

FLUXOS SUBTERRÂNEOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA ALÇA RODOVIÁRIA DO ESTADO DO PARÁ.

Milton Antonio da Silva Matta¹ & Raimundo Oliver Brasil dos Santos²

INTRODUÇÃO

O presente artigo foi escrito com base no Diagnóstico Ambiental, parte do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA-RIMA, referente a implantação do projeto da Alça Rodoviária do Estado do Pará, financiado pelo Governo do Estado através da Secretaria dos Transportes, no período de setembro a dezembro de 1999 (SETRAN, 2000).

São apresentados aqui, dois aspectos de extrema relevância para a gestão integrada dos recursos hídricos no âmbito do Estado do Pará: os aspectos geométricos dos fluxos subterrâneos, através do estabelecimento de mapas potenciométricos para as águas subterrâneas; e a qualidade das águas superficiais da área em questão. Discute-se, principalmente, suas interações dinâmicas.

Apesar dos dados analisados não serem ainda suficientes para análises mais abrangentes e definitivas, acredita-se que os parâmetros hidrodinâmicos considerados possam, de certo modo, ter induzido os primeiros passos no conhecimento da interação dos fluxos superficiais e subterrâneos das águas da região.

O sistema hidrogeológico da região é constituído por sedimentos terciários-quaternários do Grupo Barreiras, com capeamentos localizados de sedimentos argilo-arenosos do Pós-Barreiras e pelos aluviões das planícies de inundação dos principais cursos de água. Todo este conjunto acha-se sobreposto ao pacote carbonático de idade oligo-miocênica da Formação Pirabas. Essas unidades geológicas formam um sistema aquífero único, cujas águas são captadas através de poços tubulares com profundidades que variam dentro do intervalo entre 30 e 300 metros.

Quanto às águas superficiais, a rede hidrográfica é composta pelos baixos cursos dos rios Guamá, Acará e Moju que acabam por desaguar na baía do Guajará (Figura 01). Neste trecho, suas bacias hidrográficas sofrem influência da dinâmica das marés semidiurnas da foz do Amazonas originando o Estuário Guajarino, cujas amplitudes podem alcançar os 4 metros. Suas influências chegam a atingir aproximadamente 100 km rio acima.

¹ Universidade Federal do Pará - Centro de Geociências - Caixa Postal 1611 - 66075-110 - Belém/PA

² Universidade Federal do Pará - Centro de Geociências - Caixa Postal 1611 - 66075-110 - Belém/PA

ÁREA DE ESTUDO

A área correspondente ao presente estudo abrange a região imediatamente ao sul da cidade de Belém, incluindo as bacias hidrográficas dos baixos cursos dos rios Guamá, Acará e Moju, o município de Barcarena e o complexo insular guajarino, no estuário homônimo, na desembocadura dos rios supracitados.

A área em questão conta com aproximadamente 4.800 km², sendo limitada pelos paralelos 1° 20' 00" S e 1° 45' 00" S e meridianos 48° 45' 00" W e 48° 10' 00" W (Figura 1).

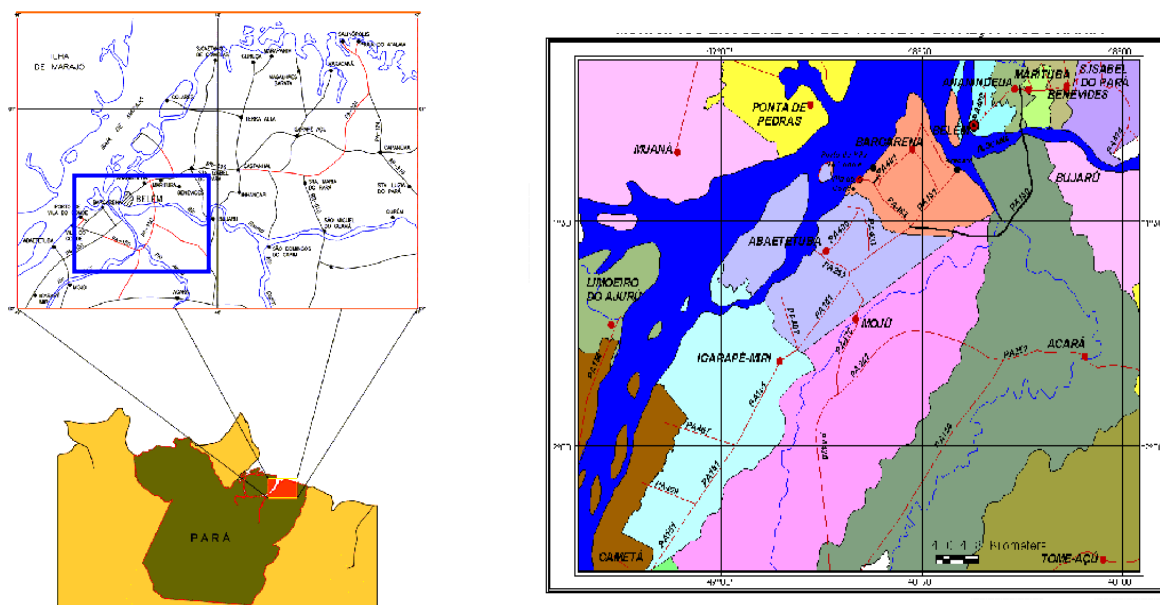


Figura 1- Localização aproximada da área (retângulo em destaque) e respectivos municípios envolvidos.

ASPECTOS CLIMÁTICOS.

Segundo NASCIMENTO (1995), a cidade de Belém, por sua posição geográfica, e de acordo com a classificação de Köppen, pertence a categoria climática “equatorial úmido” do tipo Af, cujas características principais são: altas temperaturas (sempre acima de 18^o C), ventos de baixa velocidade intercaladas com freqüentes momentos de calmaria, altos índices de umidade relativa do ar e precipitação abundantes, oscilando entre 1.500 e 3.000 mm anuais.

Em toda a área, as variações das temperaturas são de 26 a 27°C, correspondentes as médias anuais, de 23 a 24°C para as médias mínimas anuais e de 31 a 32°C para médias máximas anuais.

A precipitação na região equatorial é o elemento meteorológico que mais define o clima. O comportamento da precipitação em Belém e adjacências, é expresso por um período chuvoso (dezembro a maio) e um período seco ou menos chuvoso (junho a novembro).

O mês de maior precipitação é o mês de março e o de menor precipitação é novembro, seguido de outubro, com pequena variação entre os dois (Figura 2).

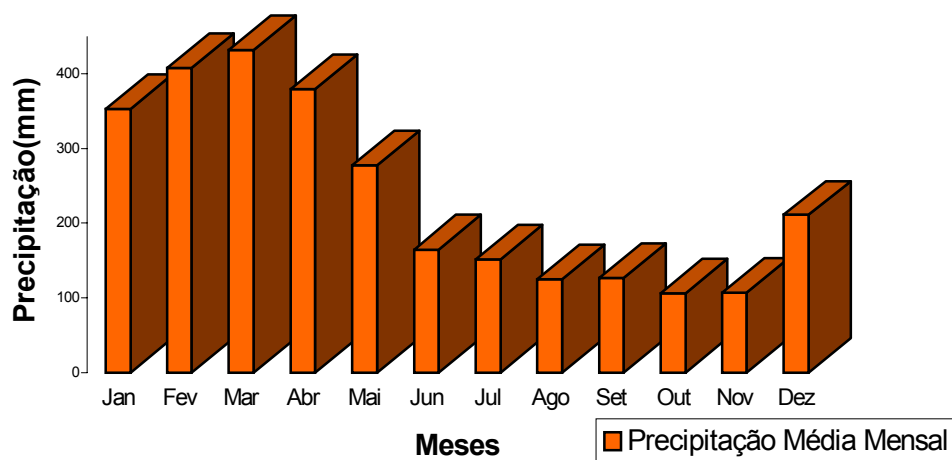


Figura 2- Distribuição da Precipitação Média Mensal da Região de Belém e Adjacências (Moraes, 1999).

Outro aspecto importante na determinação das condições climáticas locais é a velocidade e direção dos ventos. Segundo dados do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura (normal climatológica de 1931/1960), as maiores freqüências anuais dos ventos em Belém são de Nordeste (29%), Norte (10%) Oeste (9%). As freqüências das demais direções são insignificantes. A velocidade média fica entre 2,6 e 2,9 m/s e a calmaria é de 45% nos 12 meses. Nos meses de setembro a novembro os ventos alísios de norte e nordeste podem alcançar velocidade de 25 nós.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

No sentido de investigar a qualidade das águas superficiais da área objeto deste trabalho, foi desenvolvida uma campanha de campo com, coleta de amostras em um conjunto de pontos previamente selecionados.

Foram alvo de coleta de água, os rios Guamá, Acará, Moju e o Ig. Dendê, nas proximidades de Vila do Conde, no município de Barcarena, totalizando 10 pontos amostrados, sendo 02 amostras coletadas no rio Guamá, 02 amostras no rio Acará, 04 amostras no rio Moju, 01 amostra no Ig. Dendê e 01 amostra nos arredores das instalações industriais da Albrás, leito de pequeno córrego que recebe as águas residuais da indústria de alumínio, conforme mapa anexo (Figura 3).

Tais amostras passaram por uma bateria de análises físico-químicas e bacteriológicas que após serem tratadas e interpretadas permitiram, em largos traços, que se tivesse uma idéia das características das águas da região.

As análises laboratoriais foram executadas no Laboratório de Análise de Água do Centro Tecnológico-Departamento de Engenharia Química/Divisão de Controle Ambiental, da Universidade Federal do Pará, e tratadas de acordo com os padrões técnicos estabelecidos pelo **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da AWWA**.

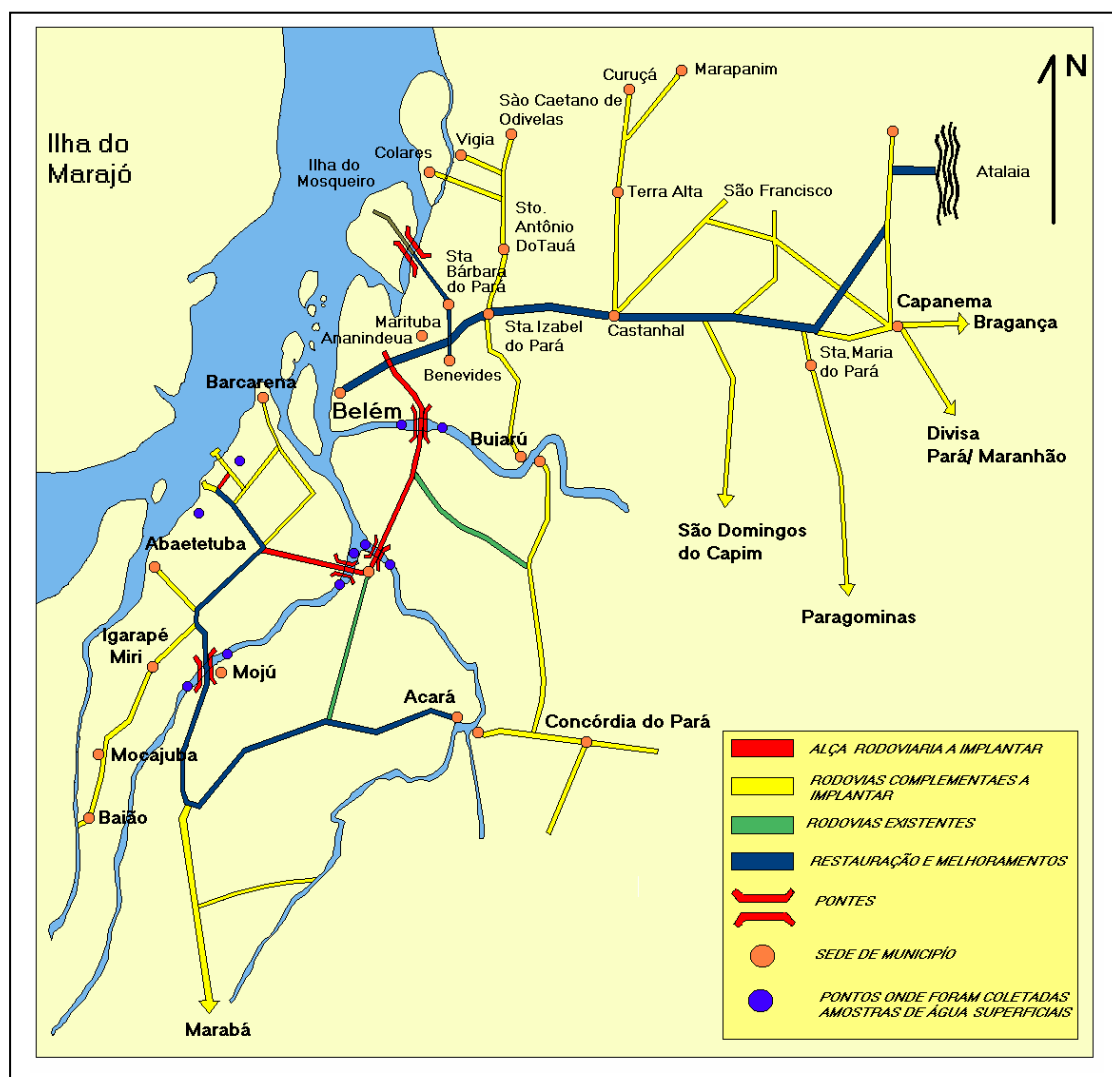


Figura 3- Mapa de localização da amostragem de água superficial.

A amostragem ocorreu durante as duas primeiras semanas de outubro/1999, correspondendo ao período mais seco da região.

Parâmetros Analisados e Resultados Obtidos

Nas campanhas de campo foram efetuadas determinações para avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Potabilidade, dos seguintes parâmetros: **Cor, pH, Sólidos totais, Turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura, Nitrogênio, Nitrito, Nitrato, Fosfato Total, Coliformes Totais e Coliformes Fecais e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**. Os resultados destas análises apresentam-se relacionados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados Gerais das Análises de Qualidade de Água.

Pontos de coletas

Parâmetros (Unidade)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Temperatura (°C)	29	29	29	29	29	29	29	29	30	29
PH	5,87	5,83	5,34	5,30	5,33	5,43	5,50	5,45	7,7	5,90
Cor (UC)	40	45	25	25	25	20	22	25	45	70
Turbidez (UNT)	17	16	7,1	8,4	8,6	8,8	6	6,5	9,9	14
OD (mg/L O ₂)	6,98	6,94	7,20	6,03	6,01	6,29	6,19	6,82	7,19	4,02
DBO (mg/L O ₂)	5	<5	6	5	7	<5	5	6	5	<20
Nitrogênio Amoniacal (mg/L Nam)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,0
Nitrito (mg/L N)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nitrato (mg/L N)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fosfato Total (mg/L P)	0,075	0,085	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,2
Sólidos totais (mg/L)	110	114	88	81	88	54	33	43	89	146
Coliformes totais (NMP)	2,4 x10 ³	9,3x10 ³	2,3x10 ³	2,3x10 ³	1,5x10 ³	7,5x10 ³	4,3x10 ²	4,3x10 ²	9,3x10 ²	9,3x10 ⁴
Coliformes fecais (NMP)	7,5x10 ²	4,3x10 ²	4,3x10 ²	4,3x10 ²	1,5x10 ²	9,3x10 ²	9,1x10	3,6x10	9,1x10	1,5x10 ³
Hora	11:25	11:13	16:25	16:17	17:22	17:00	9:40	9:57	13:00	13:45
Tempo	parc. nublado	Parc. Nublado	Nublado	nublado	nublado	nublado	parc. nublado	parc. nublado	parc. nublado	parc. nublado
OBS	Preamar	Preamar	Baixa mar	Baixa mar	Baixa mar	Baixa mar	Baixa mar	Baixa mar	Preamar	Preamar

Segundo a Resolução nº 20 do CONAMA de 1986, as águas doces destinadas à balneabilidade são avaliadas, em função dos valores relativos a coliformes totais e fecais, da seguinte forma:

- EXCELENTES (3 estrelas) : máximo de 250 coliformes fecais ou 1.250 coliformes totais;
- MUITO BOA (2 estrelas) : máximo de 500 coliformes fecais ou 2500 coliformes totais;
- SATISFATÓRIA (1 estrela) : máximo de 1000 coliformes fecais ou 5000 coliformes totais;
- IMPRÓPRIA : valores acima do anterior.

Portanto, considerando que as águas na região se destinam principalmente a balneabilidade, a situação é a seguinte:

IMPRÓPRIA	⇒	Amostra 10
SATISFATÓRIA	⇒	Amostras 01 e 06
MUITO BOA	⇒	Amostras 02, 03, 04 e 05
EXCELENTE	⇒	Amostras 07, 08 e 09

Índice de Qualidade das Águas

A legislação vigente sobre os padrões de qualidade de água no Brasil está associada à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20, de 18/06/86, 102, decreto nº 79.367, de 09/03/77, 120; Portaria nº 56-BSB, de 14/03/77, 122; NTA 60, 129. Resolução nº 25, de 1976, 132.

Segundo a resolução do CONAMA, as águas são divididas em doces, salobras e salinas e, segundo seus usos preponderantes, são classificadas em nove classes distintas.

Os pontos de água analisados enquadram-se na Classe 2, que são as águas destinadas a:

- abastecimento doméstico após tratamento convencional;
- proteção das comunidades aquáticas;
- recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Universalmente existem vários índices utilizados para determinar a qualidade das águas. Neste caso foi adotado o índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation - NSF, que vem sendo largamente utilizado pela CETESB.

Para o cálculo desse índice são necessários 9 parâmetros: oxigênio dissolvido, DBO₅, coliformes fecais, temperatura, pH, nitrogênio total, fosfato total, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro é utilizada a curva média correspondente.

Assim, o IQA é calculado segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}, \quad \text{onde,}$$

q é a qualidade obtida do gráfico correspondente, em função do valor medido (0 - 100), e w é o peso correspondente à variável, fixado em função da importância para a qualidade (0 - 1).

Desta maneira, a qualidade das águas doces, indicada pelo IQA dentro de uma escala de 0 - 100, pode ser classificada segundo as faixas (CETESB):

80 - 100 = qualidade ótima

52 - 79 = qualidade boa

37 - 51 = qualidade aceitável

20 - 36 = imprópria para tratamento convencional

00 - 19 = imprópria

Segundo esses parâmetros foi possível construir a Tabela 2 que mostra os valores e a classificação obtida para as águas superficiais dos pontos analisados.

Tabela 2 - Qualidade das Águas Superficiais da Área Estudada

AMOSTRA	DRENAGEM	VALOR OBTIDO	IQA CLASSIFICAÇÃO
01	Ponte sobre o rio Guamá (montante)	34,34	Imprópria para tratamento convencional
02	Ponte sobre o rio Guamá (jusante)	29,98	Imprópria para tratamento convencional
03	Ponte sobre o rio Acará (montante)	31,22	Imprópria para tratamento convencional
04	Ponte sobre o rio Acará (jusante)	33,45	Imprópria para tratamento convencional
05	Ponte sobre o rio Moju/foz (montante)	34,18	Imprópria para tratamento convencional
06	Ponte sobre o rio Moju/foz (jusante)	38,23	Aceitável
07	Ponte sobre o rio Moju (montante)	41,96	Aceitável
08	Ponte sobre o rio Moju (jusante)	42,12	Aceitável
09	Ig. Dendê – Vila do Conde	46,32	Aceitável
10	Riacho da Vila da Albrás	18,31	Imprópria

Embora se tenha realizado apenas uma campanha de amostragem para o estudo dessas águas superficiais, e tendo sido coletado apenas 10 amostras, os resultados analíticos para os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos obtidos, permitiram algumas considerações de caráter geral, como segue.

A Resolução CONAMA n.º20, de 18 / 06 / 96, considera que “o enquadramento dos corpos d’água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade”. O artigo 20 dessa Resolução diz que cabe aos órgãos competentes enquadrarem as águas e estabelecerem programas permanentes de acompanhamento da sua condição, bem como programas de controle de poluição, para efetivação dos respectivos enquadramentos.

A avaliação aqui apresentada para os Índices de Qualidade das Águas nos diversos pontos amostrados, apresentou valores que variaram de 18,31 (Imprópria) a 46,32 (Aceitável).

Essa grande variação, revelando até valores anômalos, reflete os diferentes graus de poluição na área, cuja maior intensidade, notoriamente, recaiu em uma única amostra coletada na Vila da Albrás, situação que parece estar relacionada a intensa atividade da indústria de alumínio. (Tabela 2).

Os resultados indicaram que as amostras dos pontos 01 a 05, referentes aos rios Guamá, Acará e foz do Moju, com valores entre 29,98 e 34,34, apresentam-se pouco menos poluídas. As águas do rio Guamá, apesar de coletadas a montante da cidade de Belém, mostram claramente a influência antrópica em suas águas, com altos valores de coliformes totais e fecais, isto em função da amostragem ter sido feita no período da preamar.

Bem melhores se apresentaram as águas dos pontos 06 a 09, referentes ao rio Moju na altura da cidade homônima e ao Ig. Dendê, na Vila do Conde. Os pontos 07, 08 e 09, para utilização como balneabilidade, foram consideradas como “Excelentes”.

Como já mencionado, é importante que se saliente que a amostragem ocorreu no período mais seco do ano, quando as águas encontram-se em seus níveis mais baixos, função da baixa pluviosidade. Tal situação contribui para a menor diluição dos agentes contaminantes nas águas e conseqüente aumento nos valores dos parâmetros analisados.

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na região, o gradiente hidráulico e a velocidade de escoamento das águas subterrâneas são, em geral, pequenos, devido ao relevo relativamente plano e de baixas altitudes, variando entre 5 a 15m no máximo, considerando ainda a presença generalizada de sedimentos argilosos de baixa permeabilidade.

As principais unidades aquíferas existentes na área, estão relacionadas aos sedimentos terciários, clásticos arenosos, argilo-arenosos e calcários das formações Barreiras e Pirabas, além dos sedimentos quaternários Pós-Barreiras e os aluviões das planícies de inundações dos principais cursos de água, distribuídos irregularmente em subsuperfície sob a forma de camadas ou lentes. Todo esse conjunto pode alcançar os 500m de espessura. No entanto, ao se excluir a formação Pirabas, essa espessura não deve exceder os 100m.

Condutividade Elétrica

Por ser esta propriedade de fundamental importância no que se relaciona a determinação do grau de salinidade da água e porque também associa diretamente à potabilidade para o consumo humano, foi considerada nesta pesquisa, com algumas amostras tendo sido analisadas.

Os valores para 10 amostras coletadas na área de Belém-Ananindeua (Figura 4), variaram entre os extremos 174,2 e 336 MS/cm. As amostras 01, 02, 03 e 10, apresentaram os menores valores (< 231), enquanto as de números 04 a 09 apresentaram os maiores valores (298).

Para a região de Moju-Vila do Conde, onde foram consideradas mais 10 amostras, os valores se mostraram muito mais baixos (Figura 5). Somente quatro destas apresentaram valores superiores a 230 MS/cm (amostras 01, 05, 06 e 09), todas as demais mostraram números bem inferiores.

Para o consumo humano, porém, todas as amostras analisadas se enquadram dentro do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA n.20 de 1986, não parecendo existir, em primeira mão, qualquer problema com as águas subterrâneas da região, apesar do pequeno número de amostras analisadas.

POÇOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COND. ELÉTRICA MS/cm	209	228	231	346	298	334	336	336	341	174,2

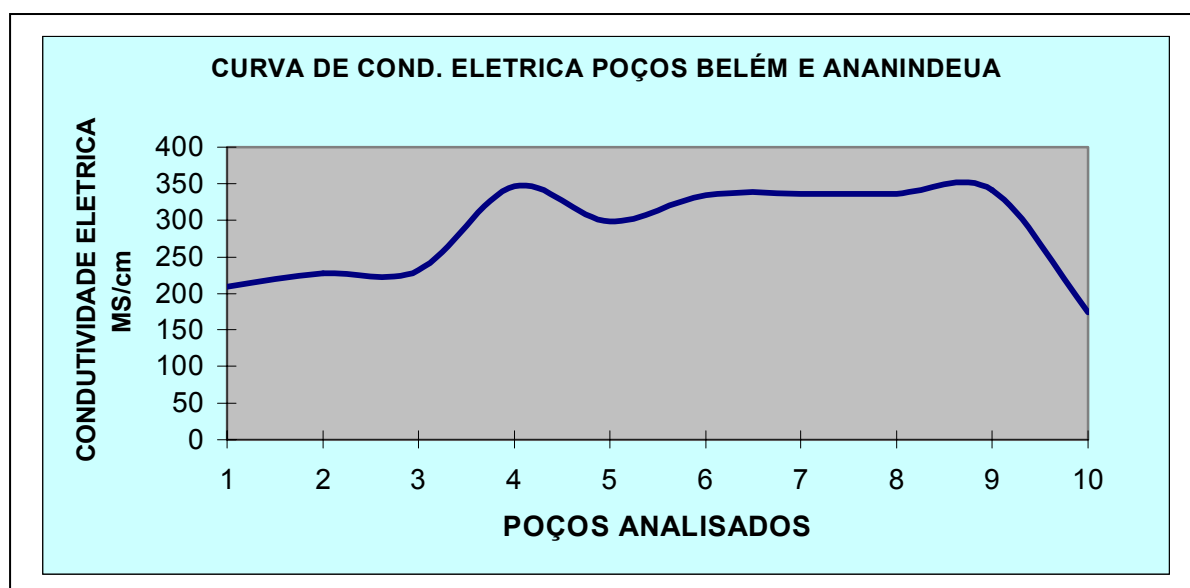


Figura 4- Variação de Condutividade Elétrica nas Águas Subterrâneas de Poços da Região de Belém-Ananindeua

POÇOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COND. ELÉTRICA MS/cm	340	228	196	140	316	279	230	220	311	224

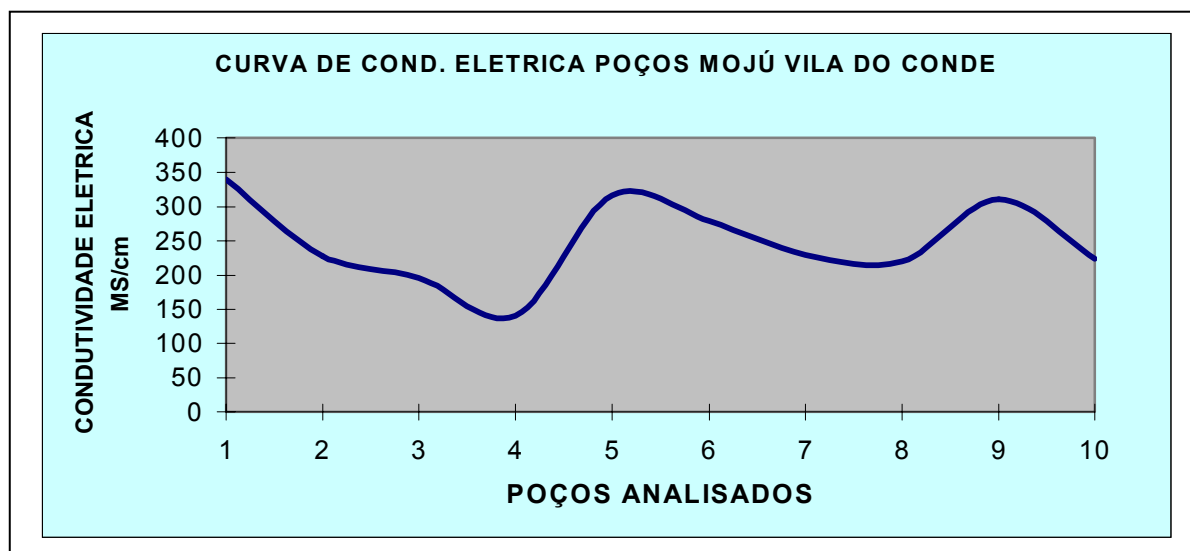


Figura 5- Variação de Condutividade Elétrica nas Águas Subterrâneas de Poços da Região de Moju – Vila do Conde.

Fluxos Subterrâneos

Para aquíferos que apresentem fluxos horizontais, como é o caso da região, é relativamente simples traçar as isolinhas equipotenciais para a representação da superfície potenciométrica. Para tanto, basta que se tenha um número suficiente de poços tubulares e que seja possível relacionar a topografia com profundidade do nível de água desses poços.

Apesar da exigüidade das informações existentes, foi possível se apresentar um esboço das curvas isopotenciométricas para cada uma das duas áreas em questão, usando dados de 80 e 35 poços tubulares, respectivamente, para as regiões de Belém-Ananindeua e Moju-Vila do Conde. Tais curvas que representam as condições de equilíbrio dos aquíferos, indicam a direção do fluxo no sentido do talvegue dos rios que compõem as bacias hidrográficas do rios Guamá, Acará e Moju (Figuras 6 e 7).

Como pode ser observado, na área de Moju-Vila do Conde, três altos são delineados pela superfície potenciométrica, e alinhados aproximadamente segundo a direção NE – SW, a partir da cidade de Moju para nordeste. Esses altos estão em torno de 14 a 16m de potencial e decrescem até cerca de 4m. Os valores mais altos correspondem, aproximadamente, aos altos topográficos e acompanham os divisores de águas superficiais.

Os blocos diagramas das Figuras 8 e 9 mostram a representação tridimensional das superfícies potenciométricas das duas áreas estudadas.

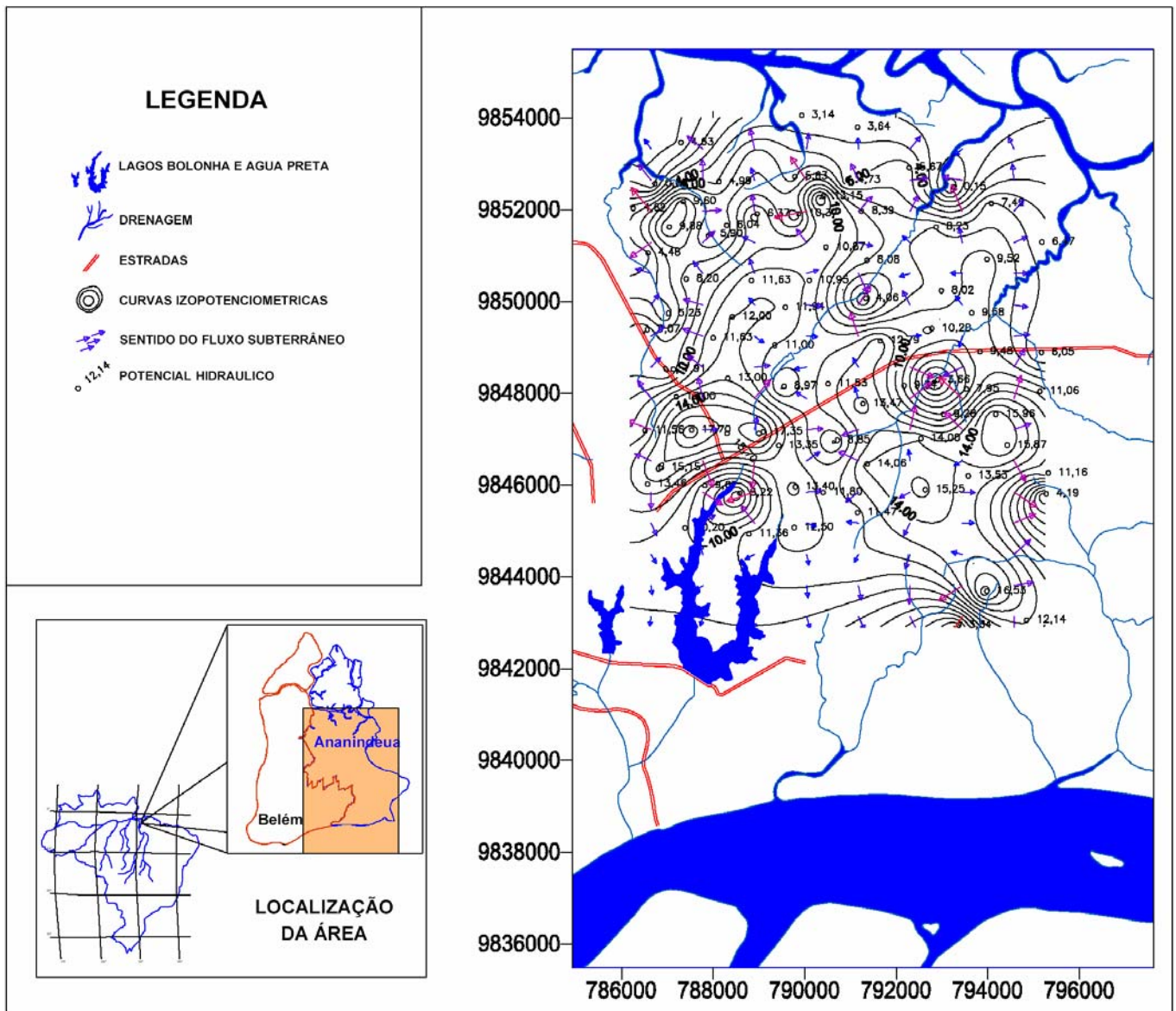


Figura 6- Mapa de fluxo subterrâneo para a região de Belém-Ananindeua.

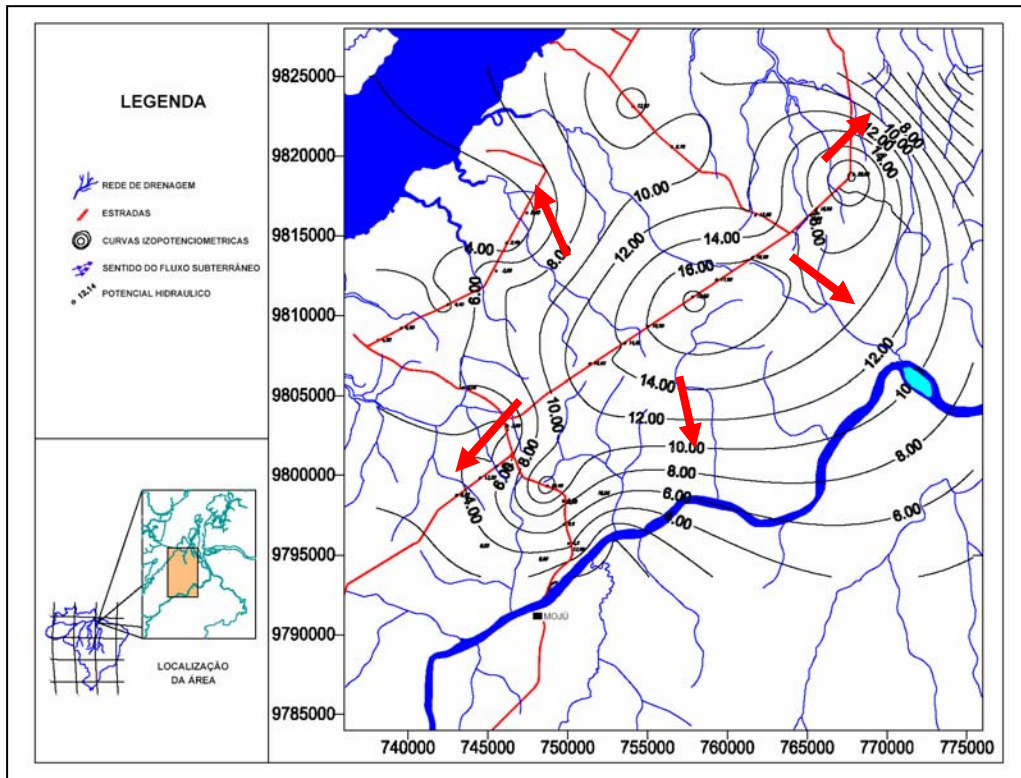


Figura 7- Mapa de fluxo subterrâneo para a região de Moju-Vila do Conde.

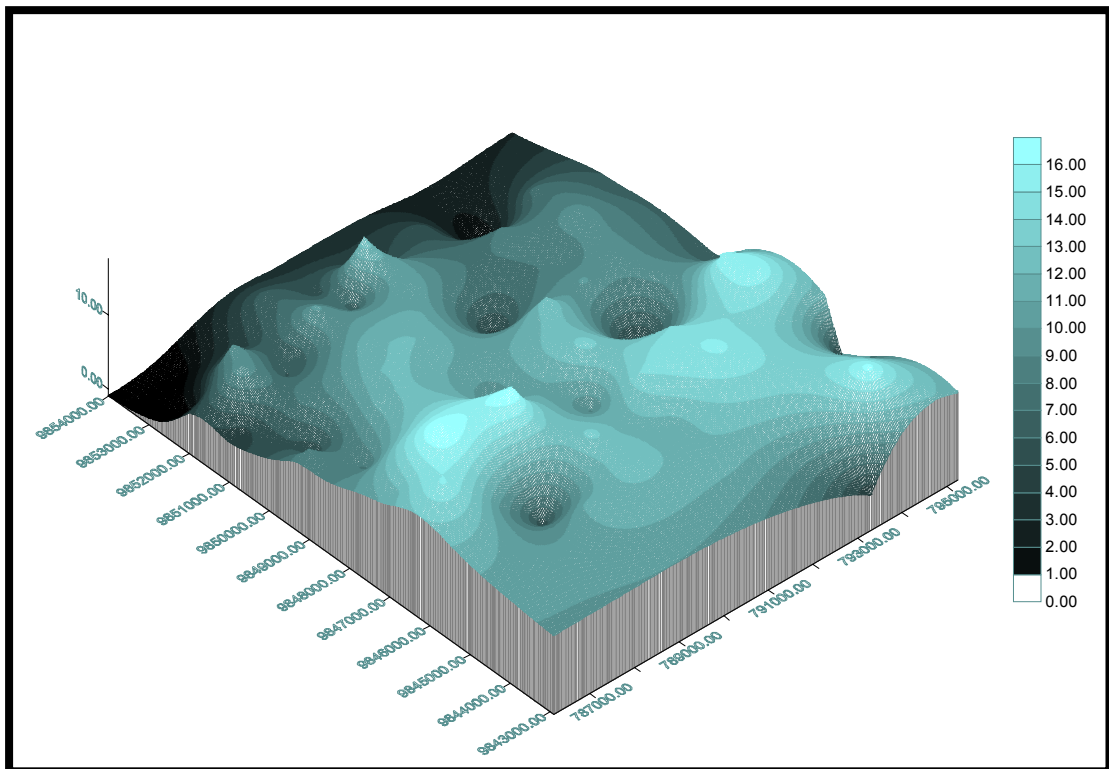


Figura 8- Representação tridimensional da superfície potenciométrica da área Belém-Ananindeua.

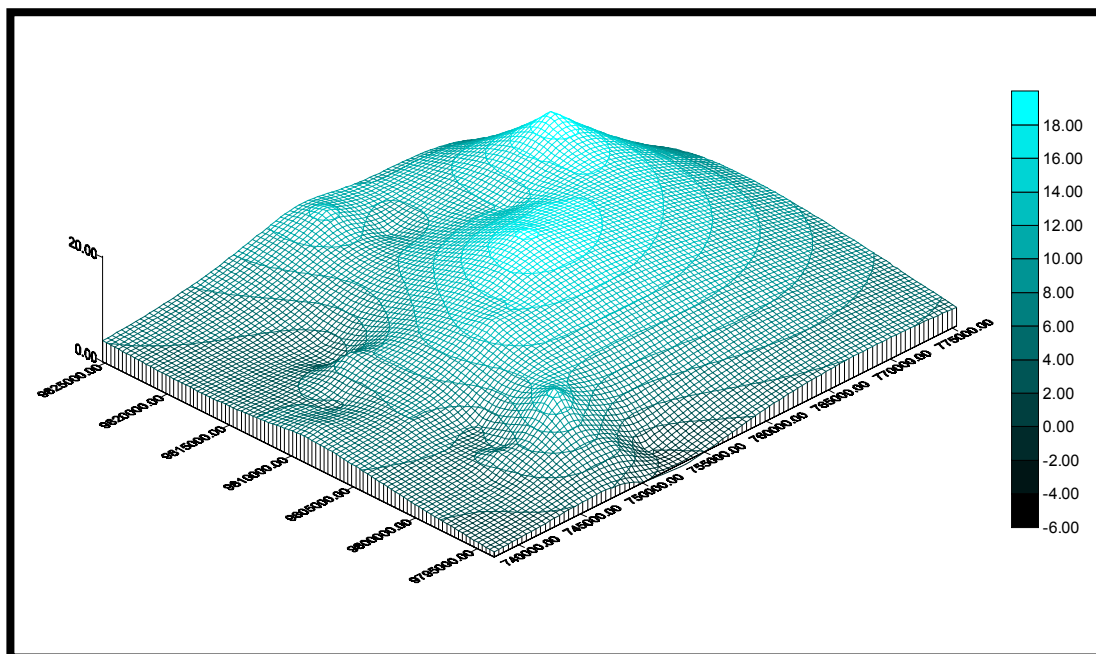


Figura 9- Representação tridimensional da superfície potenciométrica da área Moju-Vila do Conde.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A área objeto desta pesquisa atualmente está sendo priorizada pelo Governo do Estado, pois aí se concentram alguns dos maiores projetos de desenvolvimento. O Distrito Industrial de Barcarena, o Porto da Companhia das Docas do Pará e mais recentemente, o projeto da Alça Rodoviária, são investimentos que tem forçado a sociedade a se preocupar um pouco mais com o controle e preservação dos recursos hídricos, pois a medida que os grandes negócios vão se proliferando, a ocupação urbana vai, de outro modo, se multiplicando e quase sempre da maneira desordenada, com isso comprometendo a qualidade dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Deste modo, inicia-se neste setor um trabalho de conscientização relacionado a gestão dos recursos hídricos, cujos primeiros passos tem sido dado pelos Estudos de Impactos Ambientais, obrigados pelo processo de licenciamento para execução de determinados empreendimentos, bem como o acompanhamento e controle da qualidade das águas pelos negócios industriais já implantados.

Especificamente relacionado a presente situação pode se dizer que apesar dos poucos dados notou-se certa coerência quanto aos resultados das investigações iniciais em relação ao comportamento dinâmico das águas superficiais e subterrâneas, que podem ser resumidas assim:

- dos pontos de águas superficiais analisados, notou-se que alguns parâmetros apresentaram valores no limite máximo ou fora do aceitável. O fato de estas análises terem sido efetuadas já no período de escoamento das águas, de acordo com a dinâmica hidrográfica

da região, quando o nível dos rios encontra-se baixando rapidamente, pode refletir esse valores;

- com relação ao fluxo subterrâneo verifica-se, para o mesmo período, que nas duas áreas apresentadas, as direções de fluxos das águas convergem para os talwegues dos cursos de água, refletindo regime de descarga dos aquíferos. Nota-se que o regime de escoamento subterrâneo dos rios, que era comandado anteriormente pelo escoamento superficial, passa a ser pelo escoamento subterrâneo;

Esses aspectos das águas superficiais e subterrâneas na região, pelo menos diante destes dados iniciais, mostram que ao interagirem, fazem de tal modo, preservando a integridade das águas subterrâneas, neste período de estiagem. O regime poderá se inverter, no entanto, no pico das cheias, produzindo outros resultados, caso o gradiente hidráulico cresça entre os cursos de água superficiais e os aquíferos marginais ou o quadro geológico propicie tal situação.

Ainda com relação aos aquíferos livres da região, referência específica ao pacote quaternário, cujas espessuras máximas podem chegar aos 20m em alguns casos, suas características hidrodinâmicas indicam capacidade específica de 2,41 (m³/h)/m para cada 8 horas de bombeamento contínuo, para um poço de 7 a 16 metros de profundidade, porém podendo apresentar grande vulnerabilidade à poluição ou a contaminação, por fossas e esgotos domésticos e/ou resíduos industriais, devido às proximidades com a superfície.

BIBLIOGRAFIA

- MORAES, M.C.S.- 1999, *Avaliação do Regime de Precipitação e sua interação com a água Subterrânea e no Regime na Região Metropolitana de Belém*. Belém-PA. UFPA/CG/Departamento de Meteorologia/TCC, 54p.
- NASCIMENTO, C.C. – 1995, *Clima e morfologia urbana em Belém / Belém: UFPA, NUMA*,. 157 p. il.
- SAUMA FILHO, M. – 1996, *As Águas Subterrâneas de Belém e Adjacências: Influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para Medidas de Qualidade*. Belém. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 128p. Tese (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências. UFPA.
- SUDAM - 1984, *PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA*. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. Belém, (Publicação, 39).
- SETRAN – 2000, *EIA/RIMA-Estudo de Impacto Ambiental e Relatório e Relatório de Impacto Ambiental da Alça Rodoviária/PA*. Secretaria dos Transportes do Gov. do Estado do Pará. Belém.