

# ESTUDO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS-BAHIA COMO COMPONENTE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL

Sérgio Augusto de Moraes Nascimento<sup>(1)</sup>, Luiz Roberto Santos Moraes<sup>(2)</sup>, Maria das Graças de Castro Reis<sup>(3)</sup> & Ana Virgínia Alves Santana<sup>(4)</sup>

## RESUMO

O estudo foi desenvolvido no município de Alagoinhas, situado no Estado da Bahia, e teve como objetivo geral, estabelecer um diagnóstico sobre a qualidade e a quantidade de água subterrânea existente nos seus domínios territoriais. Como objetivo específico, procurou-se avaliar as suas características físico-químicas e bacteriológicas, além de alguma contaminação com relação a presença de metais pesados. Os resultados mostraram que as águas são de excelente qualidade principalmente aquelas oriundas do Sistema Aquífero Marizal-São Sebastião. As reservas subterrâneas representam aproximadamente 6 a 7% do volume total existente no Recôncavo Baiano e o consumo do município não atinge atualmente 20% da sua potencialidade. O Sistema Aquífero não está comprometido no município, apenas com um início de contaminação por nitrato em três poços do sistema de abastecimento de Sobocó e a presença de coliformes totais e termotolerantes em alguns poucos poços investigados.

**PALAVRAS-CHAVE:** águas subterrâneas, qualidade da água, quantidade de água.

## ABSTRACT

The study it was developed in the municipality of Alagoinhas, situated in the State of the Bahia, and had as objective generality, to establish a diagnosis on the quality and the amount of existing underground water in its territory. As objective specific, it was looked to evaluate its bacteriological, physic and chemistry characteristics and, beyond some contamination with regard to heavy metal presence. The results had shown that the waters are of excellent quality mainly those deriving ones of the Aquifer System Marizal-São Sebastião. The underground reserves represent approximately 6% to 7% of the existing total volume in the Bahia Recôncavo (environs) and the consumption of the municipality currently does not reach 20% of its potentiality. The Aquifer System is not compromised in the city, only with a beginning of contamination for nitrate in three wells of the system of supplying of Sobocó and the presence of total and termotolerant coliforms in some few investigated wells.

**KEYWORDS:** groundwater, groundwater quality, groundwater amount.

<sup>(1)</sup>: Professor Adjunto do Instituto de Geociências da UFBA, Rua Várzea de Santo Antônio, 149 – Edf. Vivenda San Vicente, apto. 101 – Caminho das Árvores, CEP 41.810-390, Salvador-Bahia; e-mail: [sergiomn@ufba.br](mailto:sergiomn@ufba.br).

<sup>(2)</sup>: Professor Titular em Saneamento da Escola Politécnica da UFBA, Rua Aristides Novis, 2, Federação, CEP 40.210-630, Salvador-Bahia; Tel.: (71) 3203-9783; e-mail: [moraes@ufba.br](mailto:moraes@ufba.br).

<sup>(3)</sup>: Diretora Geral do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Alagoinhas, Largo da Independência, s/n, CEP. 48.000-000, Alagoinhas-bahia; Tel.: (75) 3422-1046; e-mail: [galreis@ufba.br](mailto:galreis@ufba.br).

<sup>(4)</sup>: Graduada em Geologia na UFBA, Instituto de Geociências, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Ondina, CEP 40.170-290, Salvador-Bahia; Tel.: (71) 3247-2566.

## INTRODUÇÃO

O estudo foi desenvolvido no município de Alagoinhas, situado no Estado da Bahia, no âmbito do Convênio de Cooperação Técnico-Científica firmado entre a Universidade Federal da Bahia e a Prefeitura Municipal de Alagoinhas, com o apoio financeiro da Petrobrás tendo como objetivo principal elaborar diagnóstico sobre a qualidade e a quantidade de água subterrânea existente no seu território, visando contribuir para o Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas-PMSA. Os seus resultados, juntamente com os estudos realizados no âmbito do referido convênio nas áreas do abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, serviram para definir estratégias de ações integradas a curto e médio prazo para o saneamento ambiental, ordenar atividades, identificar serviços necessários e estabelecer prioridades. Com esses levantamentos, especialmente, na área dos recursos hídricos subterrâneos de que trata esse trabalho, o PMSA poderá articular, integrar e coordenar recursos tecnológicos, humanos, econômicos e financeiros, com vistas ao alcance de níveis crescentes de salubridade.

O PMSA é um instrumento do Sistema Municipal de Saneamento Ambiental criado pela Lei n. 1.460/2001 que instituiu a Política Municipal de Saneamento Ambiental para Alagoinhas. O PMSA foi posteriormente apreciado e aprovado pelo Conselho Municipal de Saneamento Ambiental que tem também a atribuição de acompanhar a sua implementação, a ser realizada pela Prefeitura Municipal de Alagoinhas.

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E O MEIO FÍSICO NATURAL**

O município de Alagoinhas está inserido na Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte, entre as coordenadas 11°55'51'' e 12°15'23'' de latitude sul e 38°15'00'' e 38°35'00'' de longitude oeste. Está localizado a 107km a norte da capital baiana, e limita-se com os municípios de Inhambupe ao norte, Araçás e Catu ao sul, Entre Rios e Araçás a leste e Aramari e Teodoro Sampaio a oeste. Possui uma área de 761km<sup>2</sup> e sua população residente é de, aproximadamente, 134.162 habitantes (IBGE, 2003). A economia é calcada na agropecuária, indústria e setores terceirizados do comércio varejista e de serviços. Apresenta condições bastante privilegiadas no que diz respeito à ocorrência de água subterrânea, e um sistema de drenagem superficial bem desenvolvido, de caráter intermitente em alguns meses do ano, com algumas lagoas remanescentes. Apresenta uma precipitação pluviométrica média de 1234,1mm/ano (período 1961-1990) e uma evapotranspiração real de 1.096,2mm/ano, gerando um excedente hídrico de 137,9mm/ano (SEI, 1999), basicamente entre os meses de maio a agosto, o que resulta em infiltração no solo e escoamento superficial através da rede de drenagem. O clima é úmido a subúmido com um índice hídrico de Thornthwaite e Mather situado entre 0 e 20. A vegetação é do tipo ombrófila densa, já bastante destruída para colocação de atividades agro-pastoril, principalmente grandes plantações de eucaliptos. Os solos são podzólicos vermelho-amarelo álico, areias quartzosas álicas, latossolos álicos e amarelo distróficos e vertissolos. São solos insaturados, ácidos, aluminosos e de textura arenosos, com exceção dos vertissolos que são normalmente saturados e argilosos.

O ambiente geológico no município de Alagoinhas apresenta um potencial hidrogeológico que se caracteriza como um dos melhores do Estado da Bahia, tanto em quantidade como em qualidade, principalmente quando se trata do sistema aquífero constituído pelas Formações Marizal e São Sebastião. A Formação Marizal destaca-se na paisagem pelo relevo topográfico em forma de tabuleiro, em sua maior parte dissecados, que inclui localmente topos de material da Formação Barreiras, ambas sobrepostas à Formação São Sebastião. Na extremidade sudoeste do município, ocorrem arenitos, folhelhos, argilitos, siltitos vermelhos e calcários de idade Juro-Cretácica das Formações Sergi, Candeias e Ilhas, que afloram também no extremo norte do município, na região de Conceição e Quizambú (Figura 01).

O trabalho de erosão nessa região Juro-cretácica foi facilitado pela tectônica de basculamento, o que resultou em um modelado da paisagem com dissecação diferencial. Em consequência da evolução tectônica, formaram-se altos estruturais com blocos levantados e limitados por escarpas de falhas, com elevações semi-arredondadas o que diferencia a morfologia dos tabuleiros da Formação Marizal. Nesses altos estruturais das regiões de Boa União e Quizambu, as Formações Barreiras e Marizal estão sobrepostas diretamente sobre o Grupo Ilhas, sem a presença, muitas vezes, da Formação São Sebastião, caracterizando uma discordância erosiva.

O sistema aquífero Marizal-São Sebastião apresenta dois componentes acoplados: uma componente livre ou freática, representada pelas coberturas das Formações Marizal – eventualmente, com sedimentos Barreiras sobrepostos e pela parte superior da Formação São Sebastião, e um componente semiconfinado ou artesiano, representado pelos pacotes de arenitos contidos totalmente na Formação São Sebastião (LIMA, 1999). O freático, normalmente é um reservatório de armazenamento limitado, mas que controla substancialmente a recarga do sistema artesiano regional.

Na **Formação Barreiras** o potencial aquífero é bastante reduzido, não sendo aproveitado diretamente na região. Sua maior importância é como exutório natural para a Formação Marizal. Entretanto, perfisagens elétricas realizadas em poços profundos perfurados pela Petrobrás, constataram boas possibilidades de água doce nos intervalos correspondentes a estas duas unidades litológicas.

A alimentação efetua-se praticamente através das infiltrações oriundas da precipitação pluviométrica sobre as zonas de afloramento, apenas uma pequena parte se infiltra indiretamente por meio de aluviões, depósitos de talus, ou ainda, através da infiltração lateral dos rios e riachos na época das cheias.

Na **Formação Marizal** as possibilidades aquíferas são bastante significativas, associadas principalmente à sua seqüência conglomerática basal. Embora sua potencialidade como reservatório seja menor que a da Formação São Sebastião, a maior parte da recarga desta é controlada pela Formação Marizal. Estudos realizados por Lima e Ribeiro (1982) indicaram que em alguns trechos, a Formação Marizal repousa diretamente sobre os arenitos da Formação São Sebastião, permitindo, através desse contato a transferência vertical de água entre as duas formações. Quando a sobreposição ocorre sobre os folhelhos da Formação São Sebastião, ocorrem fontes e surgências naturais, que funcionam como exutórios do aquífero, como ocorre provavelmente na localidade de Oiteiro. A alimentação se faz diretamente através da precipitação pluviométrica nas áreas de afloramento e pelas exudações provenientes da Formação Barreiras.

Na **Formação São Sebastião** as intercalações entre as camadas de arenitos, folhelhos e siltitos, conferem a esta unidade um comportamento de aquífero semiconfinado. Devido ao confinamento pelos folhelhos, a água nesse último aquífero está sob pressão. Poços profundos, perfurados pela Petrobrás, têm indicado que a salinidade das águas deste aquífero, em geral, varia muito com a profundidade e a localização do poço, podendo apresentar-se salobras em profundidades superiores a 400 metros.

As principais fontes de alimentação são as precipitações pluviométricas diretas sobre as zonas de afloramento desta Formação e as exudações das unidades aquíferas sobrepostas, principalmente da unidade aquífera Marizal.

O fluxo de água subterrânea no Sistema Marizal-São Sebastião, dentro do município de Alagoinhas, segue o padrão geral do Recôncavo Baiano, ou seja, de noroeste (NW) para sudeste (SE), coincidindo com a direção geral dos maiores rios, tendo a Serra do Roncador, como uma grande área de recarga. Porém, em escala local, a drenagem subterrânea se faz em direção aos vales e interflúvios da rede de drenagem superficial.

## **O ABASTECIMENTO DE ÁGUA E OS ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS**

O abastecimento da população é feito a partir de águas subterrâneas captadas por meio de diversos poços tubulares distribuídos na sede do município, os distritos e os povoados da zona rural, e operados e mantidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Alagoinhas (SAAE).

Na sede, onde residem cerca de 86% da população do município, o abastecimento é efetuado por duas baterias de poços denominadas de Sobocó e Cavadas e dez sistemas independentes de abastecimento de água situados em Cruzeiro dos Montes (I e II), Urbis III, Parque São Francisco, Nova Brasília, Parque Santa Maria, Mangalô, Alagoinhas IV, Parque Santo Antônio, Parque São Bernardo e Miguel Velho que apresentaram uma vazão total de 1.312m<sup>3</sup>/h (SAAE, 2003).

Os sistemas de abastecimento de água situados nas localidades de Riacho da Guia, Calú, Sauípe, Quizambú, Narandiba, Estevão e Boa União, apresentam o mesmo padrão da sede, sendo constituído de poço, um reservatório que pode variar entre 20.000 e 50.000 litros de água e uma pequena rede de distribuição. Nas pequenas comunidades há sistemas constituídos por poço, pequeno reservatório e chafariz. Todos os sistemas de abastecimento ligados ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Alagoinhas produziram cerca de 9.574.729m<sup>3</sup> de água no ano de 2003, sendo que Sobocó representou 51,4% dessa produção e Cavadas 22,7%. Os sistemas independentes da sede produziram nesse ano 18,4% e os sistemas rurais 7,51% de água subterrânea, respectivamente. Depois do SAAE, os grandes produtores de água subterrânea do município em 2003, foram a Cervejaria Schincariol com cerca de 1.651.761m<sup>3</sup>, a Petrobrás com 1.639.328m<sup>3</sup> e a Brespel com, aproximadamente, 250.000m<sup>3</sup>. Estima-se que cerca de 4% da população da sede e 55% da zona rural não consomem água produzida pelo SAAE. Certamente esses consumidores vão buscar o seu suprimento em poços rasos e cisternas, existente não só na periferia da sede, mas, principalmente, na zona rural. Aliás, a zona rural é responsável por, aproximadamente, 53% desse consumo alternativo. Na localidade de Sauípe, por exemplo, 63% dos domicílios não estão ligados ao sistema de abastecimento do SAAE.

Foram investigados 47 poços tubulares, com uma profundidade média de 109 metros, variando de 44 (Miguel Velho) a 364 metros (Cervejaria Schincariol III). A vazão média registrada nesses poços foi de 51m<sup>3</sup>/h, sendo a mínima de 3,7m<sup>3</sup>/h (Quizambu) e a máxima de 410m<sup>3</sup>/h (Cervejaria Schincariol I), conforme está assinalada na Tabela 01. A região que apresenta as melhores vazões encontra-se entre a sede do município e as localidades de Narandiba, Estevão, Macaquinho, Calu e Sauípe, localizadas no centro-leste do mesmo.

O maior número de poços (44,7%) apresenta vazões situada entre 20 e 40m<sup>3</sup>/h, enquanto 27,7% apresentam vazão inferior a 20m<sup>3</sup>/h, o que de certa forma segue uma tendência geral para todo o recôncavo baiano (Figura 02). Existe uma forte correlação (coeficiente de correlação linear  $r > 0,80$ ) entre a vazão e a profundidade dos poços. Na região de Alagoinhas, a variabilidade da vazão dos poços é muito alta (CV=coeficiente de variação=154%) e está certamente ligada à variação da profundidade dos mesmos. Levantamento feito por Lima (2002) com dados de 69 poços mostrou que no Recôncavo Baiano predominam vazões entre 20 e 40m<sup>3</sup>/h e 100 a 150m<sup>3</sup>/h, sendo este último grupo o de poços mais profundos (Figura 03).

**Tabela 01. Parâmetros Hidrogeológicos**

<i>Parâmetros</i>	<i>Valor Mínimo</i>	<i>Valor Máximo</i>	<i>Média</i>	<i>Variação da Média (95%IC) (*)</i>	<i>Coefficiente de Variação (CV%)</i>
Vazão (m /h)	3,7	410,0	51,0	39,0 – 63,0	154
Nível Estático (m)	4,3	53,0	21,0	19,0 – 23,0	63
Nível Dinâmico (m)	5,2	90,0	35,0	31,0 – 38,0	52
Rebaixamento(m)	0,2	70,0	14,0	12,0 – 16,0	104
Vazão específica (m <sup>3</sup> /h/m)	0,2	34,0	8,0	6,0 – 10,0	115

95%IC = Intervalo de Confiança a 95% de significância estatística para n = 47 poços.

O nível estático (NE) médio medido na região foi de 21 metros (em julho/2001), com um mínimo de 4,3 metros registrado em Macaquinho e um valor máximo de 53 metros, registrado nas localidades de Guabiraba e Km 19, onde os poços ocupam posições topograficamente muito altas, com cotas acima de 200 metros de altitude.

Convém salientar que em algumas localidades o nível estático é aflorante em determinados períodos do ano, devido as surgências naturais produzidas por aquíferos semi-confinados, como ocorre em Estevão e no distrito de Riacho da Guia. A existência de locais com exudação de água subterrânea é comum no Município, onde surgem as fontes naturais, alguns dos quais são aproveitados pelo SAAE na captação de água subterrânea, como é o caso da localidade de Oiteiro. Estudos estatísticos mostraram que o nível estático na região pode variar entre 19 e 23 metros (95%IC e n = 47 poços), o que caracteriza sem dúvida um aquífero raso e freático, onde as condições de exploração exigem muito cuidado, sobretudo quanto a preservação da qualidade da água subterrânea, devido a elevada vulnerabilidade que o mesmo apresenta e o aumento do risco de contaminação, sobretudo em determinados locais que apresentam diversificadas atividades antrópicas.

O nível estático (NE) em áreas com plantação de eucaliptos apresenta pouca oscilação, sempre inferior a 2 metros no período avaliado de sete anos (janeiro de 1997 a outubro de 2003), segundo informações prestadas pela Copener Florestal Ltda., concordando com a oscilação calculada para todo o município e já referida.

As vazões específicas média, que em última análise representa a potencialidade hidrogeológica do poço foram de 8,0m<sup>3</sup>/h.m, com uma mínima de 0,2 em Tucum e uma máxima de 34,0m<sup>3</sup>/h.m registrada na localidade de Macaquinho. A vazão específica média na região pode variar de 6,0 a 10,0m<sup>3</sup>/h.m, considerando um universo de 47 poços e um intervalo de confiança estatística de 95%, o que representa sem dúvida uma boa potencialidade hidrogeológica para a região. Os poços que apresentam as melhores potencialidades hidrogeológicas estão situados no sistema aquífero Marizal/São Sebastião, entre os quais pode-se destacar aqueles localizados nos Parques Santo Antônio e São Francisco (sede do município) e nos sistemas rurais de Macaquinho, Calu e Sauípe. Os poços localizados em áreas fora do sistema aquífero Marizal/São Sebastião, apresentam menores potencialidades hidrogeológicas, como é o caso de Tucum, Guabiraba, Boa União, entre outros (Figura 04). Essa diferença de potencialidade entre os dois sistemas aquíferos está bem representada pelo alto valor do coeficiente de variação (CV=115), mostrada na Tabela 01.

## **RESERVAS E POTENCIALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

A avaliação das reservas subterrâneas permanentes, reguladoras e da potencialidade nos domínios aquíferos foi grandemente dificultada pela precariedade de dados e estudos básicos de natureza hidrogeológica.

Visando contornar parcialmente essas dificuldades, adotou-se nesta avaliação, a metodologia proposta por Costa (1998), que prevê alternativas de avaliação diferenciadas de acordo com o nível de conhecimento de cada unidade aquífero e da qualidade dos dados disponíveis. Os números obtidos são aproximações de ordem de grandeza e compatível com a qualidade das informações disponíveis.

No município de Alagoinhas como no Recôncavo Baiano em geral, as reservas de água subterrânea estão concentradas no sistema aquífero superior, representados pelas Formações Marizal e São Sebastião. As outras Formações Geológicas, tais como, Sergi e Aliança e até mesmo alguns níveis arenosos do Grupo Ilhas, podem produzir boas vazões de água quando captadas na faixa próxima às suas áreas aflorantes. Suas reservas, entretanto, são insignificantes quando comparadas com as reservas do sistema Marizal/São Sebastião. Por esta razão, não foram feitas avaliações quantitativas, muito embora, sabe-se que muitos dos poços profundos da Petrobrás produzem boas vazões de água neste sistema aquífero, como é o caso de Jorro I e II, entre outros.

No município de Alagoinhas, têm-se informações por meio de perfis de poços da Petrobrás, de água doce até a profundidade de 1.468 metros (poço NAR-1). Guerra e Valadão Neto (informação verbal) estimaram para todo o Recôncavo Baiano, uma espessura média de 698,0 metros para a zona portadora de água doce a partir da superfície do terreno. Esse número foi obtido a partir da análise de 169 perfis de poços da Petrobrás, sendo essa espessura adotada para o Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas. Desta espessura, abatendo-se o nível estático (NE) médio da região que é de 21 metros e a argilosidade média representada pelas intercalações de folhelho e argilitos ( $\pm 30\%$ ), tem-se uma espessura útil média saturada de 473,90 metros. Considerou-se para efeito de cálculo das reservas e potencialidades de água subterrânea, o sistema aquífero representado pelas Formações Marizal-São Sebastião que se distribuem por cerca de 45 a 60% do território do município e onde se localizam a maioria dos poços e os principais sistemas de abastecimento da sede e da zona rural.

Nos cálculos da reserva permanente ( $R_p$ ) adotou-se uma área de ocorrência do sistema Marizal/São Sebastião de  $342,45\text{km}^2$ , ou seja, cerca de 45% da área total do município de Alagoinhas que é de  $761\text{km}^2$ .

**1 A Reserva Permanente -  $R_p$  ( $\text{m}^3$ )** – é o volume hídrico acumulado no meio aquífero em decorrência da porosidade efetiva ou eficaz e do coeficiente de armazenamento, não variável em função da flutuação sazonal da superfície hidrostática do Sistema Marizal/São Sebastião.

$$R_p = (A \times b \times \mu) + (A \times h \times S)$$

*Equação 1*

**A** = área de ocorrência do Sistema Aquífero Marizal/São Sebastião =  $761\text{km}^2 \times 45\%$  da área do município =  $342,45\text{km}^2$

**B** = espessura média saturada de água subterrânea = 473,90 metros

**$\mu$**  = porosidade eficaz = 8%

**h** = carga hidráulica média do aquífero confinado = 100 metros

**S** = coeficiente de armazenamento =  $2,0 \times 10^{-4}$

$R_p = 12,989 \times 10^9 m^3$  (representa aproximadamente 6,1% da reserva de todo o Recôncavo Norte, estimada por Guerra e Negrão em  $213,48 \times 10^9 m^3$ ).

**2 Reserva Reguladora ou Renovável (Rr)** – é o volume hídrico acumulado no aquífero em decorrência da porosidade efetiva ou eficaz e do coeficiente de armazenamento, que varia anualmente em decorrência dos aportes sazonais de chuvas. É na realidade o volume de água subterrânea existente na faixa de flutuação sazonal do nível hidrostático do aquífero e que corresponde ao volume das recargas anuais.

$$R_r = A \times P \times I$$

*Equação 2*

$A = \text{área de ocorrência do Sistema Aquífero Marizal/São Sebastião} = 342,45 km^2$

$P = \text{precipitação média anual} = 1234,1 mm/ano$

$I = \text{taxa de infiltração média} = 10\%$

$R_r = 42,3 \times 10^6 m^3/ano$  ou  $123.500 m^3/ano.km^2$

**3 A Potencialidade (Po)** – representa a reserva reguladora (Rr), acrescida de um potencial da reserva permanente (Rp), convencionalmente estabelecida entre 10 e 30%, distribuído ao longo de 50 anos, ou seja, 2 a 6% ao ano. Nestes cálculos adotou-se o percentual de 20% ao longo de 50 anos, o que representa 0,4% ao ano.

$$P_o = R_r + (R_p \times 0,004)$$

*Equação 3*

$P_o = 94,2 \times 10^6 m^3/ano$  ou  $94.200.000 m^3/ano$

## CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Para caracterizar a composição química das águas subterrâneas foram utilizadas informações de 54 poços tubulares e uma fonte natural (Oiteiro).

As coletas das amostras de água para a avaliação química e bacteriológica foram realizadas nos períodos de julho de 2001 e janeiro de 2003, respectivamente, nos poços que compõem os sistemas Sobocó (11), Cavadas (5), independentes da sede (10), independentes rurais (7) e outros sistemas espalhados pelo município de Alagoinhas.

Os diversos tipos hidroquímicos foram definidos por meio do Diagrama Triangular de Piper (1944), que se baseia na percentagem relativa em milequivalente de cátions e ânions presentes na água. Na região, as águas subterrâneas são predominantemente cloretadas sódicas, verificada em cerca de 90,9% dos poços. Secundariamente, ocorrem águas bicarbonatadas sódicas (3,6%), cloro-sulfatadas calco-magnesianas (3,6%) e bicarbonatadas calco-magnesianas (1,8%), essas últimas, encontradas, principalmente, em Oiteiro, Jorro 2 e Tombador. O cátion predominante nas relações iônicas é o sódio, verificado em 94,5% dos poços estudados, enquanto o anion prevalente é o cloreto, verificado em 89,1% das amostras de água. Tratam-se, predominantemente, de águas doces constatadas em 94,5% dos poços, principalmente, quando localizados no sistema aquífero Marizal-São Sebastião. Em alguns poços localizados na região de Guabiraba, Tucum e Baixão, a água é salobra (Figura 06). Nessas localidades os valores de sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, são sempre maiores, devido provavelmente à constituição litológica do aquífero Marizal, que apresentam níveis de gipsita ( $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$ ), barita ( $BaSO_4$ ) e calcário ( $CaCO_3$ ), que fazem aumentar a salinidade dessas águas do Marizal. Foram verificados altos valores de cloreto nessas localidades, o que supõe a existência de alguma fonte de contaminação antrópica, tanto na região de Buracica quanto ao norte do município na região de Baixão. Valores altos de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos também foram obtidos na região do aterro sanitário, esta última por razões óbvia de contaminação do lençol freático pelos resíduos sólidos dispostos no local.

Os elementos maiores componentes da água - cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos, sulfatos e bicarbonatos encontram-se dentro dos padrões de potabilidade para água de consumo humano estabelecido pela Portaria 1.469/00 (atual 518/2004) do Ministério da Saúde. O cloreto e o potássio representam pequenas exceções, somente nas localidades de Guabiraba, Tucum e Baixão.

No programa de re-amostragem da água realizada em janeiro de 2003, os valores dos elementos maiores mantiveram-se praticamente os mesmos, apesar dessa última coleta ter sido feita no verão, e a outra, na estação chuvosa do mês de julho. Nesta, era de se esperar, que os elementos químicos maiores estivessem menos concentrado devido diluição provocada pelas águas de chuva, muito comum nesse período do ano (Tabela 02).

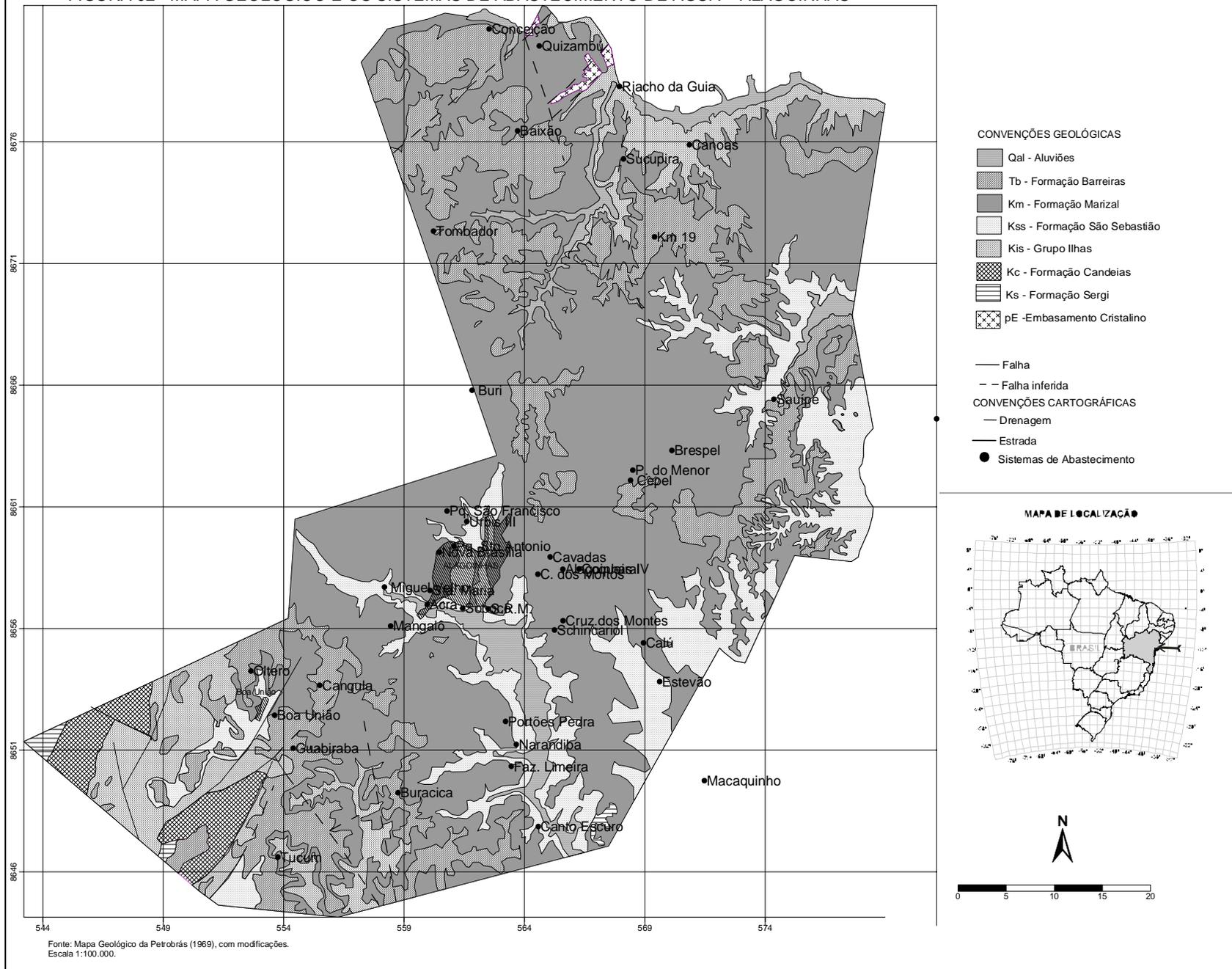
As análises de fluoreto nas águas coletadas em 16 sistemas da sede e rural apresentaram valores sempre inferiores a 0,10mg/L. Somente em Oiteiro o valor encontrado foi de 0,22mg/L. Tratam-se de valores extremamente baixos necessitando-se adicionar flúor na água dos sistemas de tratamento administrados pelo SAAE, elevando a sua quantidade para 0,8mg/L para contribuir no combate à cárie dentária.

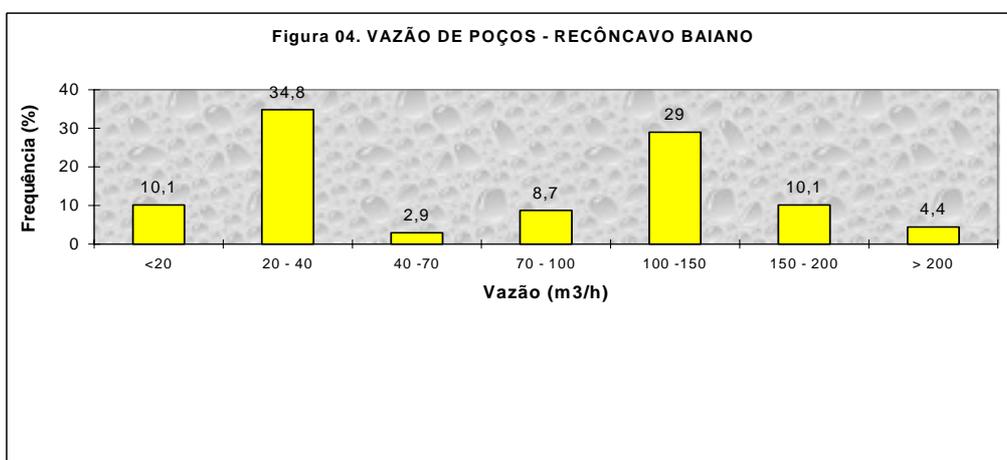
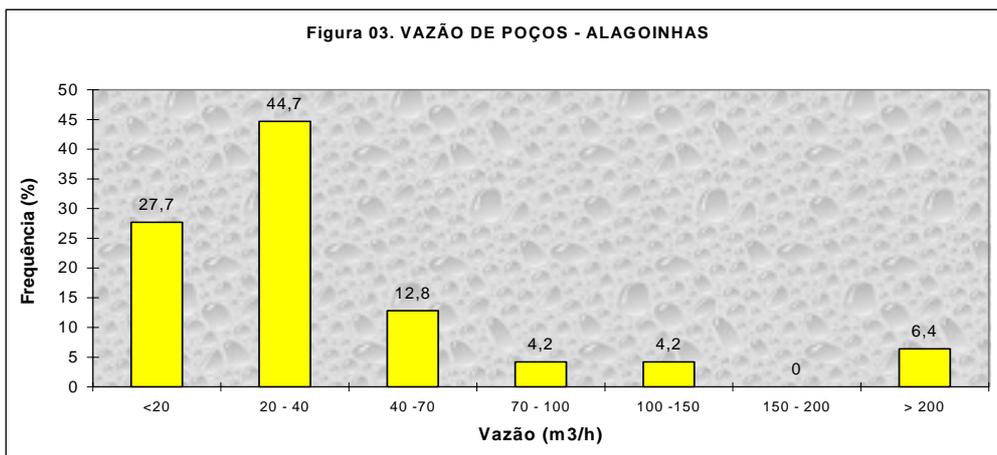
Na grande maioria dos poços amostrados na primeira etapa (82%) não foram encontrados coliformes termotolerantes. Em 16% dos poços, foram encontrados coliformes termotolerantes entre 1 e 200 NMP/100ml e somente em 2% dos poços foram encontrados níveis acima de 1.000NMP/100mL de coliformes termotolerantes.

Em 38% dos poços investigados não foram encontrados coliformes totais e em 36% deles foram encontrados nível situados entre 1 e 1.000NMP/100mL. Os locais onde foram encontrados os maiores valores de coliformes totais foram: Boa União, Espuma, Sobocó 7 e 8. Na amostragem de água realizada em janeiro de 2003, os índices de coliformes totais tiveram também uma melhoria acentuada, em pelo menos 19 sistemas dos 21 investigados. A diminuição desses índices foi devido à limpeza na área de muitos dos sistemas da sede e rural, o que contribuiu para a melhoria na qualidade bacteriológica das suas águas.

Os nitratos apresentaram valores acima do que permite a Portaria 1.469/00 (atual 518/2004), em um poço localizado no aterro sanitário, por razões óbvias de contaminação e nos poços 8, 11 e 22 pertencentes ao sistema Sobocó.

FIGURA 02 - MAPA GEOLÓGICO E OS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - ALAGOINHAS





Os resultados das análises de metais pesados para chumbo, cádmio, cobre e cromo total foram de um modo geral, abaixo dos limites máximos permitido pela Portaria 1.469/00 (atual 518/2004) em todos os sistemas investigados. A exceção ficou por conta do chumbo em Guabiraba (0,03mg/L) e Naranjiba (0,04mg/L). Esses dados não são preocupantes, tendo em vista que estão levemente acima do valor máximo recomendados pela referida Portaria. A maioria dos padrões internacionais recomenda um valor máximo de 0,05mg/L.



FIGURA 06 - DISTRIBUIÇÃO DA SALINIDADE NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

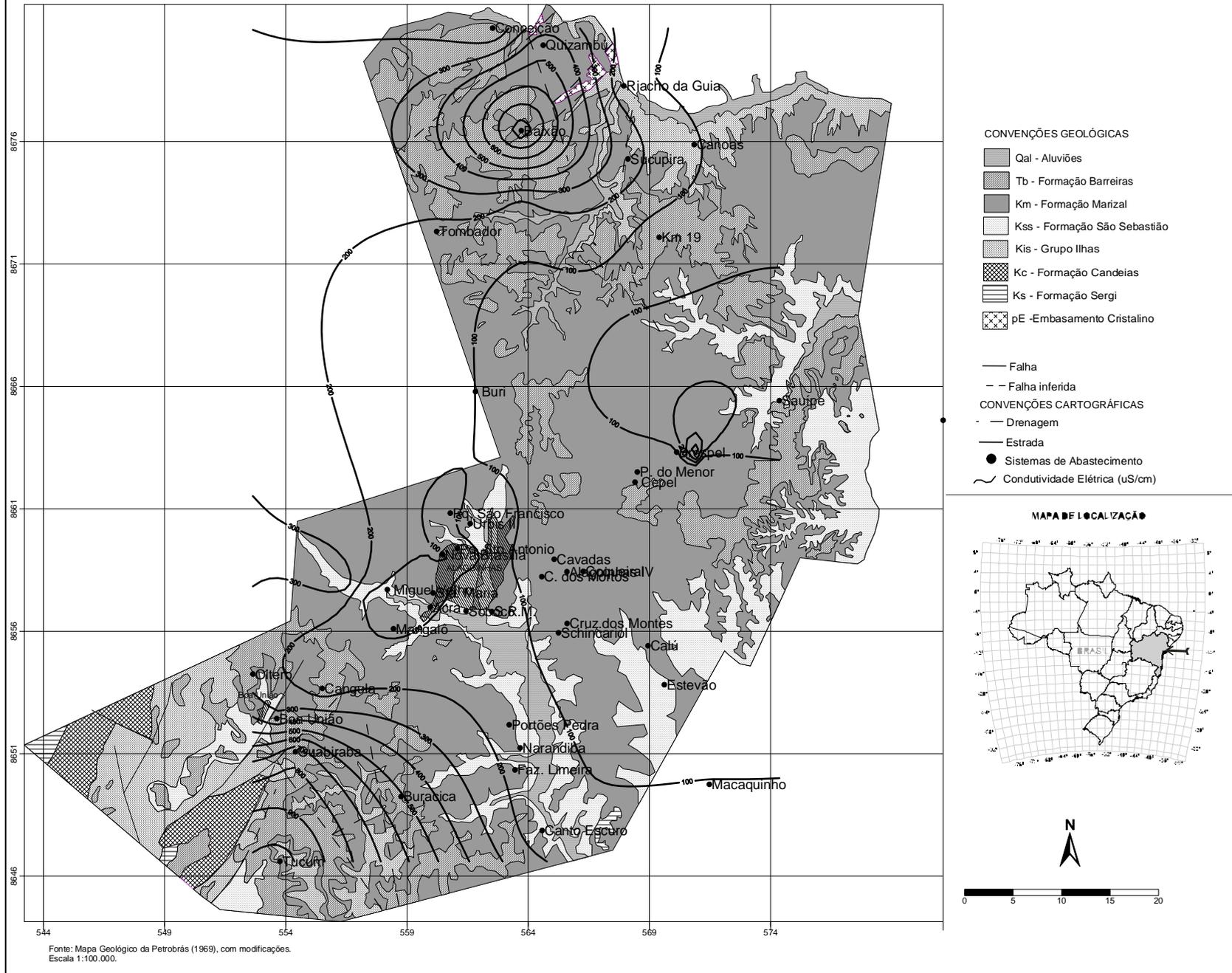


Tabela 02. Sumário Estatístico da Qualidade das Águas Subterrâneas

Parâmetros	Unidade					AMOSTRAGEM EM JANEIRO/2003				Valor Máximo Permitido (VMP) (**)
		Valor Mínimo	Valor Máximo	Médio	Variação da Média (NS = 95%)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Médio	da Média ( 95% IC) (*)	
Cálcio	mg/L	0,4	37,2	4,2	2,5-5,9	0,1	29,1	6,0	3,0-9,0	200 (OMS)
Magnésio	mg/L	0,2		4,5	2,8-6,2	0,5	12,4	4,2	2,6-5,8	50 (OMS)
Sódio	mg/L	5,4	126,0		15,7-30,5	5,6	96,6	22,1	13,0-31,2	200 (OMS)
Potássio	mg/L	0,63	22,5		3,7-6,1	0,1	19,0	4,2	3,1-6,2	10 (OMS)
Cloreto	mg/L	6,4	271,2	35,5	20,3-50,7	9,0	199,2	39,0	21,2-56,8	250
Sulfato	mg/L	1,0	20,6	4,3	3,1-5,5	1,0	22,9	5,5	3,0-8,0	250
Alcalinidade Total	mg/L	0,8	127,8	15,0	8,5-21,5	1,0	102,2	13,2	3,2-23,2	250
pH	-----	3,7	7,9	5,0	4,8-5,2	3,7	6,2	4,6	4,4-4,8	6,5 - 8,5
Oxigênio Dissolvido	mg/L de O <sub>2</sub>	1,1	7,3	3,8	3,4-4,5	3,1	6,9	5,1	4,6-5,6	>6,0
STD	mg/L	17,6	547,0	91,1	60,6-121,6	19,4	353,0	92,0	57,1-126,9	1000
Cond. Elétrica	µS/cm	36,9	1044,0	182,5	124,5-240,5	38,8	708,0	188,2	118,2-258,2	1250
		0,02			0,03-0,08	0	0,1			
Nitrato			19,7			0,2				
Fluoreto	-	-	-	-	-	0,1	0,22	0,11	0,09-0,12	1,5
Número de amostras		47	47	47	47	18	18	18	18	

(\*) 95% IC = Intervalo de confiança a 95%.

(\*\*) Valor Máximo Permitido pela Portaria 1.469 (atual 518/2004) do Ministério da Saúde e Organização Mundial da Saúde (OMS).

## CONCLUSÃO

- ✓ As reservas permanentes e reguladoras de água subterrânea são consideravelmente altas no município, principalmente na região do chamado Baixo de Alagoinhas, representando cerca de 6 a 7% de toda a reserva do Recôncavo Baiano.
- ✓ Como o excedente hídrico resultante da precipitação pluviométrica no município é relativamente baixo, cuidados especiais devem-se ter com a super-exploração das reservas subterrâneas, com extração de água sem controle, com volumes que excedam a recarga natural, evitando-se com isso um rebaixamento progressivo do nível hidrostático, o que resultará certamente num aumento no custo de bombeamento e na redução da vazão ou rendimento do poço.
- ✓ Os poços situados nas localidades de Calu, Sauípe e Macaquinho, são os que apresentam os melhores potenciais hidrogeológicos, sempre acima de 20m<sup>3</sup>/h.m. O mesmo acontece com os poços da sede do município, com destaque para Sobocó e os Sistemas Independentes dos Parques Santo Antônio e São Francisco que apresentam valores acima de 15m<sup>3</sup>/h.m. O potencial hidrogeológico se constitui num dos melhores indicadores sobre a potencialidade do poço.
- ✓ As localidades de Boa União, Tucum, Guabiraba situadas no extremo sudoeste e Baixão no norte do município, apresentam os menores valores de potencial hidrogeológico, devido aos parâmetros hidrodinâmicas desfavoráveis do Sistema Marizal.
- ✓ Nas localidades de Guabiraba, Tucum e Baixão os índices de salinização das águas subterrâneas são mais altos do que nas outras regiões do município, devido à presença de níveis de gipsita, barita e calcários. A presença de cloretos em níveis acima do permitido pela Portaria 1.469/00 (atual 518/2004) do Ministério da Saúde, pode significar a presença de depósitos de lixo interferindo no aquífero dessa região, o que necessita de uma investigação mais pormenorizada.
- ✓ O nível hidrostático na região de Alagoinhas é relativamente raso, podendo ser facilmente contaminado pela intensa atividade antrópica existente no Município. Por isso, o órgão ambiental do município deve ter um controle eficaz das fontes poluidoras de origens industriais, urbanas, rurais e das atividades de exploração de petróleo e mineração.
- ✓ A expansão urbana na sede do Município é preocupante, devendo ser realizados estudos para o planejamento e reordenação urbana das populações que ocupam áreas não recomendadas ou de preservação permanente. Tal preocupação deve se estender principalmente no entorno dos sistemas Sobocó e Cavadas responsáveis por mais de 70% da produção de água subterrânea na sede do município. Nesses locais os perímetros de proteção sanitária dos poços encontram-se reduzido a poucas dezenas de metros.
- ✓ Durante os trabalhos de monitorização do sistema aquífero subterrâneo, as atenções devem estar voltadas também para a presença de chumbo, pois nos trabalhos de reconhecimento efetuados em julho de 2001 e janeiro de 2003, foi constatada a presença desse metal em níveis um pouco acima do que permite o Ministério da Saúde, nas águas dos poços de Narandiba e Guabiraba. A remoção de sucatas metálicas (ferro-velho) presente no perímetro de proteção sanitária dos poços é fundamental para se evitar a contaminação por metais pesados.
- ✓ De acordo com os parâmetros analisados, as únicas contaminações detectadas nas águas subterrâneas do município, foram os nitratos em três poços de Sobocó e os coliformes totais e termotolerantes em alguns poucos sistemas de abastecimento. Na segunda etapa de amostragem (janeiro/2003), muitos desses sistemas de abastecimento não mais apresentaram níveis acentuados de coliformes. Essa diminuição foi consequência de ações desenvolvidas pelo SAAE que empreendeu um intenso trabalho de melhorias na proteção sanitária dos

- poços, removendo o lixo do seu entorno, cercando a área, cimentando a base de proteção em volta da boca do poço e trocando a tampa de proteção quando necessário.
- ✓ Para a atenuação do nitrato observado no sistema de Sobocó, tem-se que remover as fontes de contaminação com intervenções de esgotamento sanitário, drenagem urbana e um controle sobre os resíduos sólidos no bairro de Nova Brasilinha. O aumento do seu perímetro de proteção sanitária torna-se necessário, com a desapropriação algumas casas.
  - ✓ Nos demais sistemas de abastecimento, tais como, Cavadas, Cruzeiro dos Montes I e II, Urbis III, Parques São Francisco, Santo Antônio e Santa Maria, Nova Brasília, Mangalô I e II, Alagoinhas IV e Miguel Velho, além dos sistemas rurais de Riacho da Guia, Calu, Sauípe, Quizambu, Estevão e Boa União, as suas águas podem ser consideradas de excelente qualidade para o consumo humano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA. SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA–SEI. Análises de Atributos Climáticos do Estado da Bahia. Salvador, 1999. (Série Estudos e Pesquisas 389)
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N° 1.469/2000, de 29 de dezembro de 2000. Publicado no DO da União n° 1-E de 2/1/2001, Seção 1, p. 19 e no DO n° 7-E de 10/1/2001, Seção 1, p. 26.
- COSTA, W. D. Avaliação de reservas, potencialidades e disponibilidades de água subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, X., 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABAS, 1998.
- IBGE. Folha SD.24 Salvador: potencial de recursos hídricos. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1999.
- IBGE. Dados populacionais por municípios. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 20 dez. 2003.
- LIMA, O.A.L. de. Caracterização hidráulica e padrões de poluição no aquífero recôncavo na região de Camaçari – Dias D’Ávila. 1999. 123f. Tese (Concurso para Professor Titular) – CPGG, UFBA, Salvador.
- LIMA, O.A.L. de e RIBEIRO, C. Caracterização hidrogeológica do aquífero São Sebastião na área de captação do CIA-BA. *Revista Brasileira de Geofísica*, n.1, p.11-22, 1982.
- PETROBRAS. Mapa geológico da bacia do Recôncavo, escala 1/100.000. Salvador: RPBA, 1969.
- PIPER, A. M. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. *Trans. Am. Geophysical Union*, v.25, p.911-923, 1944.
- RADAMBRASIL. Relatório Interno. Rio de Janeiro, 1978. 15 UPT.
- Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Alagoinhas. Relatório sobre os Sistemas de Abastecimento de Água de Alagoinhas. Alagoinhas, 2003. Não publicado.