solos de baixa fertilidade, distróficos, com argila de atividade baixa. Devido à posição topográfica em que ocorrem, é comum apresentarem descontinuidade no material de origem, relacionado principalmente a sedimentos colúvio-aluvionares e gnaisses pré-cambrianos.

5.3.8.2 Planossolos Háplicos

Os solos desta classe caracterizam-se pela ausência de cores gleizadas e do caráter sódico. Bem menos expressivos que os Planossolos Hidromórficos, com os quais encontram-se associados, são também encontrados em áreas de baixadas, porém em posição topográfica ligeiramente mais alta, sob condições de drenagem um pouco melhores. Predominam solos de baixa fertilidade, distróficos, com argila de atividade baixa.

5.3.9 Tipos de Terrenos

Além das classes de solos foram mapeados os tipos de terreno que constituem áreas distintas com características próprias: Solos Indiscriminados de Mangue, Afloramento de Rochas, Corpos D'Água, não referidos no mapa, em razão da escala.

5.4 Relação das Classes de Solos

- PAd1 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa, média/média e argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
- PAd2 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa e média/média e argilosa, A moderado e proeminente + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média e argilosa, A moderado, ambos fase floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
- PAd3 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa, média/média e argilosa, fase floresta tropical subperenifólia + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, A moderado e proeminente, fase floresta subperenifólia e/ou cerrado subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
- PAd8 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média/média e argilosa + ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico plíntico e não plíntico, textura arenosa e média/média e argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura média e argilosa, fase floresta subperenifólia de várzea, todos A moderado e proeminente.
- PAd7 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura média/média e argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos abrupto e não abrupto, plíntico e não plíntico, textura arenosa e média/média e argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado a forte ondulado.
- PAd3 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos textura média/média e argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média e argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.

- PAd4 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico ambos latossólico e não latossólico, textura média/argilosa, A moderado, relevo ondulado a montanhoso + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e muito argilosa, A moderado e proeminente, relevo suave ondulado e ondulado, ambos fase floresta tropical subperenifólia.
- PAd5 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos plíntico e não plíntico, textura arenosa e média/média e argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura média/média e argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e suave ondulado.
- PAd6 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média/média e argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos textura média/argilosa, com e sem cascalho a cascalhento, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
- PAd9 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico plíntico e não plíntico, textura média/média e argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, A moderado, fase floresta subperenifólia e/ou cerrado subperenifólia, relevo plano a ondulado.
- PAd10 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa e média/média e argilosa, fase floresta tropical subperenifólia + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, fase floresta subperenifólia e/ou cerrado subperenifólia + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média e argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
- PAd11 ARGISSOLO AMARELO Distrófico fragipânico e não fragipânico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, abrupto e não abrupto, plíntico e não plíntico, ambos relevo ondulado e forte ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, relevo suave ondulado e forte ondulado, todos textura média/média e argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia.
- PAd12 ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura média/média e argilosa, A moderado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos textura arenosa e média/argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado a forte ondulado + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico fragipânico e não fragipânico e/ou dúrico, textura arenosa/arenosa e média, A moderado, fase floresta tropical perenifólia e campo tropical de restinga, relevo plano e suave ondulado.
- PAd13 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, ambos textura média/argilosa + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico plíntico e não plíntico, textura média/argilosa, todos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

- PAd14 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico ambos latossólico e não latossólico, textura média/argilosa + ARGISSOLO AMARELO + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abrupto e não abrupto, plíntico e não plíntico, textura arenosa e média/média e argilosa + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado a forte ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico, textura indiscriminada, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano.
- PAd15 ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico ambos latossólico e não latossólico, textura média/argilosa, relevo ondulado e forte ondulado + ARGISSOLO AMARELO + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, plíntico e não plíntico, textura média/argilosa, relevo suave ondulado a forte ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano + ARGISSOLO AMARELO Distrófico plíntico e não plíntico, textura média/argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
- PVAd1 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e suave ondulado.
- PVAd2 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + ARGISSOLO AMARELO Distrófico, ambos latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico, textura média/argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
- PVAd5 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico, textura m/édia/argilosa, relevo ondulado e forte ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura média, todos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
- PVAd6 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura média/média e argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura média e argilosa com cascalho a cascalhento, substrato granito e gnaisse, ambos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
- PVAd3 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura média/média + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, textura argilosa com cascalho a cascalhento + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura média e argilosa, todos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.
- PVAd4 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura média/média e argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plíntico e não plíntico, textura média/argilosa, ambos relevo ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, textura argilosa com cascalho a cascalhento, relevo ondulado e forte ondulado, todos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia.
- PVAd7 ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura média/argilosa + LATOSSOLO AMARELO Distrófico + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura argilosa com

	cascalho e cascalhento, A moderado, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado a montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
ESo1	ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, fase campo tropical e floresta tropical perenifólia de restinga, ambos A moderado, relevo plano.
ESo2	ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, fase floresta tropical subperenifólia e/ou cerrado tropical subperenifólia, relevo plano + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa, média/média e argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado, ambos A moderado.
ESo3	ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico típico, ambos duripânicos, textura arenosa/arenosa e média, fase floresta tropical subperenifólia e/ou cerrado tropical subperenifólia, relevo plano + ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, fragipânico e não fragipânico, textura arenosa, média/média e argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado, todos A moderado.
ESo4	ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico típico + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, fase floresta tropical subperenifólia e/ou cerrado tropical subperenifólia, relevo plano.
ESo5	ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico típico fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de restinga + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, fase floresta tropical subperenifólia e/ou cerrado tropical subperenifólia, ambos textura arenosa/arenosa e média, A moderado, relevo plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espódico, fase floresta tropical subperenifólia e/ou cerrado tropical subperenifólio, relevo plano e suave ondulado.
GXbd1	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico e Eutrófico, ambos textura argilosa e média, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano.
GXbd2	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico, substrato sedimentos fluviais + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico e Eutrófico, todos textura argilosa e média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano.
GXbd3	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura média e argilosa, fase floresta subperenifólia de várzea e campo tropical hidrófilo de várzea + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico típico, textura arenosa/arenosa e média, fase campo tropical e floresta tropical perenifólia de restinga, ambos A moderado.
GXbd4	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico e Eutrófico, textura argilosa e média, fase floresta subcaducifólia de várzea e campo tropical hidrófilo de várzea, relevo plano + PLANOSSOLO HÁPLICO fase floresta tropical caducifólia, relevo plano e suave ondulado + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico planossólico, fase floresta tropical caducifólia, relevo plano e suave ondulado, todos A moderado.
GXbd5	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico gleico, substrato sedimentos fluviais + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico e Eutrófico, todos textura argilosa e média, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea relevo plano + ARGISSOLO AMARELO + ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico plíntico e não plíntico, textura

	média/argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado, todos A moderado e proeminente.
LAd1	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
LAd2	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média/argilosa, ambos A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
LAd3	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média e argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura média/argilosa, ambos A moderado e proeminente + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico fragipânico e não fragipânico e/ou duripânico, textura arenosa/arenosa e média, todos fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.
LAd4	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa e muito argilosa, relevo plano e suave ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média e argilosa/argilosa e muito argilosa, relevo forte ondulado e ondulado, ambos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia.
LAd5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, fragipânico e não fragipânico, textura média/média e argilosa, ambos A moderado e proeminente, relevo suave ondulado e plano + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico fragipânico e não fragipânico e/ou duripânico, textura arenosa/arenosa e média, A moderado, todos fase floresta tropical subperenifólia.
LAd6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média/argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e suave ondulado.
LAd7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa e muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico e não latossólico, textura média, argilosa/muito argilosa e muito argilosa, relevo forte ondulado e ondulado, ambos A moderado, fase floresta tropical subperenifólia + GLEISSOLO HÁPLICO + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico e Eutrófico gleico, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano.
RUve1	NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico, textura média e argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia e/ou subperenifólia e campo tropical de várzea, relevo plano.
RUve2	NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico e Eutrófico, substrato sedimento fluviais + GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico e Eutrófico, textura média e argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia de várzea, relevo plano.
RLd	NEOSSOLO LITÓLICO Dístrofico típico, textura média com cascalho a cascalhento, substrato granito e gnaisse + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico e Eutrófico, textura média/argilosa com e sem cascalho a

	cascalhento, A moderado, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso + AFLORAMENTOS DE ROCHA.
RQo1	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A fraco e moderado, fase floresta perenifólia de restinga, relevo plano.
RQo2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A fraco e moderado, fase floresta subperenifólia de restinga, relevo suave ondulado e ondulado.
RQo3	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espódico + ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico típico, textura arenosa/arenosa e média, A fraco fase campo tropical e floresta perenifólia de restinga relevo plano.
NVdf	NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico textura argilosa, A moderado e proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado.
SM	SOLOS DE MANGUE textura indiscriminada, fase floresta perenifólia de mangue, relevo plano.

5.5 Referências Bibliográficas

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMANN, J. H. **Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 12 (1): 11-33, 1987.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.

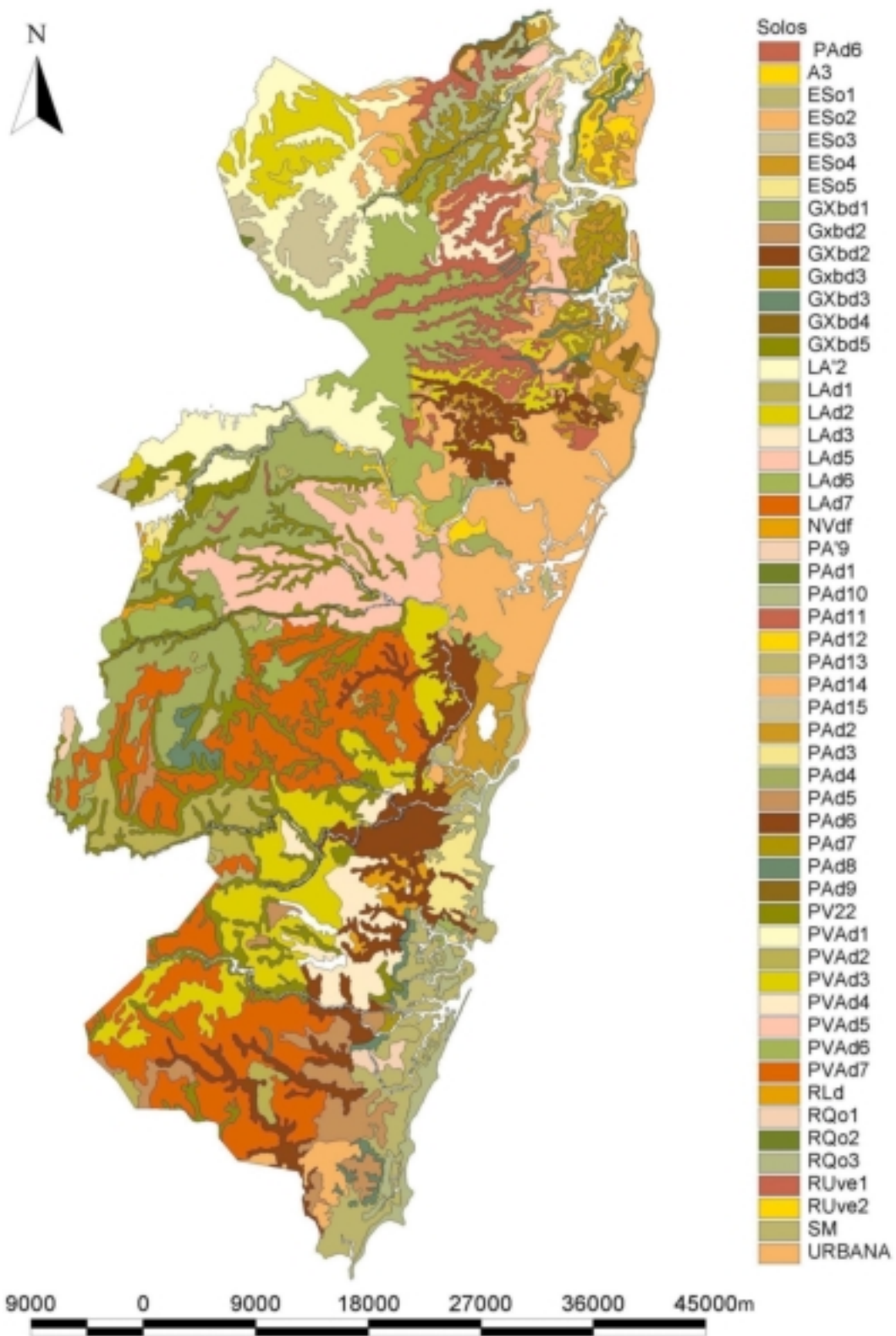
EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, 1988a. 67p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Definição e notação de horizontes e camadas de solo**. 2. ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1988b. 54p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - Brasília: Embrapa Produção de Informação**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. xxvi, 412p.:il

RODRIGUES E SILVA, F. B.; SANTOS, J. C. P. dos; Silva, A. B. da; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. da B. V. et al [CD ROM] **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. Disponível em 1 CD ROM.

5.6 Anexo – Mapa tipos de solos da RMR



CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO GEOQUÍMICO-AMBIENTAL

*Carlos Alberto Cavalcanti Lins
Frederico José Campêlo de Souza
Ana Cláudia de Aguiar Accioly*

6.1 Generalidades

O presente trabalho tem um caráter de diagnóstico geoquímico-ambiental preliminar da região metropolitana do Recife (RMR). Este levantamento foi constituído por coleta e análise de amostras de sedimentos de fundo em drenagens e estuários da área do projeto.

O diagnóstico executado ficou restrito a uma avaliação exclusivamente geoquímica baseada na distribuição dos elementos químicos no ambiente de drenagens e estuários, com previsão para em trabalhos futuros correlacionar esta avaliação dos elementos com a sua biodisponibilidade e toxicidade. Pretende-se assim fornecer um retrato da situação atual do ponto de vista geoquímico-ambiental da região metropolitana do Recife.

Outros trabalhos com a finalidade de diagnóstico geoquímico-ambiental foram executados na área abrangida pelo projeto. Na parte norte da área do projeto foi executado um levantamento similar com maior adensamento, Lins e Wanderley (1999) e Wanderley & Lins (1999). Os dados desses trabalhos e seus resultados foram incorporados neste relatório. Outro trabalho de diagnóstico geoquímico preliminar de detalhe foi executado na lagoa Olho d'Água, município de Jaboatão dos Guararapes, Lins & Assis (1997) e seus resultados também foram considerados.

Um diagnóstico geoquímico ambiental completo de uma área deve abranger:

- O estudo da distribuição dos elementos químicos no ambiente secundário e sua geodisponibilidade, ou seja a forma como se apresenta nos materiais geológicos;
- A interação entre os elementos e sua adsorção pelos organismos presentes no ambiente, a biodisponibilidade;
- O estudo da grandeza da biodisponibilidade e sua ação benéfica ou maléfica para a biota ou seja o nível de sua toxicidade.

O USEPA (United States Environmental Protection Agency), órgão de proteção ambiental dos Estados Unidos, é um dos maiores centros de pesquisa ambiental do mundo e possui uma grande quantidade de trabalhos na área de estudos de contaminação, gerenciamento e remediação de sedimentos superficiais. A metodologia utilizada na execução deste trabalho obedeceu a critérios sugeridos por aquele órgão ambiental.

Um diagnóstico ambiental de uma determinada região passa por cinco avaliações individuais de medição da qualidade dos sedimentos: a geoquímica dos sedimentos; o seu nível de toxicidade; a estrutura da biota; a química desta biota; e a patologia, USEPA, 1977. Este trabalho abrange parcialmente a primeira e segunda parte. Isto porque não foram avaliados os compostos orgânicos tais como: os PAH (*polycyclic aromatic hydrocarbons*); os PCB (*polychlorinated biphenyls*); e os OP (*organochlorine pesticides*).

A avaliação da qualidade dos sedimentos é uma das mais importantes tarefas na caracterização da qualidade ambiental. É nos sedimentos superficiais aquáticos que se desenvolve a biota e todo o seu processo de alimentação e vida. Os sedimentos adsorvem e por vezes concentra os elementos químicos disponíveis tanto na litologia, abrangidas pelas bacias de drenagem, bem como nos produtos das ações antrópicas (erosão, assoreamento, obras de engenharia, manejo agrícola de bacias, e disposição de efluentes urbanos, mineiros, industriais e agrícolas). Esta avaliação se faz utilizando-se valores limiares de toxicidade para a biota e para a cadeia alimentar (SQGs – sediment quality guidelines), estabelecidos por diversos organismos internacionais. Não existe um consenso no cálculo destes limiares devido a que na pesquisa das variáveis necessárias ao seu

estabelecimento obtêm-se resultados conflitantes, dependendo do ambiente. Alguns exemplos destes conflitos podem ser assim relacionados:

- O tipo de digestão da amostra que melhor reflita a biodisponibilidade, pois esta pode ser diferente para cada elemento;
- Os componentes da biota reage diferentemente a determinadas concentrações de elementos químicos;
- A relação entre a toxicidade dos elementos para a biota e para a saúde humana e animal.
- As concentrações de determinados elementos, de maior mobilidade, são influenciadas pela sazonalidade;
- As variações de litologia, clima, relevo, vegetação, pluviometria, etc., influenciam a concentração, mobilidade e distribuição dos elementos químicos nas paisagens.

Os valores limiares de toxicidade utilizados para este diagnóstico serão discutidos adiante.

6.2 Metodologia

As amostras do projeto foram coletadas em pontos distribuídos aleatoriamente nas drenagens e nos estuários da área metropolitana do Recife. Não foram consideradas, para a disposição dos pontos de coleta, a ordem de grandeza da drenagem. O mapa de localização dos pontos de amostragem encontra-se na **figura 6.1**.

Uma pequena draga de arrasto foi utilizada na coleta do material, com cuidados específicos no seu manuseio, para evitar a contaminação da amostra. O material sempre foi à parte superficial do sedimento de fundo: sedimento de corrente nas drenagens dos rios e sedimento de fundo nos estuários. O local de coleta escolhido foi à calha dos rios e a parte central dos estuários.

As metodologias analíticas adotadas pelos trabalhos executados na área do projeto estão dispostas nos quadros a seguir:

Lagoa Olho d'Água – Lins & Assis, 1997
(Laboratório LAKEFIELD-GEOSOL)

Elemento (limite de detecção em ppm)	Análise
Ag(0,5), Al(0,01%), As(5), Ba(1), Be(1), Bi(10), Ca(0,01%), Cd(3), Co(1), Cr(1), Cu(0,5), Fe(0,01%), K(0,01%), La(5), Li(1), Mg(0,01%), Mn(0,01%), Mo(2), Na(0,01%), Ni(2), P(0,01%), Pb(2), Sb(5), Sc(1), Sn(10), Sr(1), Ti(0,01%), V(5), W(10), Y(1), Zn(1), Zr(1).	Espectrometria de Plasma – ICP – Abertura com EDTA 5%, a frio.
Se(1), Te(1)	Absorção Atômica _ Geração de Hidretos
F(50)	Eletrodo de íon específico
Hg(50ppb)	Absorção Atômica – Geração de Vapor Frio

Parte norte da região metropolitana – Lins & Wanderley, 1999, Wanderley & Lins, 1999 (Laboratório LAKEFIELD-GEOSOL).

Elemento (limite de detecção em ppm)	Análise
Ag(0,5), Al(0,01%), As(3), Ba(1), Be(1), Bi(10), Ca(0,01%), Cd(1), Co(1), Cr(1), Cu(0,5), Fe(0,01%), K(0,01%), La(10), Li(1), Mg(0,01%), Mn(0,01%), Mo(2), Na(0,01%), Ni(2), P(0,01%), Pb(2), Sb(5), Sc(1), Sn(10), Sr(0,5), Te(10), Ti(0,01%), V(5), W(10), Y(1), Zn(1), Zr(1).	Espectrometria de Plasma – ICP – Abertura com EDTA 5%, a frio.
Se(1)	Absorção Atômica – Geração de Hidretos
F(50)	Eletrodo de íon específico
Hg(50ppb)	Absorção Atômica – Geração de Vapor Frio

O projeto
(Laboratório da CPRM – LAMIN)

Elemento (limite de detecção em ppm)	Análise
Al(0,01%), As(0,5), B(1), Ba(1), Be(0,1), Ca(0,01%), Cd(0,1), Co(0,01), Cr(0,1), Cu(1), Fe(0,01%), La(1), Li(0,1), Mg(0,01%), Mn(1), Mo(0,2), Ni(0,2), P(0,01%), Pb(1), Sc(0,5), Sn(0,5), Sr(0,5), Ti(10), V(1), W(0,5), Y(0,1), Zn(1), Zr(1).	Espectrometria de Plasma – ICP – Abertura com Água régia.
K(0,01%), Na(0,02%).	Emissão Atômica
Ag(0,2)	Absorção Atômica

OBS.: Por motivos operacionais as amostras deste projeto não foram analisadas para Hg e o adensamento inicialmente programado também foi reduzido.

6.3 Apresentação dos Resultados

Para efeito comparativo foram utilizados parâmetros limiaries de qualificação de sedimentos para diversos elementos obtidos de várias fontes, apresentados em tabelas ao final deste relatório (**tabela 6.1**). Alguns dos parâmetros obtidos são de sedimentos de ambientes estuarinos e marinhos. Em pesquisas desenvolvidas em projetos da USEPA observou-se que inexistem diferenças significativas na sensibilidade das biotas marinhas, estuarinas e as de água doce, em relação aos contaminantes. Foram utilizados os parâmetros CBP² da **tabela 6.1** como os limiaries preferencialmente adotados, porque na sua concepção entraram diversos parâmetros de diversas fontes. Para a prata adotamos o limiar das SQUIRTs³, por não existir limiar para este elemento no CDP. Na mesma tabela foram acrescidos, para efeito comparativo e de conhecimento, alguns limiaries utilizados pela USEPA e pela FDA⁴ na classificação de toxicidade de alimentos.

² Consensus based PEC (probable effect concentration), INGERSOLL et al., 2000

³ Screening quick reference tables, NOAA, 1999

⁴ Food and Drug Administration - Guidance/Action/Tolerance level USFDA, 1993 (citado em USEPA, 1997)

Os parâmetros descritos na **tabela 6.1** foram obtidos com abertura de ácido clorídrico a frio. Neste trabalho, para a definição de anomalia utilizamos a **tabela 6.1** com restrições devido à diferença no tipo de abertura utilizada nas amostras.

O sumário dos estimadores geoquímicos das populações analisadas neste projeto e nos trabalhos de Lins & Wanderley, 1999 e Wanderley & Lins, 1999 foram dispostas numa tabela (**tabela 6.2**). Os pontos anômalos obtidos nestes trabalhos estão representados em mapa ao final deste relatório (**figuras 6.1 e 6.2**).

6.4 Conclusões

Nos trabalhos executados ao norte da RMR, Lins & Wanderley (1999) e Wanderley & Lins (1999) não detectaram concentrações anômalas dos elementos analisados, com exceção do mercúrio. Este elemento apresentou valores altamente preocupantes (alguns com mais de 1000 ppb, limite superior de detecção do método utilizado) na drenagem do rio Botafogo e no canal de Santa Cruz que separa a ilha de Itamaracá do continente. Esta região é a principal fornecedora de frutos do mar (ostras camarões, peixes, etc.) para a RMR, que podem ser afetados por esta concentração. Esta área é também importante pólo turístico da região. A fonte desta contaminação está por conseguinte a montante do ponto de coleta, dentro da bacia de captação da amostra. Em distritos industriais unidades de produção de cloro e soda cáustica são potencialmente poluidoras para mercúrio, um de seus insumos (ATSDR, 1999).

Como esperado, os contrastes analíticos obtidos foram maiores na abertura com água régia deste projeto que naqueles obtidos com abertura com EDTA, Lins & Wanderley (1999) e Wanderley & Lins (1999). Os elementos Ag, As, Be, Cd, Mo, Sn, e W, analisados nos trabalhos citados, não foram detectados com abertura de EDTA.

No núcleo metropolitano da RMR, os resultados obtidos na Lagoa Olho d'Água, em Jaboatão dos Guararapes, mostraram concentrações residuais de Pb, Zn, Ni e Cu (Lins & Assis, 1997). Destas concentrações, apenas o Pb apresenta valores preocupantes em relação aos padrões exibidos na **tabela 6.1**, com valores de até 680 ppm. A provável fonte deste contaminante seria o antigo Departamento de Caça e Pesca do Clube Náutico Capibaribe (chumbo de caça) que durante muitos anos foi estabelecido no local.

Com base neste trabalho podemos obter algumas conclusões dispostas nos parágrafos seguintes.

- O mercúrio apresenta fortes indícios de contaminação na parte norte da região metropolitana do Recife e infelizmente não pode ser avaliado no restante da região.
- Não existe uma contaminação significativa dos sedimentos da área para os outros elementos analisados, ao nível das informações geradas pelos dados do projeto.
- Quase todas as anomalias estão localizadas na parte norte da área principalmente na drenagem do rio Botafogo, a jusante da barragem da COMPESA, que abastece parte do Grande Recife, e no canal de Santa Cruz que separa a Ilha de Itamaracá do continente.

6.5 Recomendações

Com base neste diagnóstico propõem-se algumas recomendações para trabalhos futuros e complementares.

- É fundamental a complementação dos trabalhos na região metropolitana principalmente devido a forte contaminação de mercúrio em drenagens da parte norte. A área merece um adensamento bem maior, principalmente nas áreas estuarinas com uma ampliação dos elementos analisados.
- As amostras do projeto não foram analisadas para mercúrio, porém na preparação foram tomados cuidados especiais como secagem à 40° C, para a retomada futura das análises.
- Os serviços deverão ter uma continuidade de forma a estabelecer mais parâmetros importantes para um diagnóstico completo dos sedimentos superficiais da área, tais como: análise dos compostos orgânicos; estudo da biodisponibilidade de elementos e toxicidade dos sedimentos; avaliação da biota (testes de mortalidade e química dos organismos); quantificação de sedimentos contaminados.
- É importante a conexão deste trabalho com um estudo de manejo de bacias e monitoramento ambiental. A região metropolitana do Recife possui características peculiares que permitem estabelecer uma metodologia nacional para áreas metropolitanas com presença de estuários.
- Para efeito comparativo é importante se estabelecer uma metodologia analítica padrão, similar a utilizada pela USEPA, pela grande quantidade de dados oriundos daquela entidade. A abertura das amostras deverá ser feita com ácido clorídrico a frio.

6.6 Referências Bibliográficas

ATSDR. **Tox FAQs Mercury September 1995**. Atlanta: Agency for toxic substances and disease registry. Division of toxicology, 1999. (pink6.htm) Disponível em: <<http://www.powerup.com.au/~nmanser/pink6.htm>> Acesso em: 26 mar. 1999.

INGERSOLL, C. G.; MacDONALD, D. D.; WANG, N.; CRANE, J. L.; FIELD, L. J.; HAVERLAND, P. S.; KEMBLE, N. E.; LINDSKOOG, REBEKKA A.; SEVERN, C.; SMORONG, D. **Prediction of sediment toxicity using consensus-based freshwater sediment quality guidelines**. Washington: United States Geological Survey, 2000. 25p. (EPA 905/R-00/007) Disponível em: <<http://www.cerc.usgs.gov/pubs/center/pdfdocs/91126.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2003.

LINS, C. A. C.; ASSIS, H. M. B. de. Caracterização geoquímica da Lagoa Olho D' Água, Região Metropolitana do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 6, 1997, Salvador. **Anais**. Salvador: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1997. 2v. v.1 p.61 - 64

LINS, C. A. C.; WANDERLEY, A. A. Distribuição de mercúrio em drenagens ao Norte do Recife, estado de Pernambuco. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LINGUA PORTUGUESA, 5, 1999, Porto Seguro/CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7, 1999, Porto Seguro. **Anais**. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1999. 664p. p.119 - 121.

NOAA SQUIRTs. **Screening quick reference tables**. Washington, 1999. 12p. Disponível em < <http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/squirt.pdf> > Acesso em 12 fev. 2003.

USEPA. **The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the United States – Volume 1 – National sediment quality survey**. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1997. (EPA.823-R-97-006) Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/cs/congress.html>> Acesso em: 12 fev. 2003.

WANDERLEY, A. A.; LINS, C. A. C. Caracterização geoquímica preliminar da área ao Norte do Recife, estado de Pernambuco. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LINGUA PORTUGUESA, 5, 1999, Porto Seguro/CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7, 1999, Porto Seguro. **Anais**. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1999. 664p. p.202 - 204.

6.7. Anexos (tabelas e figuras)

Tabela 6.1 - Parâmetros limiares de qualificação de sedimentos

ELEMENTOS	(1) CBP	(2) SQUIRT	(3) EPA (AET_L - AET_H)	(4) EPA (ERL - ERM)	(5) EPA (TEL - PEL)	(6) EPA NHQ	(7) FDA G/A/TL
Al (%)		1,8				-	-
Ag (ppm)		4,5	6,1 - 6,1	1 - 3,7	0,733 - 1,77	54	-
As (ppm)	33	17	57 - 700	8,2 - 70	7,24 - 41,6	3,2	6,8
B (ppm)	-	-	-	-	-	970	-
Ba (ppm)	-	-	-	-	-	750	-
Be (ppm)	-	-	-	-	-	54	-
Ca (%)	-	-	-	-	-	-	-
Cd (ppm)	4,98	3	5,1 - 9,6	1,2 - 9,6	0,676 - 4,21	5,4	3
Co (ppm)	-	(10)	-	-	-	-	-
Cr (ppm)	111	95	260 - 270	81 - 370	52,3 - 160	54	11
Cu (ppm)	149	86	390 1300	34 - 270	18,7 - 108	400	-
Fe (%)	-	18,84	-	-	-	-	-
F (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Hg (ppb)	1060	560	590 - 2100	150 - 710	130 - 696	1100	1000
K (%)	-	-	-	-	-	-	-
La (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Li (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Mg (%)	-	-	-	-	-	-	-
Mn (ppm)	-	1100	-	-	-	54	-
Mo (ppm)	-	-	-	-	-	54	-
Na (%)	-	-	-	-	-	-	-
Ni (ppm)	48,6	43	-	20,9 - 51,6	15,9 - 42,8	220	70
P (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Pb (ppm)	128	127	450 - 660	46,7 - 218	30,2 - 112	-	1,3
Sb (ppm)	-	3	150 - 200	-	-	4,3	-
Sc (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Se (ppm)	-	4,5	-	-	-	54	-
Sn (ppm)	-	3400	-	-	-	6500	-
Sr (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Te (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Ti (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
V (ppm)	-	(57)	-	-	-	75	-
Y (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
W (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
Zn (ppm)	459	520	410 - 1600	150 - 410	124 - 271	3200	-
Zr (ppm)	-	-	-	-	-	-	-

(10) - Valor obtido para sedimentos marinhos

(1) CBP - Consensus based PEC (probable effect concentration), INGERSOLL et al., 2000

(2) SQUIRTs - Screening quick reference tables, NOAA, 1999

(3) (AET_L - AET_H) - Apparent effects treshhold-low - Apparent effects treshhold-high - sedimentos estuarinos Barrick et al., 1988 (cit. USEPA, 1997)

(4) (ERL - ERM) - Effects range-low - Effects range-median - sedimentos marinhos e estuarinos Long et al., 1995 (citado em USEPA, 1997)

(5) (TEL - PEL) - Treshold effects level - Probable effects level - sedimentos marinhos e estuarinos FDEP, 1994 (citado em USEPA, 1997)

(6) NHQ - Noncancer hazard quotient = 1, em peixes USEPA, 1997

(7) FDA (G/A/TL) - Food and Drug Administration - Guidance/Action/Tolerance level USFDA, 1993 (citado em USEPA, 1997)

Tabela 6.2 – Sumário dos estimadores dos dados geoquímicos

ELEMENTOS	G D	LIMIAR	MÁX.	MÍN.	MÉDIA	MED	G (LSD)	L (LID)
Al (%)	114/114	-	1.899	0,066	0,712	0,71	0	0
Ag (ppm)	006/114	4,5	10,200	0,600	3,700	1,30	0	108 (0,2)
As (ppm)	109/114	33	17,804	0,416	1,775	1,39	0	5 (0,5)
B (ppm)	114/114	-	179,460	2,902	20,665	18,87	0	0
Ba (ppm)	114/114	-	207,800	1,942	61,870	48,65	0	0
Be (ppm)	092/114	-	2,070	0,052	0,344	0,26	0	22 (0,1)
Bi (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-
Ca (%)	113/114	-	8,362	0,007	0,217	0,05	0	1 (0,01)
Cd (ppm)	113/114	4,98	14,730	0,108	1,211	0,93	0	1 (0,1)
Co (ppm)	114/114	-	26,660	0,070	2,859	1,98	0	0
Cr (ppm)	114/114	111	120,620	0,634	17,425	14,11	0	0
Cu (ppm)	112/114	149	664,600	0,594	18,151	6,63	0	2 (1)
Fe (%)	113/114	-	9,200	0,100	1,670	1,55	1 (5)	0
F (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-
Hg (ppb)	NA	1060	-	-	-	-	-	-
K (%)	070/114	-	0,250	0,016	0,070	0,06	11 (1)	33 (0,01)
La (ppm)	095/114	-	44,960	0,532	11,225	9,97	0	19 (1)
Li (ppm)	102/114	-	23,800	0,078	5,187	3,20	0	12 (0,1)
Mg (%)	083/114	-	0,175	0,005	0,067	0,07	0	31 (0,01)
Mn (ppm)	114/114	-	2920,000	2,000	173,421	66,00	0	0
Mo (ppm)	047/114	-	4,600	0,152	0,785	0,32	0	67 (0,2)
Na (%)	078/114	-	0,604	0,015	0,056	0,02	0	36 (0,02)
Ni (ppm)	114/114	48,6	57,500	0,310	4,420	2,95	0	0
P (ppm)	114/114	-	1911,400	12,716	391,654	255,60	0	0
Pb (ppm)	114/114	128	198,120	1,368	11,975	8,20	0	0
Sb (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-
Sc (ppm)	088/114	-	16,616	0,486	2,578	1,94	0	26 (0,5)
Se (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-
Sn (ppm)	107/114	-	44,060	0,458	2,019	1,17	0	7 (0,5)
Sr (ppm)	114/114	-	828,600	0,628	19,495	8,05	0	0
Te (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-
Ti (ppm)	113/114	-	1291,400	10,522	224,901	175,34	0	1 (10)
V (ppm)	114/114	-	79,400	1,324	27,355	25,68	0	0
Y (ppm)	114/114	-	17,192	0,310	4,527	3,99	0	0
W (ppm)	072/114	-	15,534	0,464	2,086	1,08	0	42 (0,5)
Zn (ppm)	114/114	459	301,400	3,048	38,559	22,27	0	0
Zr (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-	-

ELEMENTOS (1)	G D	MÁX.	MÍN.	MÉDIA	MED	G (LSD)	L (LID)
Al (%)	57/61	1,100	0,010	0,511	0,48	0	4 (0,01)
Ag (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (0,5)
As (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (3)
B (ppm)	NA	-	-	-	-	-	-
Ba (ppm)	50/61	26,000	1,200	7,668	4,90	0	11 (1)
Be (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (1)
Bi (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (10)
Ca (%)	49/61	1,800	0,010	0,316	0,06	0	12 (0,01)
Cd (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (1)
Co (ppm)	60/61	16,000	1,000	4,015	3,25	0	1 (1)
Cr (ppm)	56/61	26,000	1,800	10,605	9,55	0	5 (1)
Cu (ppm)	61/61	71,000	0,700	5,964	4,80	0	0
Fe (%)	61/61	2,300	0,060	0,781	0,72	0	0
F (ppm)	61/61	390,000	42,000	145,967	115,00	0	0
Hg (ppb)	24/61	775,000	50,000	257,328	25,00	5 (1000)	32 (50)
K (%)	34/61	0,080	0,010	0,034	0,03	0	27 (0,01)
La (ppm)	16/61	20,000	10,000	14,750	14,50	0	45 (10)
Li (ppm)	15/61	6,500	1,000	2,060	1,30	0	46 (1)
Mg (%)	36/61	0,250	0,010	0,073	0,04	0	25 (0,01)
Mn (%)	60/61	0,310	0,030	0,084	0,08	0	1 (0,01)
Mo (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (2)
Na (%)	19/61	1,300	0,010	0,412	0,27	0	42 (0,01)
Ni (ppm)	61/61	222,000	2,700	11,300	5,80	0	0
P (%)	55/61	0,180	0,010	0,051	0,05	0	6 (0,01)
Pb (ppm)	59/61	156,000	2,000	8,805	5,50	0	2 (2)
Sb (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (5)
Sc (ppm)	05/61	1,900	1,200	1,540	1,50	0	56 (1)
Se (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (1)
Sn (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (10)
Sr (ppm)	60/61	128,000	0,600	17,862	3,50	0	1 (0,5)
Te (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (10)
Ti (%)	14/61	0,020	0,010	0,014	0,01	0	47 (0,01)
V (ppm)	28/61	18,000	5,200	8,211	7,50	0	33 (5)
Y (ppm)	38/61	14,000	1,100	3,186	2,20	0	23 (1)
W (ppm)	0/61	-	-	-	-	-	61 (10)
Zn (ppm)	61/61	79,000	1,100	12,651	7,90	0	0
Zr (ppm)	53/61	12,000	1,100	2,783	2,00	0	8 (1)

(1) – Dados de Lins & Wanderley, 1999 e Wanderley & Lins (1999)

NA – Não analisado

GD – Grau de detecção

G – Maior que (LSD – Limite superior de detecção) L – Menor que (LID – Limite inferior de detecção)

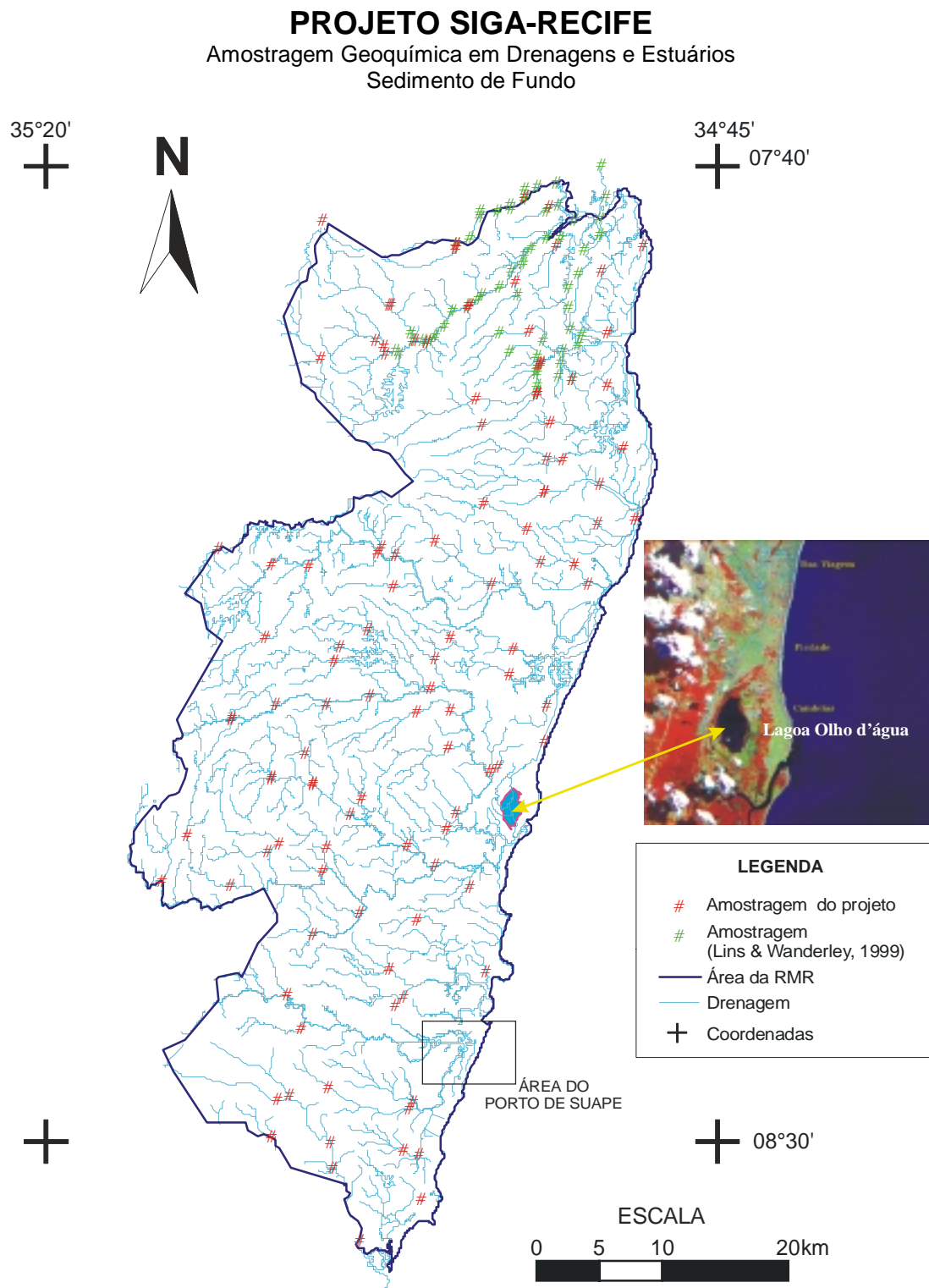


Figura 6.1 – Mapa de localização dos pontos amostrados

PROJETO SIGA-RECIFE

Amostragem Geoquímica em Drenagens e Estuários
Anomalias em Sedimento de Fundo

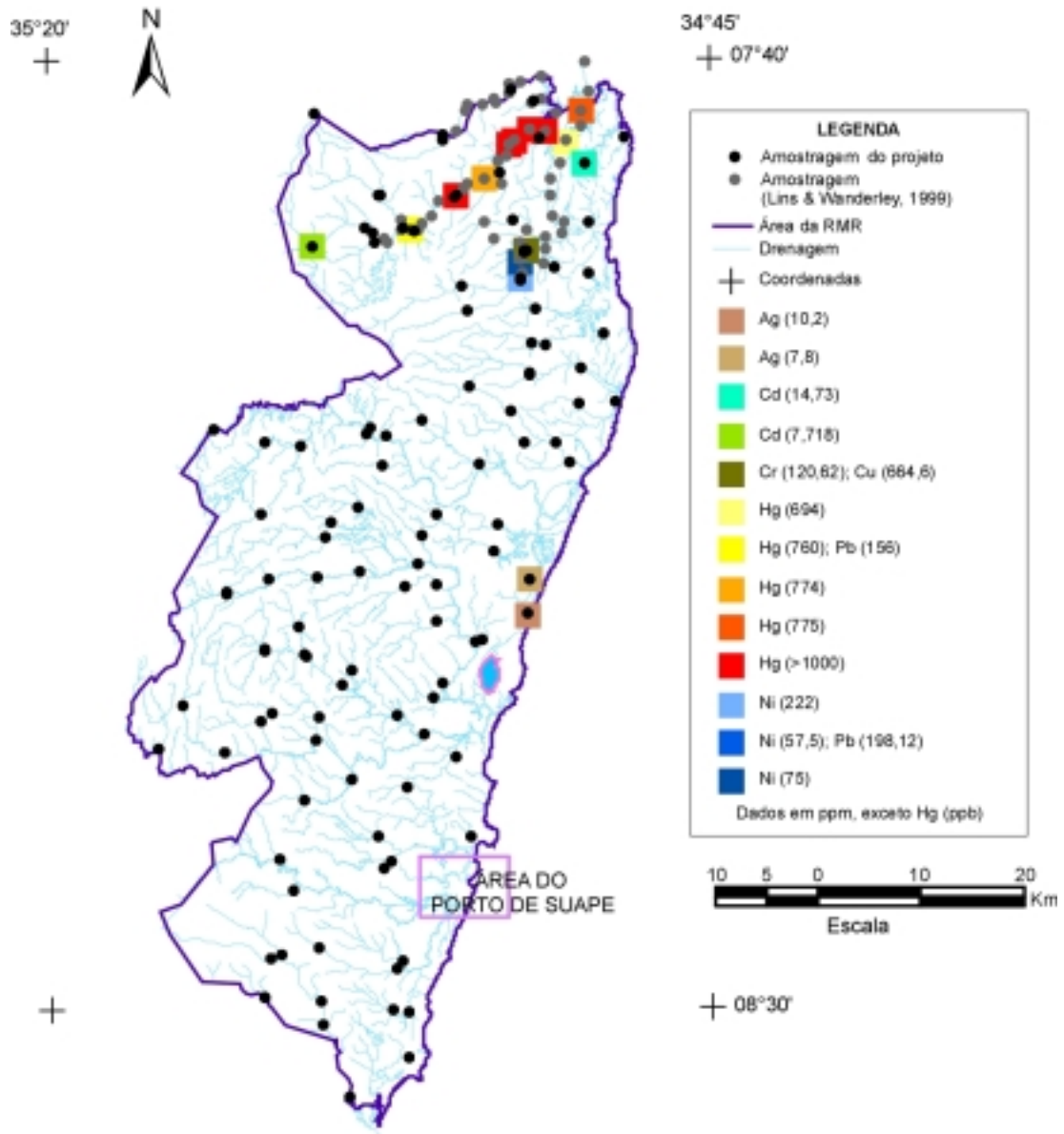


Figura 6.2 – Mapa de pontos anômalos

CAPÍTULO 7

MINERAÇÃO E O MEIO AMBIENTE

Luiz Carlos de Souza Júnior

7.1 Introdução

O capítulo A Mineração e o Meio Ambiente na Região Metropolitana do Recife é parte integrante do Projeto Siga Recife, tendo como objetivo principal a identificação dos efeitos da ação antrópica da atividade extrativa mineral sobre o meio ambiente. Foram ainda feitas abordagens sobre os conflitos da atividade mineral e a preservação ambiental e do binômio mineração e desenvolvimento sustentável.

O trabalho de campo abrangeu todos os municípios da RMR e as atividades de extração de areia no município de Goiana, vizinho da RMR, na Mata Norte do estado, em razão da grande influência dessa produção no mercado de agregados da construção civil.

7.2 Metodologia de Trabalho

Os trabalhos foram desenvolvidos em escritório e no campo. Em escritório, eles consistiram na aquisição de documentação técnica e pesquisa bibliográfica, que serviram de planejamento dos trabalhos de campo e das abordagens de conotações teórica e conceitual.

Os trabalhos de campo consistiram na obtenções *in loco* de informações tanto do setor produtivo, como dos seus efeitos ao meio físico e biológico. Para tal, foi elaborada uma ficha de cadastramento com os campos a serem preenchidos tanto por observação direta, como através de informações de terceiros, ligados direta ou indiretamente à atividade. As informações constantes nas fichas foram armazenadas no banco de dados do GIS BRASIL e, por serem georeferenciadas foram plotadas em mapa.

Os campos da ficha de cadastramento, visaram, basicamente, colher informações da empresa responsável pela extração e quando possível, dados operacionais da lavra e identificar os impactos ambientais decorrentes da atividade. O resultado dos trabalhos de campo permitiram definir o perfil da mineração na Região, do seu passivo ambiental e do mercado de agregados da construção civil na RMR e seu entorno.

7.3 Mineração e Meio Ambiente

Os minerais e a humanidade interagem desde os tempos mais remotos, quando a evolução do homem era determinada pelo manuseio dos minerais: Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro e Idade do Cobre. Esta interação evoluiu aos tempos atuais e se relaciona intimamente com os crescimentos econômico e demográfico e a qualidade de vida da população. No caso dos minerais agregados da construção civil, a mineração tem um forte componente social, como instrumento decisivo no combate ao déficit habitacional nos grandes centros urbanos, situação em que a RMR está inserida.

Sob o ponto de vista econômico, o setor mineral se constitui num segmento de suma importância como fonte de riqueza e gerador de empregos diretos, dotado de um forte poder multiplicativo de empregos indiretos. A participação do setor no PIB nacional, expressam valores que carecem de ser explicados: no estágio de produção de insumos, a indústria extrativa mineral participa com apenas 2% do Produto Interno Bruto, já como indústria de transformação alcança o índice de 27% do agregado e, em se somando esses valores de participação àqueles de bens de capital e de consumo deles derivados, alcança expressivos 60% do PIB.

Por outro lado, na atualidade a preocupação com a qualidade do meio ambiente tem transcendido ao mundo técnico e científico passando a ser uma inquietude cotidiana da sociedade como um todo. Tal interesse é tanto maior quanto mais alto é o nível de desenvolvimento do país e maior a consciência do caráter esgotável e de escassez de muitos dos recursos naturais.

Essa consciência, que se tem das limitações de recursos naturais e de outros elementos dos ecossistemas, obriga a sociedade produtiva exercitar capacidade inventiva de atender a demanda presente e futura das matérias primas minerais, essenciais ao progresso, e manter o equilíbrio de conservação do patrimônio natural.

No Brasil, um dos marcos da legislação ambiental foi a resolução do CONAMA 001/86 quando definiu os empreendimentos passíveis de ter o Licenciamento ambiental, e a mineração foi incluída nessa condição, contemplando inclusive os minerais de classe II, de emprego direto na construção civil.

Vale ressaltar que algumas características da atividade mineral dificultam a sua convivência com os instrumentos de proteção ambiental. O Poder Judiciário, através das Curadorias do Meio Ambiente, exerce um papel impeditivo das atividades. Dentre outras, destaca-se o posicionamento geográfico das localizações das jazidas, formadas pela ação da natureza geológica, tendo muitas vezes que disputar o espaço com outros interesses, como urbanização, agricultura, áreas de importância paisagística etc. Outra peculiaridade de cunho mais abrangente, é a condição de explorar um recurso natural não renovável e, portanto, exaurível, conflitando, na essência, com o conceito atual de desenvolvimento sustentável.

As minerações em áreas urbanas como na RMR, com uma grande quantidade de extrações de minerais de uso na construção civil, se processam a céu aberto e com alta velocidade de produção, face sua simplicidade operacional. Este aspecto pronuncia com grande rapidez e de forma objetiva, o lado pernicioso da atividade, pelos efeitos da ação antrópica sob a forma dos desmatamentos, desmoronamentos, erosões, impactos paisagísticos - poluição de caráter intangível, que varia de importância dependendo do espectador e de sua localização - ruídos, poluição do ar e sonora etc. Ao contrário, os seus efeitos positivos têm ação retardada e se apresentam de forma subjetiva, nem sempre percebidos pela sociedade. Esta situação desfavorável necessita de ações que visem reverter a imagem da mineração, coordenadas pelas entidades públicas e privadas envolvidas direta e/ou indiretamente com o setor.

7.4 A Mineração e o Desenvolvimento Sustentável

A sociedade atual está investida de uma grande responsabilidade pelo futuro do planeta e das gerações futuras, questionando o tradicional conceito de desenvolvimento a qualquer custo. Neste contexto, foi definido no relatório da Comissão Bundland, elaborado em 1987, e amplamente discutido na Eco-92, no Rio de Janeiro, o conceito de "Desenvolvimento Sustentável", como sendo uma abordagem ao progresso que "atenda as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades", ou seja, as gerações futuras herdarão as mesmas riquezas das gerações que as precederam, principalmente no que se refere ao patrimônio natural.

Conforme já abordado anteriormente, a mineração explora recursos exauríveis, que não são renovados, ou seja, a futura geração não terá a mesma oportunidade de satisfazer as suas necessidades, o que lhe confere o caráter de atividade não sustentável.

Por outro lado, se faz necessário tecer comentário que se oferece como um alento mitigador dessa "não sustentabilidade". Embora se reconheça que os recursos minerais da Terra sejam finitos, sabe-se que a fração conhecida e pesquisada é extremamente pequena, o que sugere que sua exaustão está distante de ser atingida.

A compensação, dessa característica da mineração de não reposição dos recursos explorados, é possível através de três vertentes de ações que combinadas, permite as

mesmas oportunidades para as futuras gerações usufruírem para atender as suas necessidades. Estabelecer programas de *prospecção geológica, desenvolver tecnologia mineral e estudos de viabilidade econômica*, podem “criar” novas jazidas que compensem ser exploradas economicamente.

Os Programas de prospecção geológica se constituem numa ação com resultados concretos e de imediata contabilização, sendo atribuição principal dos Serviços Geológicos nacionais. De caráter mais subjetivo, os investimentos em tecnologia mineral concorrem para viabilizar materiais anteriormente considerados apenas estratégicos ou até mesmo sem utilidade. Um exemplo típico foi a implantação da tecnologia de pelotização do minério de ferro, que viabilizou as frações finas produzidas nos circuitos de cominuição, aumentando assim, de forma indireta, as reservas do minério. Por fim, os estudos de viabilidade econômica também podem tornar aproveitáveis reservas antes sem aproveitamento, por uma pseudo inviabilidade econômica.

7.5 A Mineração na Região Metropolitana do Recife

A atividade mineral na RMR, a exemplo das demais regiões metropolitanas, são representadas em grande número pelas extrações de minerais de uso imediato na construção civil. Embora não tenha sido objeto deste capítulo, a indústria de água mineral se constitui num importante segmento do setor mineral na RMR. Vale ressaltar também, que no passado, foi significativa a exploração de fosfato nos municípios de Olinda e Paulista, inviabilizada por questões de mercado e pelo desordenado crescimento da área urbana desses municípios.

As extrações dos minerais agregados de construção civil, de argila (**Foto 6.1**), de areia em terraços (**Foto 6.2**), de areia em leito de rio (**Foto 6.3**), pedras britadas (**Foto 6.4**) e as pedras de talhe (**Foto 6.5**), representam o setor extrativo mineral da RMR.



Foto 6.1 – Extração de argila em São Lourenço da Mata



Foto 6.2 – Extração de areia em terraços pleistocênicos em Jaboatão dos Guararapes



Foto 6.3 – Extração de areia no trecho do Rio Ipojuca nas terras do Engenho Orangi, município de Ipojuca



Foto 6.4 – Extração de rochas para brita, da Usibrita em Jaboatão dos Guararapes



Foto 6.5 – Extração artesanal de pedra de Talhe, em Muribeca, Jaboatão dos Guararapes

As extrações minerais não estão distribuídas de forma regular, sendo o município de Jaboatão dos Guararapes, o que mais registrou número de ocorrências das atividades, e Olinda, onde menos extrações foram cadastradas.

A principal característica dessas lavras é o caráter informal dos processos de extração, onde a condução dos trabalhos ocorre sem a mínima orientação técnica, salvo nas pedreiras de maior porte, onde há um certo controle. São relegados, principalmente, os cuidados com a segurança e a recuperação das áreas mineradas, bem como com a boa

técnica de extração. As características das agressões de cada atividade serão abordadas em capítulos específicos.

7.6 Os Impactos Ambientais na Região Metropolitana do Recife

7.6.1 Desmatamento

O desmatamento (**Foto 6.6**) é a ação antrópica mais freqüente nas extrações executadas a céu aberto, excetuando-se as de pedra de talhe e as de areia em leitos de rio. Todas as demais atividades realizam esta prática, até certo ponto inevitável, na fase de dcapeamento para liberação dos horizontes inferiores, alvo de sua exploração. Esta operação se realiza com equipamentos de terraplenagem, em curto espaço de tempo e de grande potencial poluidor.



Foto 6.6 – Área desativada de extração de areia em São Lourenço da Mata, evidenciando a ação de desmatamento.

O desmatamento produz impactos tanto ao meio físico (solo), como ao biológico (flora e fauna), interferindo de forma perniciososa no equilíbrio das interações e na permuta de elementos através das reações químicas, físicas e biológicas, que dão suporte e nutrição aos solos.

O desmatamento ainda produz outras formas de impacto, como a redução e até a extinção do banco de sementes das espécies vegetais nativas, a redução da fertilidade do solo pela mistura da camada orgânica com outros materiais estéreis e perdas dos nutrientes pela ação da erosão gerada pela falta de fixação do solo, por conta da retirada das raízes dos vegetais, e impacto da paisagem natural, cujo efeito é agravado pela proximidade das extrações das vias de acesso e de áreas urbanizadas.

7.6.2 Instabilização de Talude

Os desmoronamentos (**Foto 6.7**) são eventos muito comuns em lavras conduzidas sem uma orientação técnica habilitada. Ocorrem basicamente pela instabilidades dos taludes, e seus efeitos se reproduzem negativamente no meio ambiente na medida em que propiciam o transporte do material, normalmente inconsolidado, para terrenos mais baixos, causando

o assoreamento das drenagens na área de influência da atividade extrativa. Essa situação é freqüente nas lavras de argila, que estão distribuídas em toda RMR.



Foto 6.7 – Desmoronamento devido à instabilidade do talude em extração de argila desativada

Vale ainda lembrar, que as ocorrências de desmoronamentos em pedreiras, devidas à instabilidade de talude, aliadas a presença de fraturas no maciço, embora não se traduzam em prejuízo ambiental, tornam a área de lavra um ambiente inseguro para os trabalhadores da mina e para pessoas externas, principalmente em áreas desativadas.

O abatimento dos ângulos do talude e a sua estabilização em extrações de argila, e o controle estrutural das fraturas dos maciços em pedreiras, são medidas que previnem esses eventos.

7.6.3 Processos Erosivos

A erosão (**Foto 6.8**), normalmente provocada pelas águas pluviais e, subordinadamente pela ação eólica, é bastante freqüente nas extrações de argila. Trata-se de uma agressão favorecida pelo desmatamento da área minerada, que propicia a inconsolidação dos terrenos, e pela declividade dos terrenos e dos taludes, gerando tanto a infertilidade dos solos como o assoreamento das drenagens dentro do raio de influência da mineração.

Algumas medidas, para mitigação desses efeitos, podem ser executadas, como por exemplo: a revegetação da área minerada através do plantio de espécies nativas em solos orgânicos previamente estocados, associada com o abatimento do ângulo do talude e de trabalhos de terraplenagem com vistas à suavização topográfica e controle de drenagem das águas pluviais. Essas ações também contribuem para melhoria da paisagem remanescente.



Foto 6.8 – Erosão e desmoronamento em área desativada de extração de argila

7.6.4 Assoreamento

Além das formas de agressão, anteriormente abordadas, que resultam em assoreamento das drenagens (**Foto 6.9**) na área de influência das extrações - desmatamento, o aumento da erosão e desmoronamento -, as lavras de areia em leito de rio se constituem no principal agente desse tipo de impacto ambiental.



Foto 6.9 – Assoreamento das margens do rio devido a contínua extração de areia

A dragagem do material do fundo dos rios, modificando o seu relevo, de imediato produz alterações no seu regime, reduzindo a sua energia na área onde ocorreu a remoção do material, e a conseqüente ampliação nas suas margens. Essas alterações na corrente do rio provoca uma ação erosiva nos taludes das margens gerando o desprendimento de terras por escorregamento ou por ruptura, dependendo de sua altura, resultando no assoreamento do rio.

Outra forma de assoreamento devido à dragagem de areia em leito de rio se deve à grande geração de material em suspensão, que são transportados e depositados a jusante da extração. Essas formas de assoreamento são graves por terem como peculiaridade, um caráter irreversível do processo.

7.6.5 Poluição Aérea

A poluição aérea se deve à emissão na atmosfera de partículas (poeiras) ou gases, provocadas por arrasto eólico. Dentre as atividades mineiras da RMR, as extrações de brita ou pedreiras são as principais responsáveis por essa forma de poluição, causadora de danos à saúde da flora e da fauna, e dos núcleos habitacionais mais próximos.

As operações de perfuração e desmonte por explosivos (detonações) na lavra e as operações de britagem (primária e secundária) são os maiores geradores de resíduos e gases nas pedreiras. Em menor escala, as operações de manuseio do material, como transferência de carga, carregamento, transporte e estocagem, também são produtoras de resíduos.

Algumas medidas podem ser tomadas para minimizar e controlar os efeitos desses resíduos na atmosfera, tais como:

- Implantar cinturões verdes com vistas à retenção das poeiras e gases, localizados entre a área industrial e o ambiente externo, considerando a direção preferencial dos ventos. Essa medida é também de cunho mitigador ao impacto paisagístico, reduzindo o efeito psicológico gerado pela atividade.
- Eliminar as gerações de poeiras na fonte, através de aspersão de água utilizando carros-pipa, nas áreas de transporte e pilhas de estoque, e redes aspersoras nos pontos de transferência de carga no circuito de britagem.
- Utilizar coberturas de lona nos veículos de transporte, dentro e fora da área industrial. Esta recomendação é extensiva às unidades de transporte de outras extrações.

7.6.6 Poluição Sonora

As vibrações e os atritos são os principais agentes provocadores de impacto sonoro às populações vizinhas das minerações em áreas urbanas. No contexto das atividades minerais da RMR, novamente as pedreiras são as maiores responsáveis pela produção desse efeito. Em uma escala bastante inferior, as pedras de talhe também podem contribuir com a poluição sonora.

As vibrações são geradas nas pedreiras de maior porte, em detonações por explosivos para desmontes de rocha e o atrito, pelos diversos equipamentos da usina de britagem – britadores primários e secundários, unidades de peneiramento e classificação granulométrica etc – e pontos de transferência de carga. Nas extrações de pedra de talhe,

além das detonações serem em número bem menor, elas produzem efeito reduzido devido à baixa força dos explosivos, fabricados artesanalmente no próprio local da extração.

Nas outras atividades, como as extrações de argila e areia, onde apenas as unidades de carregamento e transporte geram ruído, estes só têm alguma significação quando muito próximas das populações.

Dentre as medidas para redução dos efeitos da poluição sonora, também, a exemplo da poluição aérea, a implantação dos cinturões verdes, localizados entre a área industrial e as construções residenciais, é a principal recomendação.

7.6.7 Danos e Riscos de Contaminação dos Aquíferos

As extrações de areia nas aluviões, não só removem parte dos aquíferos livres como também expõem o substrato, no meio poroso ou trabalhado, exacerbando os riscos de contaminações.

Essas extrações, normalmente têm como causa principal de sua paralisação a exposição desses aquíferos quando a lavra atinge a cota de seu nível estático, permitindo várias formas de contaminação. Em algumas situações, em áreas de maior viabilidade econômica se liberam mais horizontes de material para serem lavrados, bombeando a água e rebaixando o seu nível.

Essa forma de agressão, é de caráter irreversível, sendo necessário um estudo prévio da relação custo/benefício, para definir não só a viabilidade econômica bem como o passivo ambiental do empreendimento e as obras mitigadoras. As explorações de areias brancas nos terraços holocênicos e pleistocênicos, são feitas de forma predatória, sendo retiradas até chegar ao substrato, em alguns casos expondo o próprio arenito da Formação Beberibe.

Os agentes poluidores podem atingir continuamente os níveis mais profundos dos aquíferos porosos, notadamente na zona de recarga, sendo previsível um dano irreversível na qualidade das águas subterrâneas. Este problema pode tornar-se perigoso quando se trata do aquífero Beberibe, reservatório natural em subsuperfície, intensamente explorado na área norte da RMR, não só pela COMPESA para abastecimento público, como também pelas empresas de água mineral, ambas utilizando poços tubulares profundos.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede

SGAN Quadra 603 - Conjunto "J" - Parte A - 1º andar
CEP: 70830-030 - Brasília - DF
Telefones: (61)224-2069 - (61)226-3930 (PABX)
Fax: (61)225-3985

Escritório Rio de Janeiro

Av. Pasteur, 404 - Urca - CEP: 22292.040
Rio de Janeiro - RJ
Telefones: (21)2295-5337 - (21)2295-5382 (PABX)
Fax: (21)2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Telefone: (21)2295-8248
Fax: (21)2295-5804
E-Mail: ribeiro@rj.cprm.gov.br

Departamento de Hidrologia

Telefone: (21)2295-4546
Fax: (21)2295-6347
E-Mail: peixinho@cprm.gov.br

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Telefone: (21)2295-5837
Fax: (21)2295-5947
E-mail: manoelbarretto@rj.cprm.gov.br

Divisão de Documentação Técnica

Telefones: (21)2295-5997
Fax: (21)2295-5897
E-Mail: seus@rjl.cprm.gov.br

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 – Marco
CEP: 66095-110 - Belém - PA
Telefones: (91)226-0016 - (91)246-8577 (PABX)
Fax: (91)246-4020
E-Mail: cprmbe@cprmbe.gov.br

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 – Funcionários
CEP: 30140-002 - Belo Horizonte - MG
Telefones: (331)261-3037 - (331)261-5977 (PABX)
Fax: (331)261-5585
E-Mail: cprmbh@estaminas.com.br

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
CEP: 74170-110 - Goiânia - GO
Telefones: (62)281-1342 - (62)281-1522 (PABX)
Fax: (62)281-1709
E-mail: cprmgo@zaz.com.br

Superintendência Regional de Manaus

Av. André Araújo, 2160 - Aleixo
CEP: 69065-001 - Manaus - AM
Telefones: (92)663-5533 - (92)663-5640 (PABX)
Fax: (92)663-5531
E-Mail: suregma@cprm-ma.com.br

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
CEP: 90840-030 - Porto Alegre - RS
Telefones: (51)3233-4643 - (51)3233-7311 (PABX)
Fax: (51)3233-7772
E-Mail: cprm_pa@portoweb.com.br

Superintendência Regional do Recife

Avenida Sul, 2291 – Afogados
CEP: 50770-011 - Recife - PE
Telefone: (81)3428-0623/3428-8508
Fax: (81)3428-1511
E-Mail: cprm@fisepe.pe.gov.br

Superintendência Regional de Salvador

Av. Ulisses Guimarães, 2862
Centro Administrativo da Bahia
CEP: 41213.000 - Salvador - BA
Telefones: (71)230-0025 - (71)230-9977 (PABX)
Fax: (71)371-4005
E-Mail: cprmsa@cprmba.gov.br

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Costa, 55 – Cerqueira César
CEP: 01304-010 - São Paulo - SP
Telefone: (11)3258-4744
Fax: (11)8256-8430
E-Mail: cprmsp@uninet.com.br

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - 4º andar - Papicu
CEP: 60150-163 - Fortaleza - CE
Telefones: (85)265-1726 - (85)265-1288 (PABX)
Fax: (85)265-2212
E-Mail: refort@secrel.com.br

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques
CEP: 78904-300 - Porto Velho - RO
Telefones: (69)223-3165 - (69)223-3544 (PABX)
Fax: (69)221-5435
E-Mail: cprmrepo@enter-net.com.br

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul - CEP: 64001-570 - Teresina - PI
Telefones: (86)222-6963 - (86)222-4153 (PABX)
Fax: (86)222-6651
E-Mail: cprmrest@enter-net.com.br

