



**Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Curso de Graduação em Ciências Biológicas**

TÁRCIO RIBEIRO GUEDES DOS SANTOS

**ASPECTOS SANITÁRIOS DE ÁGUA DE POÇOS NO
MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DE JESUS – BA**

**CRUZ DAS ALMAS
2013**

TARCIO RIBEIRO GUEDES DOS SANTOS

**ASPECTOS SANITÁRIOS DE ÁGUA DE POÇOS NO
MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DE JESUS – BA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de
Bacharelado em Biologia, da
Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia, para aquisição do grau de
Bacharel em Biologia.

**CRUZ DAS ALMAS - BA
MAIO – 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA

S237

Santos, Tércio Ribeiro Guedes dos.

Aspectos sanitários de água de poço no município de Santo Antonio de Jesus-BA / Tércio Ribeiro Guedes dos Santos. _ Cruz das Almas, BA, 2013.

65f.; il.

Orientadora: Carla Fernandes Macedo.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Água Subterrânea – Poço – Degradação ambiental. 2.Água – Poluição. 3.Legislação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
II.Título.

CDD: 556.388

TÁRCIO RIBEIRO GUEDES DOS SANTOS

**ASPECTOS SANITÁRIOS DE ÁGUA DE POÇOS NO
MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DE JESUS – BA**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Carla Fernandes Macedo
Orientador
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Elinsmar Vitória Adorno – UFRB
1º Membro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^a. Alessandra Cristina Valentim
2º Membro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

MAIO – 2013

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho às pessoas que mais me incentivaram, acreditaram em mim e suportaram meus momentos de estresse com suas amizades e compreensões. São eles: meus pais Evandro e Deusmari; meus irmãos Rafael e Larissa; e minha adorada noiva Josiane.

AGRADECIMENTOS

Sinto que os acontecimentos mais importantes da vida vêm acompanhados de uma grande carga emocional. Percebo que nunca estaremos individualmente preparados para essas emoções que “pulam boca afora”. Por isso, hoje entendo que Deus preparou todo o ambiente propício à minha graduação: Família, Noiva, UFRB, Professores, EMBASA, Amigos, Colegas, situações do dia-a-dia, soluções possíveis etc. Percebo que cada evento e pessoa que esteve ao meu lado durante esse período de graduação foi um importante ator dessa vitória que eu posso dizer que é um pouco de cada um de vocês:

Pais: Evandro e Deusmari, obrigado por confiarem em mim; por orarem a cada viagem à faculdade; por suportarem minhas crises emocionais; por me ensinarem os valores que fizeram alcançar meu objetivo com a cabeça erguida.

Noiva: Josiane, obrigado por passar-me um pouco da arte de saber se comportar diante das situações do dia-a-dia sem perder o foco; por acreditar no meu potencial; por me fazer uma pessoa melhor; TE AMO!

Professores: obrigado a todos! Agradeço a cada professor por ter dedicado seu tempo à formação do meu conhecimento. Especialmente Edna Lobo Machado e Elinsmar Vitória Adorno, que me encantaram com o conhecimento e a arte de lecionar.

Orientador: Prof^a Carla, obrigado pelo seu empenho, apoio, ajuda e compreensão.

Amigos: Obrigados a todos! Especialmente à Índira Luz. Você é demais, tia!

RESUMO

O município de Santo Antonio de Jesus possui apenas 7% de sua área com coleta de esgoto. O lançamento do mesmo em fossa séptica pode comprometer a qualidade da água subterrânea. Desta maneira, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água subterrânea em diferentes regiões do município, comparando parâmetros microbiológicos e físicos-químicos e de poços freáticos existentes no centro urbano, em bairros com coleta de esgoto e aqueles que utilizam outros meios de deposição dos dejetos. As amostras foram coletadas entre novembro/2011 a maio/2012 em 6 pontos e analisadas nos laboratórios do NEPA/CCAAB/UFRB, Cruz das Almas, e da Embasa, Santo Antonio de Jesus. Dos parâmetros físico-químicos analisados apenas cloreto, dureza total e alcalinidade estavam 100% em conformidade com a legislação. Os parâmetros em desconformidade foram pH (70%), cor (3,33%), turbidez (10,00%), nitrogênio total (50%) e fósforo total (16,67%). Em relação aos coliformes totais, 13,33% das amostras estavam fora dos padrões. Apenas 6,67% das amostras apresentaram coliformes termotolerantes. Para os poços analisados não houve diferença entre a qualidade da água subterrânea localizada na área com e sem tratamento de esgoto, pois os resultados encontrados no poço 5, localizado numa área com tratamento de efluentes, foram semelhantes aos outros poços em área sem tratamento. O nitrogênio e fósforo em desconformidade foram localizados em áreas que não possuíam saneamento e possuíam atividades agrícolas nas proximidades.

Palavras chaves: Água subterrânea, abastecimento, contaminação, qualidade da água, Santo Antonio de Jesus.

ABSTRACT

The city of Santo Antonio de Jesus has only 7% of its area with sewage. The launch of the same in septic tank can compromise the quality of groundwater. Thus, the aim of this study was to evaluate the quality of groundwater in different regions of the city, comparing parameter settings microbiological and physical-chemical and groundwater wells existing in the inner city, in neighborhoods with sewage and those utilizing other means of deposition of waste. Samples were collected from November/2011 to May/2012 in 6 points and analyzed in the laboratories of NEPA / CCAAB / UFRB, Cruz das Almas, and Embasa, Santo Antonio de Jesus. Of physico-chemical parameters analyzed only chloride, total hardness and alkalinity were 100% in compliance with the law. The parameters pH were in disagreement (70%), color (3.33%), turbidity (10.00%), total nitrogen (50%) and total phosphorus (16.67%). In relation to total coliform, 13.33% of the samples were non-standard. Only 6.67% of the samples had fecal coliform. To the wells analyzed there was no difference between the quality of groundwater located in the area treated and untreated sewage, as the results found in the well 5, located in an area of wastewater treatment, were similar to other wells in the area without treatment. Nitrogen and phosphorus in disagreement were located in areas that lacked sanitation and possessed agricultural activities nearby.

Keywords: Groundwater, supply, contamination, water quality, Santo Antonio de Jesus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais domínios sedimentares e cristalinos do Brasil.	30
Figura 2. Principais sistemas aquíferos do Brasil.	31
Figura 3. Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil.	32
Figura 4. Mapa de localização do município de Santo Antônio de Jesus.	34
Figura 5. Pontos de amostragem.	36
Figura 6. Vista panorâmica da área do ponto 1.	36
Figura 7. Atividade agrícola nas proximidades do ponto 1.	37
Figura 8. Poço 1.	38
Figura 9. Sistema de captação e bombeamento do poço 2.	38
Figura 10. Tanque de armazenamento do poço 2.	39
Figura 11. Vista ampliada do poço 3.	39
Figura 12. Visão superior do poço 3.	40
Figura 13. Visão panorâmica da área do ponto 4.	40
Figura 14. Poço 4.	41
Figura 15. Visão panorâmica da área do ponto 5.	41
Figura 16. Poço 5.	42
Figura 17. Visão panorâmica da área do ponto 6.	42
Figura 18. Poço 6.	43
Figura 19. pHmetro (A) e turbidímetro (B).	44
Figura 20. Execução de análises físico-química.	45
Figura 21. Preparação de meio de cultura para as análises microbiológicas.	46
Figura 22. Incubação dos tubos múltiplos.	46
Figura 23. Concentrações médias de pH nos pontos amostrados.	49
Figura 24. Concentração média de turbidez nos pontos amostrados.	52
Figura 25. Concentrações médias de alcalinidade, cloreto e dureza nos pontos amostrados.	54
Figura 26. Concentrações de nitrogênio nos pontos amostrados.	55
Figura 27. Concentração média de fósforo total nos pontos amostrados.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Métodos utilizados na determinação dos parâmetros físicos-químicos.	44
Tabela 2. Estatística descritiva (ED) das análises físico-químicas nos pontos amostrados (P= Poço, M= média, DP= desvio padrão, V= variação (mínimo e máximo), T- turbidez, D= dureza total e AT= alcalinidade total).	49
Tabela 3. Resultados de parâmetros monitorados em águas subterrâneas pela Embasa de 2009 a 2012 e aqueles obtidos através do SIAGAS, referentes a 2008 e 2009.	50
Tabela 4. Concentrações de coliformes em maio de 2012 (Período amostrado Nov/11 e jan a mai de 2012) (T=totais e TT=termotolerantes)	57
Tabela 5. % de amostras dos parâmetros analisados em e não conformidade nos poços estudados (VMP= Valor Máximo Permitido)	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABAS** – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA** – Agência Nacional de Águas
- CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CNNPA** – Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
- CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CPRM** – Serviço Geológico do Brasil
- EMBASA** – Empresa Baiana de Águas e Saneamento/AS
- ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto
- FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LCQA** – Laboratório de Controle da Qualidade da Água
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente
- NEPA** – Núcleo de Pesquisa em Pesca e Aquicultura
- NMP** – Número Mais Provável
- PAH** – Hidrocarboneto Policíclos Aromáticos
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- RIMAS** – Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas
- SEI** – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
- SIAGAS** – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
- uH** – Unidade de Hazen
- UNT** – Unidades de Turbidez Nefelométrica
- VMP** – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. JUSTIFICATIVA	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Águas Subterrâneas	16
3.2. O uso da água subterrânea	18
3.3. Qualidade das águas subterrâneas	19
3.3.1. Fontes de contaminação	20
3.3.1.1. <i>Construção de poços</i>	20
3.3.1.2. <i>Saneamento básico</i>	21
3.3.1.3. <i>Resíduos sólidos</i>	22
3.3.1.4. <i>Agricultura</i>	22
3.3.1.5. <i>Indústria</i>	22
3.3.1.6. <i>Postos de combustíveis</i>	23
3.3.1.7. <i>Mineração</i>	23
3.3.1.8. <i>Cemitérios</i>	24
3.4. Monitoramento da qualidade da água	24
3.5. Legislação	27
3.6. Água subterrânea no Brasil	29
4. OBJETIVOS	32
4.1. Objetivo Geral	32
4.2. Objetivos Específicos	32
5. MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1. Área de estudo	33
5.2. Pontos de coletas	34
5.3. Amostragem	36

5.4. Análises físico-químicas	43
5.5. Análises bacteriológicas	45
5.6. Análises dos dados	47
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1. Parâmetros físico-químicos	48
6.1.1. pH	46
6.1.2. Cor	50
6.1.3. Turbidez	51
6.1.4. Alcalinidade, cloreto e dureza	52
6.1.5. Nitrogênio e fósforo total	54
6.2. Parâmetros bacteriológicos	56
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1. INTRODUÇÃO

A civilização humana sempre foi extremamente dependente dos suprimentos de água, buscando áreas com suprimento de água e abandonando a área quando o recurso se esgotava ou tornava-se impróprio para o consumo (MACHADO, 2005).

A quantidade de água no planeta é a mesma desde a sua formação, todavia a quantidade de reservatórios e a qualidade têm mudado ao longo dos anos. O que mantém o volume constante é o ciclo hidrológico, devolvendo aos continentes, mares, rios, lagos etc. a água condensada após ter sido evaporada do continente. De toda água presente no planeta 97,5% é salgada e está armazenada nos oceanos e mares. Os 2,5% restantes são de água doce, sendo 68,9% na forma sólida (gelo e calota polares) e 31,1% na forma líquida. O manancial subterrâneo corresponde a 96% da água líquida (MMA, 2007).

O Brasil é responsável por 53% do potencial hídrico da América do Sul e 12% em relação ao mundo. Apesar da abundância, a distribuição não é uniforme. A região Amazônica detém 68% dos recursos hídricos superficiais em quase metade do território nacional, mas é ocupada por 4,5% da população brasileira, enquanto o semiárido nordestino tem 3,4% da área, e 12,7% da população e apenas 0,5% de água (PEIXINHO, 2004).

A distribuição desigual de água doce superficial no Brasil e no mundo juntamente com o impacto causado na qualidade das águas superficiais, consequência da contaminação pelas atividades antrópicas ou pelo elevado consumo em locais urbanizados, têm contribuído para que as águas subterrâneas sejam uma alternativa para a segurança no abastecimento de água. A água subterrânea é considerada toda água abaixo da superfície do solo (REBOUÇAS, apud SOUZA, 2009).

Em virtude do rápido desenvolvimento econômico-populacional o ser humano assumiu definitivamente o papel de maior interventor na natureza, explorando exaustivamente os recursos naturais e deteriorando a qualidade do meio ambiente. Por conta disso muitos países já começaram a se preocupar com a escassez da água doce. O aumento populacional em 65%, em 50 anos, resultará em déficit no suprimento de água para 70% dos habitantes do planeta, sendo que 16% não terão água o bastante para produzir alimentação básica (SELBORNE, 2001). Esse cenário

poderá resultar em conflitos entre os diversos setores de consumidores – residencial, industrial, agrícola e recreacional. Segundo Bettega *et al* (2006), 29 países não possuem água doce para toda a população.

A ocupação do solo sem critérios, o uso de agrotóxicos, falta de saneamento etc. são fatores que desencadeiam perturbação da qualidade das águas subterrâneas. A ausência de saneamento básico se configura nesse sentido como fator preponderante, pois os dejetos domésticos e industriais serão lançados no ambiente sem qualquer atenuação do seu grau de contaminação (AYACH *et al.*, 2009)

Ainda que seja complementar em muitos países, o uso do manancial subterrâneo representa o principal manancial hídrico de todo o abastecimento para os diversos setores de consumo em muitos países (ANA, 2005).

Geralmente a água subterrânea é menos contaminada que a superficial, uma vez que se encontra protegida da contaminação da superfície, proveniente dos solos e da cobertura rochosa. Mas, como a utilização do manancial subterrâneo vem crescendo constantemente, e os problemas da contaminação de origem antrópica (fossas sépticas, esgotos doméstico e industrial, vazamentos em postos de gasolina, lixões, cemitérios, agrotóxicos, poços profundos mal instalados ou abandonados) também são crescentes, a questão da qualidade do referido manancial hídrico vem sendo muito discutida (ABAS, 2004)

2. JUSTIFICATIVA

A água para o consumo humano deve ser isenta de componentes microbiológicos e químicos que prejudiquem o bom funcionamento do corpo. Estudos que visem aferir a qualidade da água destinada ao consumo humano, sejam de um rio, lago, reservatório de abastecimento ou poço, tem valor social elevado.

Levantamentos de qualidade das águas subterrâneas estão se tornando cada vez mais frequentes devido ao aumento da demanda deste recurso. Geralmente estes levantamentos confrontam a qualidade das águas com as características do entorno ao poço.

Vários estudos nesse sentido vêm sendo realizado há algum tempo. Silva e Araújo (2003) avaliaram a qualidade bacteriológica da água subterrânea utilizada para consumo humano em área de influência de aterro controlado, em duas áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Migliorini *et al* (2006) avaliaram a qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios na região de Cuiabá-MT,

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são veiculadas pela água contaminada por microrganismos patogênicos. Isso tem relação com o alto percentual, 70%, da população mundial que não tem acesso à água tratada e utilizam poços como fonte de água, facilitando, às vezes, a transmissão de doenças (FERNANDEZ & SANTOS, 2007).

O estudo da qualidade da água subterrânea consumida por uma determinada população gera dados que poderão ser utilizados em campanhas educativas e como base de consulta para programas de saneamento e saúde pública. Isso é uma maneira de sensibilizar a população e autoridades no sentido de preservar o bem-estar da família e do meio ambiente.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Águas Subterrâneas

A água subterrânea é resultado da infiltração proveniente do escoamento superficial das águas das chuvas, da alimentação direta dos rios e lagos e do derretimento da neve (COLLISCHON, 2008), estando presente nos poros das rochas permeáveis (ígneas, sedimentar e metamórfica) (BORGHETTI, 2004).

Embora toda água situada abaixo da superfície da terra seja evidentemente subterrânea, na hidrogeologia a denominação água subterrânea é atribuída apenas à água que circula na zona saturada, isto é, na zona situada abaixo da superfície freática (REBOUÇAS, apud SOUZA, 2009).

O volume de água subterrânea no planeta pode chegar a 10.360.230 km³. A estimativa é que o Brasil possua reservas em torno de 92.168 km³ (SILVA, 2011). Segundo Rebouças *et al.* (2002), as águas subterrâneas estão distribuídas da

seguinte forma: 65.000km³ constituindo umidade do solo; 4,2 milhões de km³ até 750 m de profundidade e; 5,3 milhões de km³ de 750m até 4.000 m de profundidade, constituindo o manancial subterrâneo.

De acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2007), a forma como as rochas armazenam e transmitem a água subterrânea influencia diretamente na qualidade. Então, considerando a formação geológica, os aquíferos, corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos, podem ser:

- **Granulares (porosos):** funcionam como esponjas onde os espaços deixados durante a formação das rochas sedimentares (conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, pelitos, folhelhos, sedimentos calcários, lentes, entre outros) são ocupados por água. São os melhores armazenadores de água (como Aquífero Guarani e São Sebastião-BA).
- **Fraturados ou fissurais:** águas armazenadas nas fissuras resultantes do fraturamento das rochas ígneas (granitos, basaltos, diabásio e piroclásticas ou metamórficas) e metamórficas (metassedimentos, metacalcários, mármore, gnaisses, xistos, milonitos) que são menos permeáveis.
- **Cársticos (condutos):** formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos.

Os aquíferos também são classificados como livres, mais próximos a superfícies, ou confinados, que se encontram entre duas camadas parcialmente impermeáveis (SILVA & ARAÚJO, 2003).

A recarga dos aquíferos é dependente do fator pluviométrico e do equilíbrio entre a infiltração, escoamento e evaporação. Assim, a topografia da área, os aspectos edáficos e a situação da cobertura vegetal têm papel fundamental na recarga dos aquíferos. As áreas de recarga diretas, importantes para a manutenção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas, geralmente estão localizadas em altos topográficos (morros, serras, etc.) e afloramentos de rochas sedimentares (MMA, 2007). A recarga dos aquíferos livres ocorre por toda superfície. No aquífero confinado a recarga ocorre nas áreas de afloramento (áreas onde a rocha “aparece” na superfície).

O movimento das águas subterrâneas através dos poros das rochas e/ou do solo geralmente é muito baixo, da ordem de cm/dia. Essa movimentação depende das características do terreno, quanto mais poroso o terreno, maior a permeabilidade do solo e a velocidade da água subterrânea (PRESS *et al.* 2006).

3.2. O uso da água subterrânea

A captação da água subterrânea pode ser realizada no aquífero livre (poços freáticos, cisternas, cacimbas), confinado (poços artesianos) feitos pelo homem.

Milhões de metros cúbicos de água doce são utilizados diariamente no consumo doméstico, agropecuário e abastecimento industrial para suprir o acelerado crescimento demográfico mundial. De acordo com Rebouças *et al.* (2002), agricultura, indústria e consumo domiciliar representam, respectivamente, 82%, 10% e 8% do uso da água no mundo. O uso das águas subterrâneas na agricultura representa 70%, particularmente nas regiões áridas ou semiáridas (SELBORNE, 2001).

Segundo Leal (1999), o aumento da demanda pelo recurso hídrico subterrâneo teve início com a crescente oferta de energia elétrica e a poluição das águas superficiais. Outro fator que impulsiona o uso deste manancial é a pouca disponibilidade de águas superficiais em muitas regiões de vários países.

Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam somente águas subterrâneas para todo o abastecimento humano. Em países como Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça mais

de 70% da demanda é atendida por manancial hídrico subterrâneo. Assim, de acordo com Falkenmark (2005) um terço da população do mundo utiliza águas subterrâneas.

Há uma estimativa de que no Brasil existam pelo menos 400 mil poços com ampla distribuição regional (ZOBY & MATOS, 2002). No estado de São Paulo 47,7% do abastecimento (308 municípios) é realizado a partir do manancial subterrâneo (SILVA *et al.*, 1998). Em Maranhão e Tocantins mais de 70% das cidades usam água de poços, no Estado do Piauí acima de 80% e na Região Metropolitana de Recife estima-se a existência de 4.000 poços, abastecendo cerca de 60% da população. A cidade de Natal-RN possui cerca de 70% do seu abastecimento de água proveniente do manancial (COSTA, 2000).

No Brasil 15,6% dos domicílios utiliza somente água subterrânea e uma grande parcela da população (77,8%) utiliza água proveniente de rede de abastecimento, sendo que boa parte dos imóveis também possui poços (IBGE, 2002).

3.3. Qualidade das águas subterrâneas

A passagem da água entre os poros do solo possibilita que a água passe por um processo natural de depuração que muitas vezes dispensa tratamento prévio para o consumo humano. Os microrganismos presentes na água são eliminados durante a infiltração no solo devido ausência de oxigênio e nutrientes (SILVA & ARAUJO, 2003). Fatores como o volume de recarga do aquífero, o tamanho das partículas do solo, a temperatura, o pH, as formas antagônicas da microflora do solo, o conteúdo de matéria orgânica e a retenção e a pressão de oxigênio no solo também influenciam na movimentação de microrganismos no solo (COELHO & DUARTE, 2008).

No que se referem à hidroquímica, os litotipos dos aquíferos, o tipo de alteração mineral e do fluxo e taxa da recarga do aquífero definirão as concentrações dos parâmetros físico-químicos do manancial subterrâneo. Ou seja, o intemperismo irá demonstrar a composição física e química das águas subterrâneas (DREVER, 1997).

Desta forma, a qualidade físico-química e bacteriológica da água subterrânea é resultado da evolução química no solo que atravessa. De acordo com Santos (2009), as águas subterrâneas geralmente não são influenciadas pelas variações climáticas e não precisam de tratamentos sofisticados para serem utilizadas no consumo humano, já que são mais protegidas de microrganismos patogênicos e de alguns constituintes químicos.

Embora menos vulneráveis à contaminação, não é conveniente considerar que a proteção conferida pelo solo a um aquífero seja suficiente para mantê-lo livre de contaminação, pois as mesmas fazem parte do ciclo hidrológico. O filtro que o solo confere aos recursos hídricos subterrâneos é passível de perturbações. Mesmo localizadas abaixo do solo, muitas ações comprometem a qualidade destas águas a curto e longo prazo. Assim, a vulnerabilidade de um aquífero está relacionada à extensão, área de recarga, espessura da camada superficial, profundidade do nível da água e ação antrópica (MMA, 2007).

O destino final dos esgotos doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas e substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA & ARAÚJO, 2003). A seguir estão listadas as principais fontes de contaminação/poluição dos recursos hídricos subterrâneos, de acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2005).

3.3.1. Fontes de contaminação

3.3.1.1. *Construção de poços*

A perfuração de poços em locais inadequados e em desacordo com as normas técnicas (ABNT NBR-12.212/92 e 12.244/90) compromete a qualidade da água subterrânea à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas e menos vulneráveis. A inexistência de tubo de boca, laje de proteção e um perímetro de proteção são fatores que aumentam a possibilidade de contaminação por coliformes (CETESB,

2004). Assim, um problema da utilização do manancial subterrâneo é que muitas vezes os poços são perfurados sem as condições técnicas estabelecidas, gerando com isso canais de contaminação (ANA, 2005).

Estudo realizado em 584 poços no Estado do Piauí revelou que em 46% o perímetro interno de proteção estava ausente. Em 571 poços analisados, 49% não possuíam a laje de proteção (ANA, 2010).

3.3.1.2. Saneamento básico

Segundo dados do IBGE (2008), dos 57,7 milhões de domicílios que existiam no Brasil, apenas 44% estavam conectados a rede coletora de esgoto e 68,8% do volume de esgoto coletado recebia tratamento antes do seu destino final. A carência de saneamento básico representa um risco às águas subterrâneas através da infiltração por fossas negras do escoamento superficial, que acaba infiltrando no solo, e pelo vazamento de redes de esgoto. Este impacto pode ser verificado pelo aumento da concentração de nitratos e, principalmente, presença de bactérias *Escherichia coli*.

O uso das fossas sépticas é importante, pois evitam o lançamento dos dejetos humanos diretamente nos rios, lagos ou na superfície do solo. Segundo a ABNT NBR (1993), a instalação de fossas sépticas sem as recomendações técnicas pode provocar contaminação das águas subterrâneas e outros danos ao meio ambiente.

A existência de esgotamento sanitário é fundamental para a saúde da população, pois o acesso ao saneamento básico é essencial para o controle e a redução de doenças. A falta de saneamento básico (sistema de tratamento de esgoto e coleta de lixo) além de prejudicar a saúde da população, eleva os gastos da saúde com o tratamento às vítimas de doenças causadas pela falta de abastecimento de água adequado (PEREIRA, 2004). Segundo Leigh (1996) as doenças causadas por falta de saneamento básico são, depois das doenças de hipertensão, a maior causa de mortalidade no mundo.

3.3.1.3. *Resíduos sólidos*

O grande impacto proveniente da decomposição anaeróbica da matéria orgânica se dá por meio da produção do chorume (altas concentrações de matéria orgânica e metais pesados), que pode percolar e atingir o manancial subterrâneo (SANTOS, 2004)

A destinação final dos resíduos sólidos no Brasil tem contribuído para o incremento de contaminação no solo, conseqüentemente das águas subterrâneas. Segundo dados do IBGE (2008), 50,8% dos resíduos sólidos coletados vão para vazadouro a céu aberto; 22,5% para aterros controlados e; 27,7% vão parar nos lixões.

3.3.1.4. *Agricultura*

Em 2002, para 53,5 milhões de hectares plantados, o Brasil utilizou 7,6 milhões de toneladas de fertilizantes (IBGE, 2004). O uso intenso de fertilizantes nas plantações, que geralmente apresentam nitrogênio, potássio e fósforo como nutrientes podem contaminar as águas do subsolo. O nitrogênio, principalmente na forma de nitrato, é o que causa maior impacto (BITTENCOURT, 2009).

3.3.1.5. *Indústria*

Não raramente, os contaminantes tóxicos (combustíveis líquidos, solventes aromáticos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - PAHs, metais e solventes halogenados) produzidos pelas indústrias alcançam os solos e as águas superficiais, e posteriormente podem atingir as águas subterrâneas (ANA, 2005). Estes contaminantes podem ser provenientes do processo produtivo ou mesmo de vazamentos acidentais (CETESB, 2004).

3.3.1.6. *Postos de combustíveis*

Um dos fatores que ameaçam a qualidade do manancial subterrâneo no centro urbano são as instalações de postos de combustíveis. Vazamentos decorrentes da má instalação ou corrosão de tanques de armazenamento de combustíveis acabam dispersando os hidrocarbonetos no subsolo aumentando as chances de contaminação das águas subterrâneas (MACÊDO, 2009). Relatórios de qualidade da água subterrânea em Ribeirão Preto (SP) apontaram seis ocorrências de contaminação das águas subterrâneas provenientes de vazamentos em reservatórios de combustíveis (BARROS & PORTO, 2009).

A Resolução 273/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece que a instalação e operação de postos revendedores de combustível dependerão de licenciamento prévio do órgão ambiental.

3.3.1.7. *Mineração*

De acordo com Dias (2001) a contaminação decorrente da mineração ocorre por meio da recarga de corpos de d'água subterrânea através das águas provenientes da área do empreendimento, tendo em vista substâncias químicas do beneficiamento do minério que alteram o pH da água e aumentam os teores de ferro, sulfatos totais e outros elementos tóxicos.

O caulim é um minério utilizado na fabricação de papel, cerâmicas, tintas etc. Durante o processo de beneficiamento subprodutos como alumínio, ferro, zinco e, provavelmente cádmio e ácido sulfúrico são gerados (SILVA *et al*, 2001). Em estudo realizado no estado de Minas Gerais, Pereira (2000) detectou altas concentrações de ferro e zinco em um corpo d'água superficial utilizado no beneficiamento do caulim.

Para Sánchez (2001), o impacto ambiental provocado pela instalação e exploração (remoção da cobertura vegetal e abertura do solo) de uma mina aumenta gradativamente caso não haja recuperação das áreas afetadas.

3.3.1.8. Cemitérios

Contribuem com microrganismos patogênicos oriundos do cadáver em decomposição. Alguns estudos já confirmaram essa correlação. Matos & Pacheco (2002) constataram, em vários cemitérios de cidades de São Paulo, a presença de microrganismo provenientes dos corpos em decomposição na água subterrânea. Marinho (2008) confirmou a presença de bactérias e produtos nitrogenados na água subterrânea sob o cemitério São João Batista, em Fortaleza.

3.4. Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água é realizado a partir de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, comparando os resultados encontrados com os valores máximos permitidos (VMP) em legislação vigente como a Resolução CONAMA 357 e 396, Portaria de Potabilidade 2914/2011 etc. Alguns parâmetros a serem monitorados são:

- Cor: característica resultante da presença de substâncias dissolvidas (NBR 9896/1993). Minerais ou substâncias metálicas (compostos de ferro e manganês), húmus, turfa, tanino, algas, e protozoários, ou ainda, despejos industriais contribuem para a alteração da cor da água (FUNASA, 2009).
- Turbidez: indica o grau de interferência que a água pode possuir à passagem de luz, devido à presença de partículas em suspensão. Fatores naturais como erosão das rochas presentes no solo podem elevar a turbidez (VON SPERLING, 2005).
- pH: expressa a concentração de íons hidrogênio, relacionado com acidez ou basicidade de uma solução. Tem relação com as características do solo, porém alguns fatores antrópicos como despejos domésticos e industriais podem influenciar (VON SPERLING, 2005).

- Alcalinidade: capacidade de as águas neutralizarem compostos ácidos (NBR 9896/1993). Os constituintes da alcalinidade serão diferentes a depender do pH. Quando o pH está entre 4,4 e 8,3 o constituinte será apenas bicarbonato (VON SPERLING, 2005).
- Cloretos: compostos que se dissociam liberando o ânion inorgânico Cl, presente nas águas na forma de cloretos de sódio, cálcio, magnésio e potássio. Os cloretos são provenientes da dissolução de minerais, despejos industriais e águas utilizadas em irrigação (VON SPERLING, 2005).
- Dureza: decorrente da presença de alguns metais e/ou sais de cálcio, magnésio entre outros. A dureza total, soma das durezas temporária e permanente, é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (MOREIRA, 2005). A origem dos cátions mais frequentes relacionados à dureza, Ca^{2+} e Mg^{2+} , é a dissolução das rochas calcárias contendo cálcio e magnésio e despejos industriais. Todavia não existem evidências que a dureza cause alguma mal a saúde humana. Ao contrário, existe uma indicação que águas mais dura possam diminuir a incidência de doenças cardíacas (VON SPERLING, 2005).
- Nitrogênio (nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato): pode ser encontrado naturalmente nas águas subterrâneas. Porém, a presença de concentrações elevadas pode ser um indicativo de contaminação, consequências de fontes de poluição próximas. Fertilizantes solúveis, sistemas sépticos humanos, lançamento de efluente doméstico e industrial e esterco de animais domésticos são fatores que podem contaminar as águas subterrâneas com macronutrientes (WILLIAMS, 1998). O consumo destas águas pode induzir a patologias como metemoglobinemia (síndrome do bebê azul) e maior risco de câncer (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).
- Fósforo: também pode ocorrer naturalmente nas águas subterrâneas. As principais fontes naturais para o fósforo são a dissolução de compostos no

solo, a decomposição da matéria orgânica e o fósforo da composição celular de microrganismos (VON SPERLING, 2005).

- Coliformes: indicadores de contaminação fecal tradicionalmente aceitos. Os coliformes totais compreendem todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não formadoras de esporos, aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. Esta definição é a mesma para o grupo coliformes fecais, porém, restringindo-se aos capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas a 44,5 °C - 45,5°C (SILVA, 1997). O grupo coliformes é escolhido como indicador de contaminação em virtude de: presença nas fezes de animais de sangue quente, como seres humanos; relação direta com a contaminação fecal na água; facilidade de detecção e quantificação por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água e; sobrevivência maior na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais e incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático.

Atualmente o Brasil conta com uma Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS, implantada em 2009 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que tem por objetivo registrar as variações do nível d'água e analisar semestralmente parâmetros mínimos fixados pela Resolução CONAMA 396. As informações desta rede de monitoramento são obtidas através do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), que está hospedado no site do CPRM no endereço <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. O banco de dados do SIAGAS possui informações de aproximadamente 226.400 poços distribuídos em todo o território nacional. A Bahia é o segundo estado com maior número de poços cadastrados (20.821) (CPRM, 2013). Esta quantidade reflete a indisponibilidade de águas superficiais em vários pontos da Bahia.

Além disso, em alguns estados, as concessionárias de abastecimento público têm adotado o monitoramento dos recursos hídricos subterrâneos. O estado de São Paulo, por exemplo, possui uma rede de monitoramento que conta com 162 poços (CETESB, 2004). O aquífero Jandaíra, localizado na região de Baraúna (RN), possui

um monitoramento semestral da qualidade de suas águas (CASTRO *et al.*, 2004). Em algumas cidades-satélites de Brasília, 132 poços localizados em condomínios são utilizados para monitoramento das águas subterrâneas.

Para atender ao padrão de potabilidade para ingestão humana, estabelecido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, a água destinada ao consumo humano deve estar isenta de microrganismos patogênicos e de bactérias indicadoras de contaminação fecal, além de conter concentrações específicas para determinadas substâncias químicas. Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são veiculadas pela água contaminada por microrganismos patogênicos.

Para efeito de classificação das águas subterrâneas, a Resolução CONAMA 396 classifica-as mediante as qualidades e usos preponderantes.

3.5. Legislação

É vasta a legislação brasileira que visa proporcionar o uso consciente e a proteção da qualidade das águas subterrâneas. O Decreto nº 24.643/34, conhecido como o “Código das Águas”, estabeleceu o uso das águas subterrâneas por qualquer proprietário de terreno desde que não prejudiquem aproveitamentos já existentes (BRASIL, 1934). Cabe salientar que a água subterrânea é um bem do Estado, como mencionado no art. 26 da Carta Magna (BRASIL, 1988).

A questão ambiental no Brasil foi bastante impulsionada com a publicação da Lei nº 6.938/81, que trata da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, racionalizando o uso do solo, do subsolo, da água e do ar (BRASIL, 1981).

A Lei nº 9.433/97 trata da extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo, derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, lançamento em corpos de águas de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; e aproveitamento dos potenciais hidrelétricos, tornando necessária a outorga pelo Poder Público (BRASIL, 1997).

Em 2001 com a criação da Resolução nº 15, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH – ficou definido que o enquadramento dos corpos de água em classes deve se dar segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes. Esta Resolução se balizou no fato do manancial subterrâneo se apresentar em diferentes situações hidrogeológicas e poder ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e suas águas possuírem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas, tornando-se assim necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nessas especificidades.

Seguindo os pré-requisitos supracitados e, considerando a importância da caracterização das águas subterrâneas, a prevenção e controle da poluição e considerando a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a partir da Resolução 396/08, classificou as águas subterrâneas em cinco classes de qualidade, enquadrando-as em relação aos usos preponderantes (consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação) estabelecendo as concentrações máximas dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos de acordo com cada tipo de uso.

- Classe 1 (Especial): destinadas à preservação de ecossistemas em Unidades de Conservação de Proteção Integral ou que alimentem corpos hídricos superficiais de classe especial.
- Classe 2: mantém qualidade natural, e não necessitam de qualquer tratamento, sendo, por suas características hidrogeoquímicas, aptas a todos os usos.
- Classe 3: com alteração da qualidade natural. Tais águas, em função do seu uso, devido não à alteração antrópica, mas às condições hidrogeoquímicas, podem necessitar de tratamento, para estarem aptas a todos os usos.
- Classe 4: com alteração por ação antrópica da qualidade natural, e por estarem contaminadas e sem tratamento só podem ter uso em atividades que

não têm requisitos de qualidade para uso., a não ser que seja realizado tratamento.

- Classe 5: com alteração da qualidade natural, por ação antrópica, e por estarem contaminadas, somente podem ser destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

Outra Resolução do CNRH, nº 92/2008, estabeleceu critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro, visando identificar, prevenir e reverter processos de superexploração, poluição e contaminação, considerando especialmente as áreas de uso restritivo.

Ainda em relação à proteção do manancial subterrâneo, podem-se citar as normas da ABNT NBR – 12.212/92 e 12.244/90 que especificam critérios para a construção de poços. A questão da perfuração do solo e subsolo com o objetivo de captação de água subterrânea é estabelecida pelo Decreto-Lei nº 226-A/2007. Este instrumento legislador prevê a necessidade da realização de pesquisa da área antes da execução de perfuração do poço. O Decreto ainda prevê condições que devem ser atendidas para garantir a qualidade e quantidade do manancial subterrâneo.

3.6. Água subterrânea no Brasil

No Brasil, as condições climáticas e geológicas favoreceram o desenvolvimento de sistemas aquíferos com potencialidade para suprir água em quantidade e qualidade necessárias às mais diversas atividades. Aproximadamente 48% do território nacional, 4.130.000 km², são constituídos de terrenos sedimentares como mostra a figura 1. Os terrenos cristalinos, que constituem os aquíferos cárstico e fraturado, perfazem 52% do território (ANA, 2005).

Os terrenos sedimentares são considerados os melhores armazenadores de água subterrânea, sendo os principais sistemas aquíferos localizados nesses tipos de terrenos como ilustrado na figura 2. Estão amplamente distribuídos e a qualidade das águas é aceitável para o uso humano (ANA, 2005).

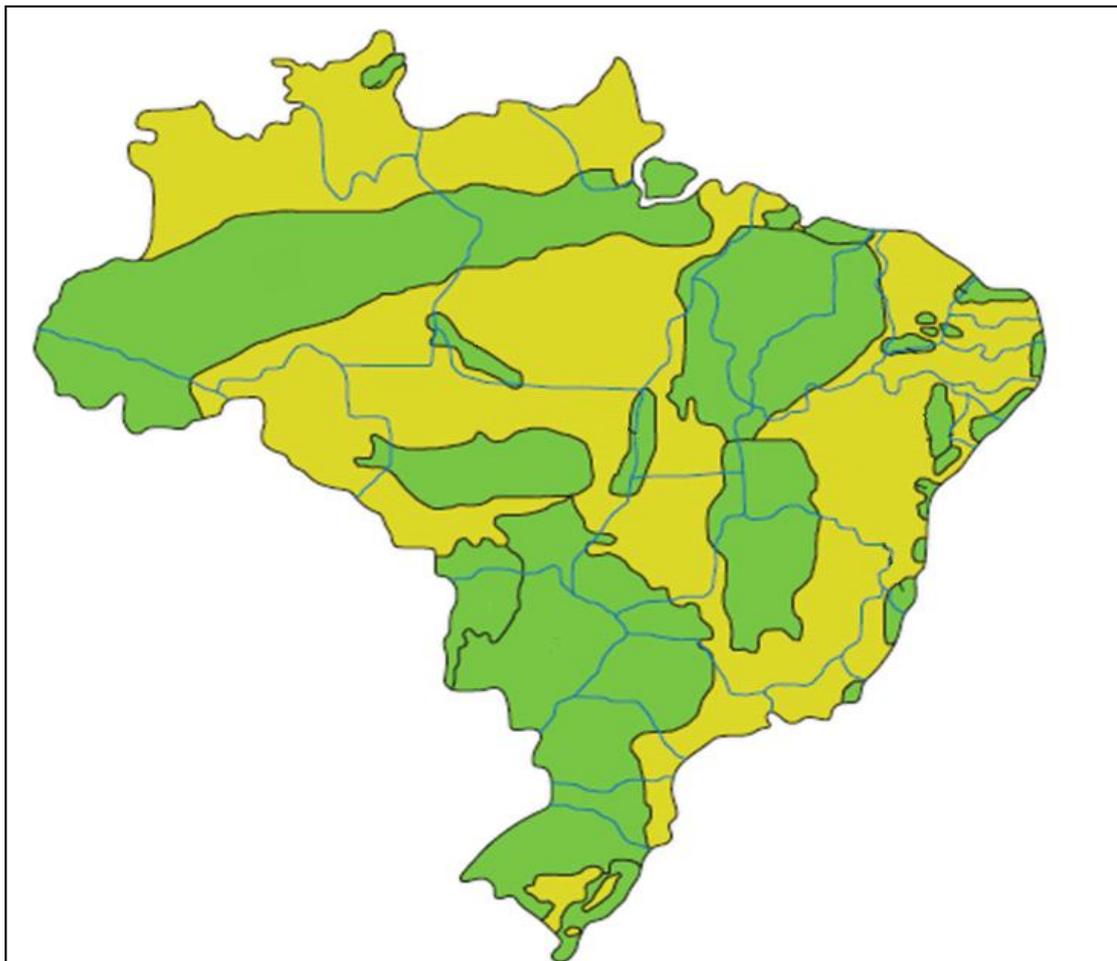


Figura 1. Principais domínios sedimentares (verde) e cristalinos (laranja) do Brasil. Fonte: ANA, 2005.

No Brasil, as reservas subterrâneas de água são estimadas em 112.000 km³. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), as condições de armazenamento dessas águas estão distribuídas em 10 províncias e 15 subprovíncias hidrogeológicas (Figura 3)

Fazem parte do sistema poroso as províncias Amazonas, Paraná, Parnaíba-Maranhão, Centro-Oeste e Costeira. Do sistema fraturado (ou fissurado) fazem parte as províncias Escudo Setentrional, Central, Oriental e Meridional. O sistema cárstico é representado pela província hidrogeológica São Francisco (ABAS, 2013).

No Nordeste há uma má distribuição dos recursos hídricos subterrâneos. Isso se deve à heterogeneidade dos solos. Na Bahia há terrenos sedimentares, metassedimentares, cársticos, e de embasamento submetidos às diferenças

climáticas e por isso apresenta um potencial hídrico subterrâneo bastante heterogêneo (OLIVEIRA *et al*, 2004)

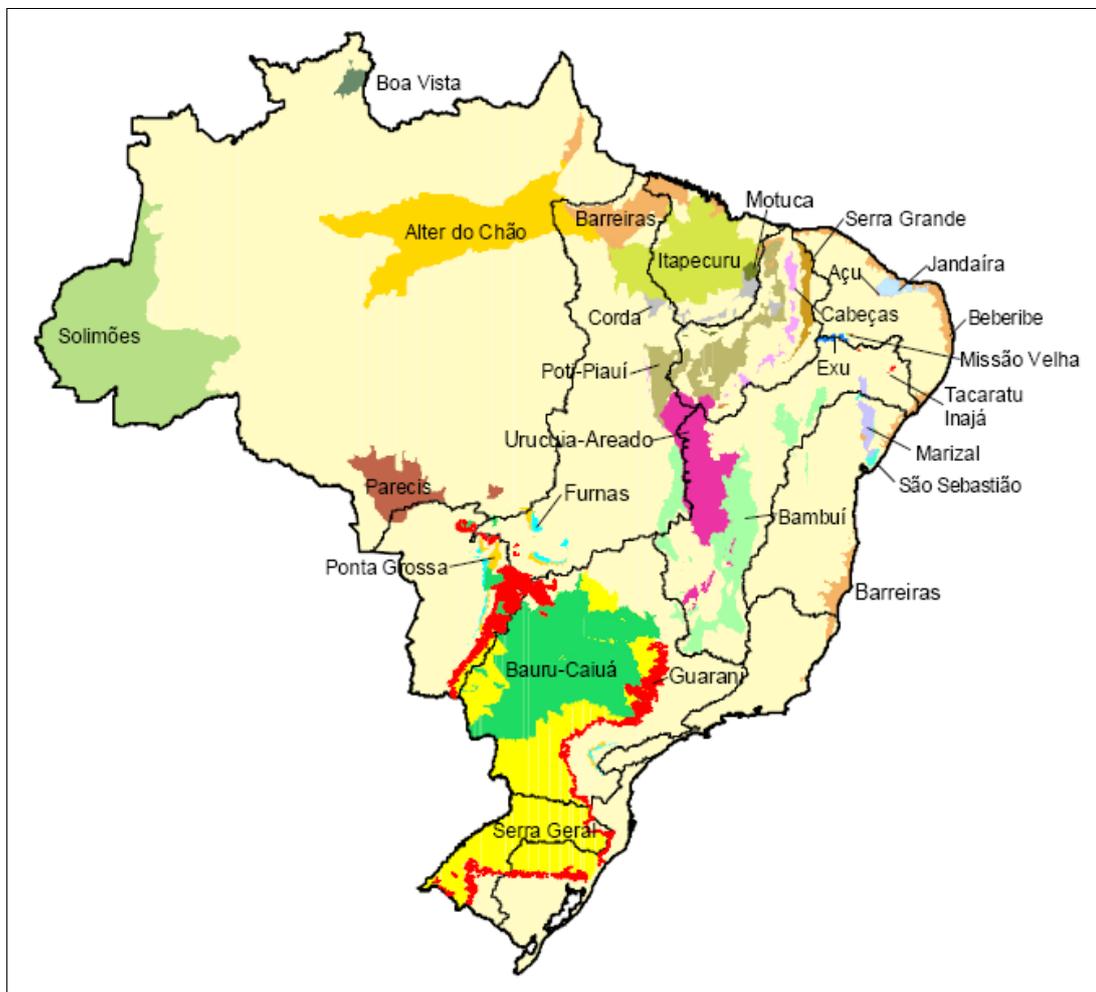


Figura 2. Principais sistemas aquíferos do Brasil. Fonte: ANA, 2005.
Obs.: as cores servem para destacar os sistemas

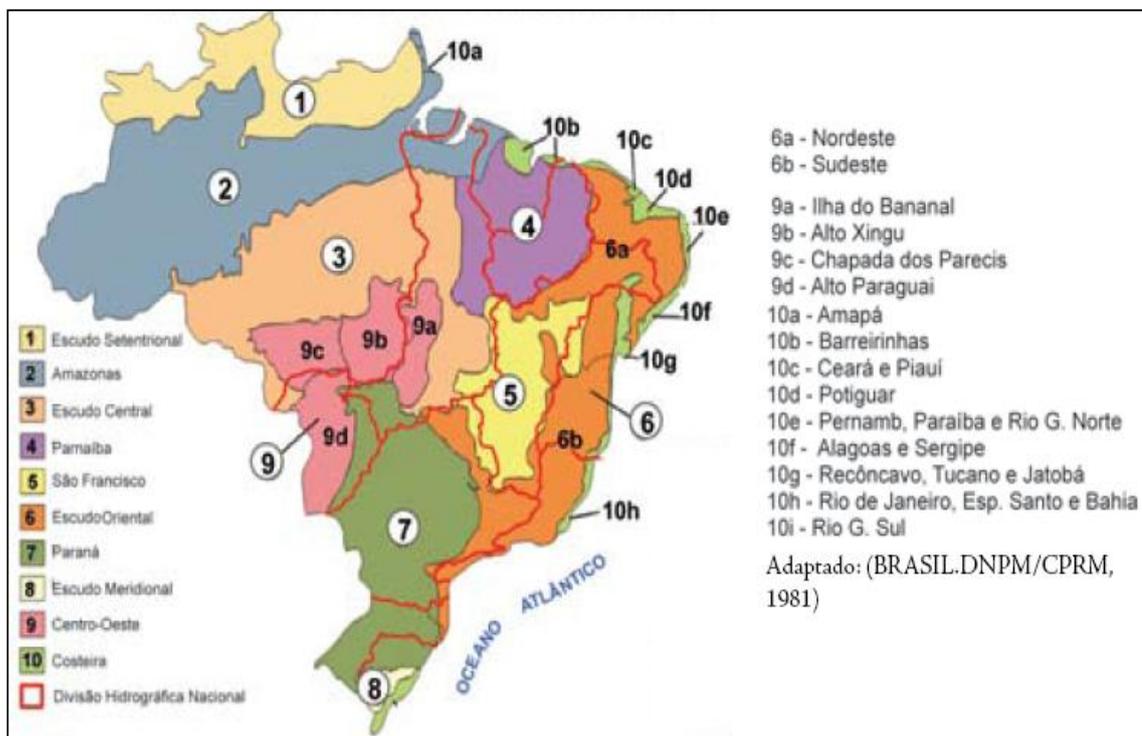


Figura 3. Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil. Fonte: MMA, 2012

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

- Avaliar a qualidade da água do manancial subterrâneo em um município da Bahia.

4.2. Objetivos Específicos

- Traçar o perfil do abastecimento de água através de poços no município, a partir de dados existentes da Empresa de Abastecimento do município;
- Avaliar a qualidade físico-química da água;
- Comparar aspectos bacteriológicos e físico-químicos de amostras de água de diferentes poços no período de seca;

- Avaliar a importância do tratamento de esgoto na qualidade da água subterrânea, comparando áreas com e sem tratamento de esgoto;
- Fornecer informações para o fomento de ações visando atendimento da comunidade com água de melhor qualidade.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de Estudo

Santo Antonio de Jesus (Figura 4) está localizado no Recôncavo Sul da Bahia ($12^{\circ}58'08''S$ e $39^{\circ}15'41''W$) a 187 km de Salvador pela BR 101 e faz divisa com os seguintes municípios: Aratuípe, Muniz Ferreira, Dom Macedo Costa, Conceição do Almeida, Varzedo, São Miguel das Matas e Laje. As principais vias de acesso são a BR – 101 que faz ligação com a região Norte e Sul do Estado, a BA 028 que fica a Leste e a BA 026 localizada a Oeste da cidade (SEI, 2010).

O município está a 213m de altitude, apresenta clima subúmido a seco (temperatura média anual $24,1^{\circ}C$ e pluviosidade anual 1154,0 mm), com vegetação do tipo floresta ombrófila densa e vegetação secundária onde existem áreas de cultivo agrícolas. O solo tem característica latossolos e alissolos, o relevo é do tipo tabuleiros interioranos e tabuleiros pré-litorâneos, a geologia possui aspectos de depósitos aluvionares e coluvionares, gnaisses e granulitos (SEI, 2010).

Possui aproximadamente 91 mil habitantes distribuídos em 31.440 domicílios numa área de 261.348 Km². A população está mais concentrada na zona urbana, sendo 79.299 habitantes (IBGE, 2010). O despejo dos dejetos domésticos provenientes das atividades antrópicas é realizado diretamente na rede coletora de esgoto da Embasa em três localidades (Conjuntos Habitacionais Urbis III e IV e no bairro Marieta Martins), enquanto no restante da cidade os imóveis possuem fossa séptica ou lançam os dejetos na rede de drenagem pluvial.



Figura 4. Mapa de localização do município de Santo Antônio de Jesus. Fonte SEI, 2010

5.2. Pontos de coletas

Previamente foram visitados domicílios localizados em áreas predefinidas para o conhecimento da existência de poços. Após pré-seleção dos pontos foi solicitado aos responsáveis dos imóveis permissões para coleta. O critério de seleção dos poços foi com base na facilidade de acesso aos mesmos. Foram selecionados seis poços, localizados em pontos estratégicos representativos de regiões com e sem tratamento de esgoto (Figura 5).

- Poço 1 (**P1**): Afastado do centro urbano, próximo à zona rural e localizado numa área onde há grande concentração de atividades industriais (Figura 6). As indústrias geralmente fazem uso de fossas sépticas. Ao redor da

área constataram-se grandes extensões de terra com atividade agrícola (Figura 7). Poço possui laje de proteção (Figura 8).

- Ponto 2 (**P2**): Situado no centro da cidade, próximo de hospital, shopping, postos de combustíveis e cemitério. Os dejetos são lançados em rede de drenagem pluvial e alguns domicílios possuem fossas sépticas. Este poço está dentro de um estabelecimento comercial de lavagem de carros. A água é captada do poço (Figura 9) e armazenada em um tanque para sua utilização (Figura 10).
- Pontos 3 e 4 (**P3 e P4**): Localizados no centro da cidade em uma área urbana, com imóveis não conectados à rede coletora de esgoto e que utilizam fossa séptica como destino final dos dejetos domésticos. No poço 3, residencial (Figura 11), existe apenas uma tampa para vedar a entrada do poço (Figuras 12). Já no ponto 5, comercial (Figura 13), o poço possui uma laje de proteção (Figura 14).
- Ponto 5 (**P5**): Localizado no centro da cidade em um conjunto habitacional com rede coletora de esgoto mas com a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) afastada em torno de 1Km. O poço está ao redor de uma vasta área verde (Figura 15). Possui laje de proteção (Figura 16)
- Ponto 6 (**P6**): Localizado numa área em grande expansão habitacional onde não há rede coletora de esgoto e geralmente os imóveis possuem fossas sépticas (Figura 17). Poço possui laje de proteção (Figura 18).

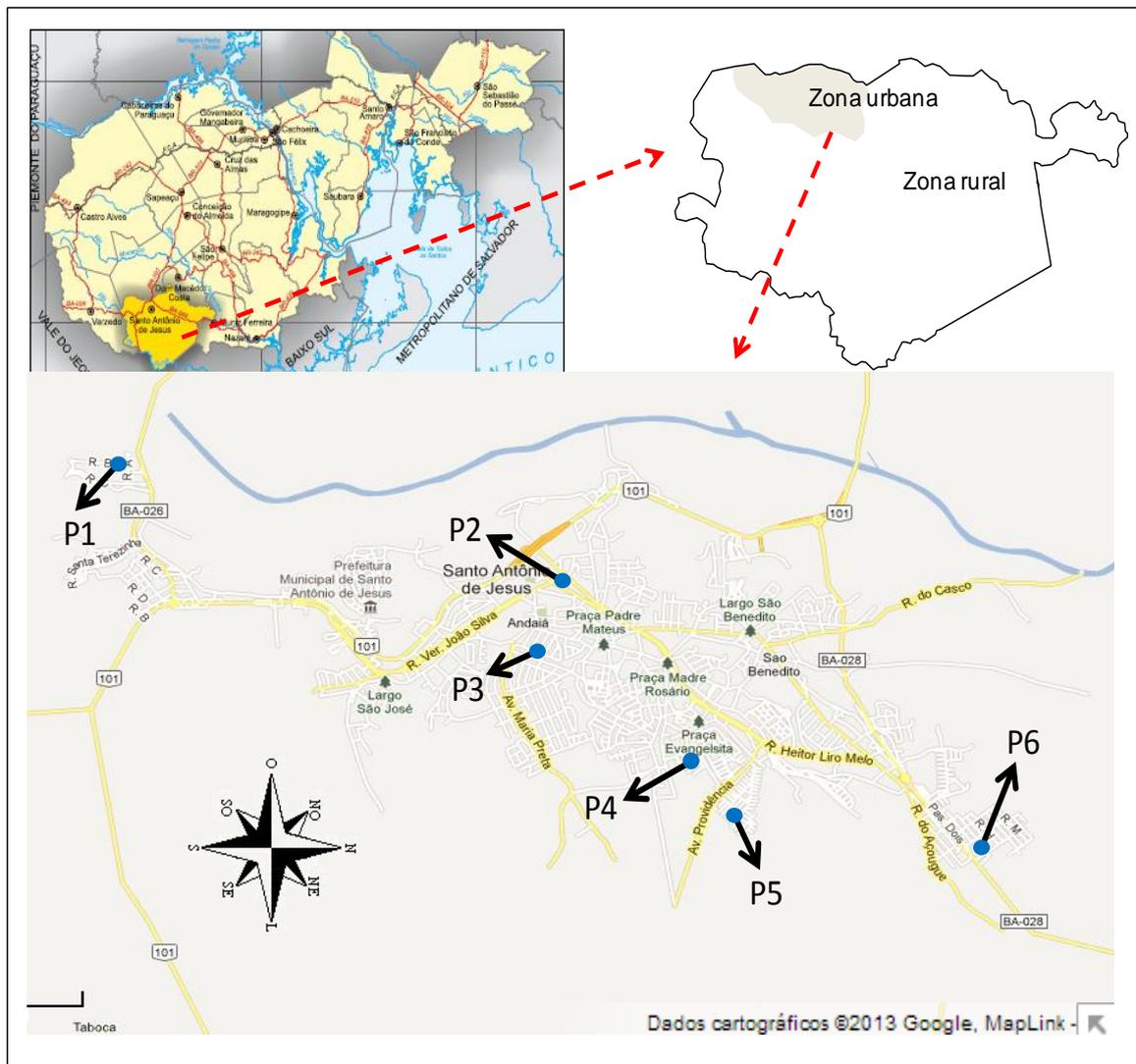


Figura 5. Pontos de amostragem. Fonte: adaptado do Google Earth Mapas e SEI

5.3. Amostragens

As coletas ocorreram no período de seca entre novembro de 2011 a maio de 2012. Não houve coleta em dezembro. Em cada dia de coleta foram coletadas, em cada ponto, 01 amostra, totalizando 06 amostras por coleta e 30 amostras no período. Foram coletadas amostras para análises bacteriológicas (coliformes) e os parâmetros físico-químicos (cor, turbidez, pH, alcalinidade, cloreto, dureza total, nitrogênio e fósforo). Amostras de água foram coletadas em frascos plásticos esterilizados acondicionados em caixa de isopor isotérmica contendo gelo e levadas para o laboratório para realização das outras análises.



Figura 6. Vista panorâmica da área do ponto 1



Figura 7. Atividade agrícola nas proximidades do ponto 1



Figura 8. Poço 1



Figura 9. Sistema de captação e bombeamento do poço 2.



Figura 10. Tanque de armazenamento do poço 2.



Figura 11. Vista ampliada do poço 3



Figura 12. Visão superior do poço 3.



Figura 13. Visão panorâmica da área do ponto 4



Figura 14. Poço 4



Figura 15. Visão panorâmica da área do ponto 5.



Figura 16. Poço 5.



Figura 17. Visão panorâmica da área do ponto 6



Figura 18. Poço 6

5.4. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no LCQA (Laboratório de Controle da Qualidade da Água) da Embasa em Santo Antonio de Jesus (Tabela 1) (Figuras 19 e 20).

Da amostra bruta foi congelado um volume de 350 ml para posterior análise de fósforo total e nitrogênio total. As análises de nitrogênio total (MACKERETH *et al.*, 1978) e fósforo (MURPHY & RILEY, 1962) foram realizadas no NEPA (Núcleo de Pesquisa em Pesca e Aquicultura) da UFRB no campus de Cruz das Almas – BA.

Tabela 1. Métodos utilizados na determinação dos parâmetros físico-químicos.

Parâmetro	Método - Equipamento	Resultado expresso em:
Cor	Colorímetro - Nessler Quanti 200 Policontrol	Unidade de Hazen (uH)
Turbidez	Nefelométrico - Turbidímetro portátil 2100P Hach	Unidades de Turbidez Nefelométrica – UNT
pH	Potenciômetro - pHmetro de bancada UB-10, Denver	-
Alcalinidade	Titulométrico - ácido sulfúrico	mg/L de carbonato de cálcio (CaCO ₃) equivalente
Cloretos	Mohr - titulação com nitrato de prata	mg/L Cl
Dureza total	Titulométrico - EDTA 0,01M	mg/L
Nitrogênio total	Kjeldah	mg/L N
Fósforo total	Vanadomolibdico - espectrofotômetro de absorção	mg/L P

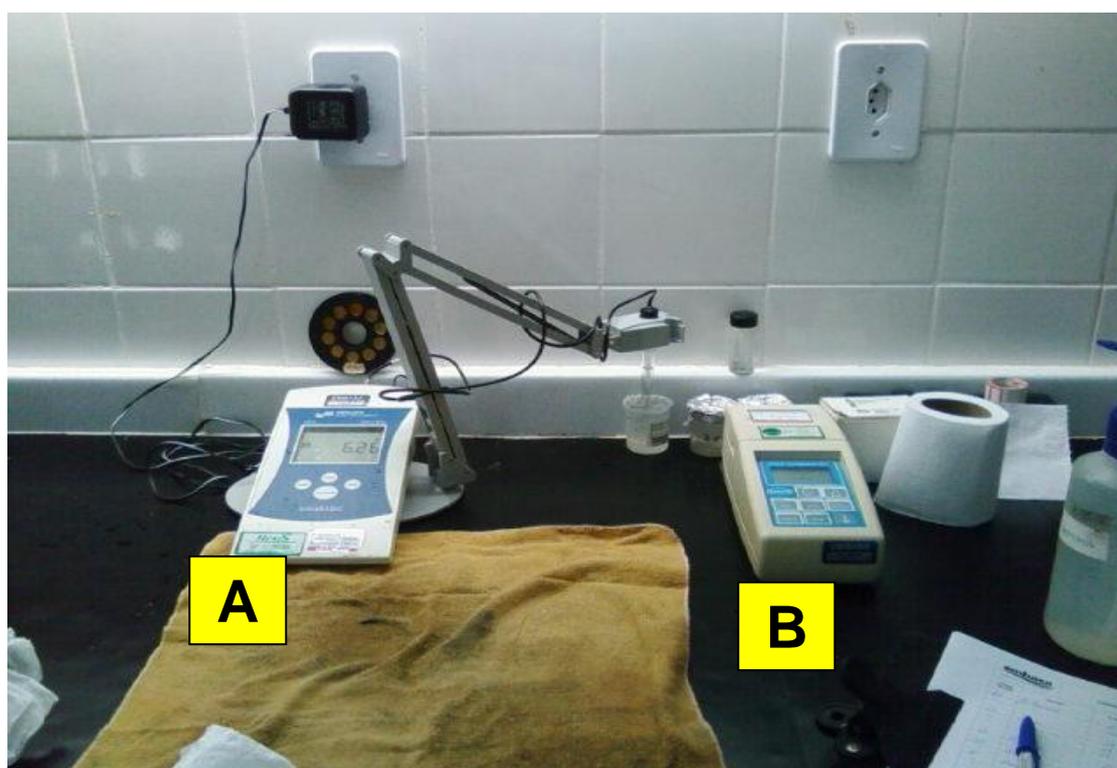


Figura 19. pHmetro (A) e turbidímetro (B)

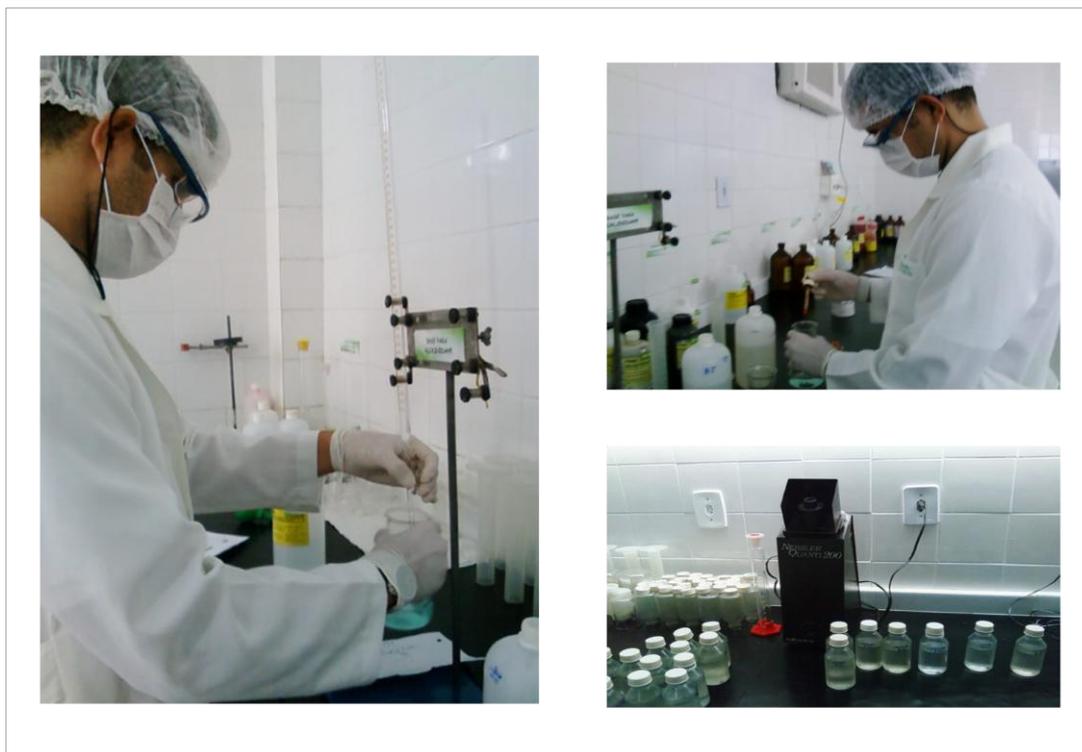


Figura 20. Execução de análises físico-químicas

5.5. Análises bacteriológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no LCQA da Embasa em Santo Antonio de Jesus. Coliformes foram analisados pela técnica de tubos múltiplos (APHA, 2005), com testes presuntivos e, a depender dos resultados, testes confirmativos. A preparação do meio de cultura para as análises eram feitas pela manhã antes da saída para as coletas (Figura 21)

Para a etapa presuntiva foi colocado um tubo de Durham em cada um dos 15 tubos de ensaio contendo o caldo lactosado (previamente identificados), dispostos em três fileiras de cinco nas diluições 1:1, 1:10 e 1:100. Após a distribuição os tubos foram incubados a $35 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 24/48 horas (Figura 22). No final o teste presuntivo foi considerado positivo nas amostras com formação de gás no tubo de Durham. Neste caso aplicou-se o teste confirmativo separando-se os tubos positivos nas diluições 1:1; 1:10 e 1:100. Foi utilizado o meio de cultura verde brilhante bile a 2% (para identificação de coliformes totais) e o caldo EC (para identificação de coliformes termotolerantes) para inoculação das amostras e posterior incubação. Os resultados foram obtidos pela presença/ausência de gás no tubo de Durham.

Realizadas essas etapas, o número mais provável (NMP) foi determinado pela tabela de probabilidades.



Figura 21. Preparação de meio de cultura para as análises microbiológicas



Figura 22. Incubação dos tubos múltiplos

5.6. Análises dos dados

Os dados obtidos foram comparados com os encontrados pela Embasa e pelo banco de dados SIAGAS. Os da Embasa são referentes ao monitoramento realizado em poços de diferentes pontos da cidade no período de 2009 a 2012. Já os do SIAGAS se referem a análises de água de poços localizados na zona rural do município, realizadas entre 2008 e 2009.

Os dados obtidos foram analisados com base nos valores máximos permitidos (VMP) na Resolução CONAMA 396, 357, CNNPA (Comissão Nacional, de Normas e Padrões para Alimentos) nº 12/1978 e pela Portaria de Potabilidade 2914/11 do Ministério da Saúde.

Parâmetros como nitrogênio total e fósforo total não possuem VMP em legislação específica para águas subterrâneas. Todavia, na Resolução CONAMA 357/2005 – classificação dos corpos de água superficiais – estes parâmetros apresentam valores de referência. O VMP usado para o nitrogênio total foi atribuído tendo em vista o pH das amostras não terem ultrapassado 7,5 (CONAMA, 357). Já o VMP do fósforo foi determinado pela característica lântica do ambiente estudado (CONAMA, 357). Quanto à alcalinidade o padrão foi estabelecido de acordo com a Resolução CNNPA nº 12/1978, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). De acordo com a Resolução, para pH entre 4,4 e 8,3, a alcalinidade bicarbonato é de até 250 mg/L.

Os outros parâmetros foram analisados a partir da Portaria de Potabilidade 2914/11. Dos parâmetros presentes na tabela apenas cloreto e coliformes estão na Resolução CONAMA 396 e na Portaria 2914/11.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros físico-químicos

6.1.1. pH

Os valores de pH variaram entre 4,3 e 6,7 (Tabela 2), nos poços 3, 5 e 1, respectivamente. As maiores médias foram nos poços ao Sul e ao Norte, poço 1 e 6, respectivamente. Os valores médios de pH diminuíram em direção ao centro da cidade (Figura 23). Segundo a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, o pH deve estar entre 6,0 e 8,5. Todavia, como ressalta Von Sperling (2005), pH é um parâmetro que não apresenta grandes riscos à saúde, pois fatores antrópicos como despejos domésticos e industriais podem influenciar na diminuição do pH.

As águas subterrâneas geralmente apresentam valores de pH entre 5,5 a 8,5 (SILVA, 2010). Em um estudo de avaliação da qualidade das águas dos poços artesianos do campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Melo *et al* (2000) encontraram valores que variaram de 5,0 a 5,6. Macêdo (2009), analisando a qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento público da Universidade de Feira de Santana – UEFS encontrou variação de 5,4 a 6,1. Silva e Araujo (2003), avaliando a qualidade da água subterrânea em vários pontos da área urbana de Feira de Santana – BA encontrou valores menores que 6,0 em 80% das análises.

Os outros dados disponíveis para pH (EMBASA, 2012; SIAGAS, 2013), corroboraram o achado neste estudo (Tabela 3). Em monitoramento de qualidade da água de poços, realizado pela Embasa em 29 amostras de diversos pontos do município, o pH variou de 4,3 a 6,9. Já nos dados presentes no banco de dados do SIAGAS, em diversos poços na zona rural, os valores variaram de 4,6 a 8,6 (Tabela 3). Desta maneira, pode-se determinar um caráter ácido do manancial subterrâneo do município estudado.

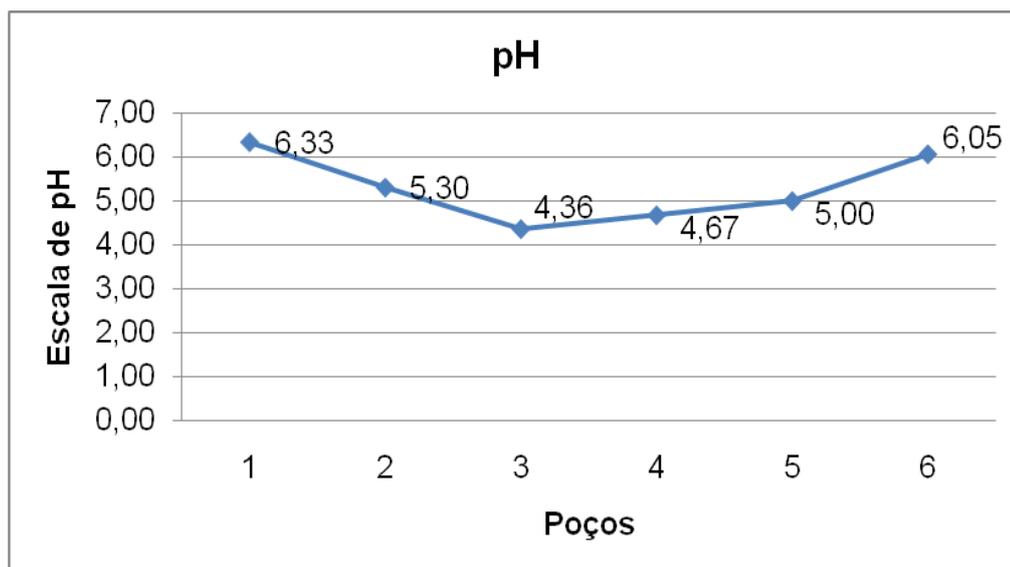


Figura 23. Concentrações médias de pH nos pontos amostrados

Tabela 2. Estatística descritiva (ED) das análises físico-químicas nos pontos amostrados (P= Poço, M= média, DP= desvio padrão, V= variação (mínimo e máximo), T- turbidez, D= dureza total e AT= alcalinidade total)

P	ED	pH	Cor	T	AT	Cloreto	D
1	M	6,3	5,0	4,9	22,4	33,4	26,4
	DP	0,3	0,0	1,3	2,0	2,1	4,7
	V	5,8•6,7	5,0•5,0	3,4•6,9	19,0•24,0	30,0•35,0	19,0•32,0
2	M	5,3	12,0	64,8	4,8	127,0	56,4
	DP	0,2	15,6	142,1	6,6	5,5	15,1
	V	4,9•5,5	5,0•40,0	0,8•319,0	0,0•12,0	118,0•132,0	36,0•70,0
3	M	4,4	5,0	1,1	0,0	97,3	33,4
	DP	0,1	0,0	0,2	0,0	16,6	3,8
	V	4,3•4,5	5,0•5,0	0,8•1,3	0,0	85,0•125,0	30,0•39,0
4	M	4,7	5,0	0,9	0,0	135,4	46,2
	DP	0,1	0,0	0,3	0,0	73,6	6,0
	V	4,5•4,8	5,0•5,0	0,4•1,3	0,0	26,0•215,0	40,0•56,0
5	M	5,0	5,0	0,9	5,2	79,2	33,2
	DP	0,5	0,0	0,3	7,1	16,9	6,3
	V	4,3•5,2	5,0•5,0	0,5•1,2	0,0•13,0	56,0•100,0	24,0•40,0
6	M	6,1	5,0	0,8	32,2	81,4	35,4
	DP	0,2	0,0	0,4	3,6	88,1	14,1
	V	5,7•6,2	5,0•5,0	0,3•1,4	27,0•36,0	39,0•239,0	15,0•54,0

Tabela 3. Resultados de parâmetros monitorados em águas subterrâneas pela Embasa de 2009 a 2012 e aqueles obtidos através do SIAGAS, referentes a 2008 e 2009.

Parâmetro	N		Máximo		Mínimo	
	Embasa	SIAGAS	Embasa	SIAGAS	Embasa	SIAGAS
Alcalinidade total	13	-	75,0	-	7,0	-
Cloretos	13	-	295,0	-	28,0	-
Condutividade elétrica	-	11	-	825,0	-	32,0
Cor	26	-	10,0	-	5,0	-
Dureza total	13	10	97,0	141,0	13,0	9,9
Ferro total	12	-	0,8	-	0,01	-
Fluoretos	-	9	-	0,7	-	0,1
Fósforo total	-	-	-	-	-	-
Magnésio	-	11	-	20,7	-	1,1
Nitratos	-	10	-	147,0	-	0,02
Nitrogênio total	-	-	-	-	-	-
pH	29	11	6,9	8,6	4,30	4,65
Silica	-	8	-	122,0	-	45,9
Sódio	-	11	-	92,9	-	7,5
Sólidos dissolvidos	-	8	-	402,0	-	34,8
Sulfato	-	10	-	45,9	-	4,1
Turbidez	24	6	27,4	5,5	0,26	1,1
Coliformes totais	72	-	> 1600	-	0	-
Coliformes termotolerantes	72	-	> 1600	-	0	-

Fonte: Relatório da Embasa (2012) e banco de dados SIAGAS (2013)

6.1.2. Cor

Em todas as amostras a cor foi 5,0 uH, exceto no poço 2 (40,0 uH) (Tabela 2). O valor médio permitido (VMP) segundo o Ministério da Saúde é 15 uH (BRASIL, 2011) e, no presente estudo, somente no poço 2 não estava em conformidade, o que provavelmente pode ser explicado pela lavagem do poço pelo proprietário no mesmo período da coleta.

A cor é um parâmetro de caráter estético que varia pouco para águas subterrâneas e não tem relação de riscos à saúde humana, mas sendo elevada

pode indicar a presença de substâncias indesejáveis aos seres humanos (FUNASA, 2009).

E no presente estudo não foi encontrada diferença entre os poços localizado nas áreas sem e com rede coletora de efluentes.

Nas análises da qualidade da água subterrânea realizadas por Macêdo (2009) não foi encontrada amostra em desconformidade com a legislação. Todas as 26 amostras analisadas pela Embasa (2012) estavam em conformidade (Tabela 3). Já Silva e Araújo (2003) encontrou 7,5% em desconformidade.

6.1.3. Turbidez

Os valores de turbidez variaram entre 0,3 a 319,0 UNT. O menor valor foi no poço 6, enquanto o maior no poço 2 (Tabela 2). Para estarem em conformidade com a Portaria de Potabilidade, os valores de turbidez não podem exceder 5,0 UNT (BRASIL, 2011).

Uma turbidez elevada pode favorecer microrganismos e, para Von Sperling (2005), os despejos domésticos e industriais também contribuem para a elevação da turbidez. No presente estudo não foi encontrado desconformidade nas áreas com e sem tratamento de esgoto.

De uma maneira geral, os valores médios decresceram do Sul em direção ao Norte (Figura 24). Todavia isso não deve ser considerado uma tendência, pois o manancial subterrâneo geralmente não apresenta turbidez (MACÊDO, 2009). Silva e Araújo (2003) avaliou 120 amostras e identificou desconformidade em apenas 23,4%.

Em relação às análises realizadas pela Embasa (2012), 8,3% ficaram acima de 5,0 UNT. No SIAGAS, nas 6 análises realizadas os valores ficaram entre 1,1 e 4,0 UNT (Tabela 3).

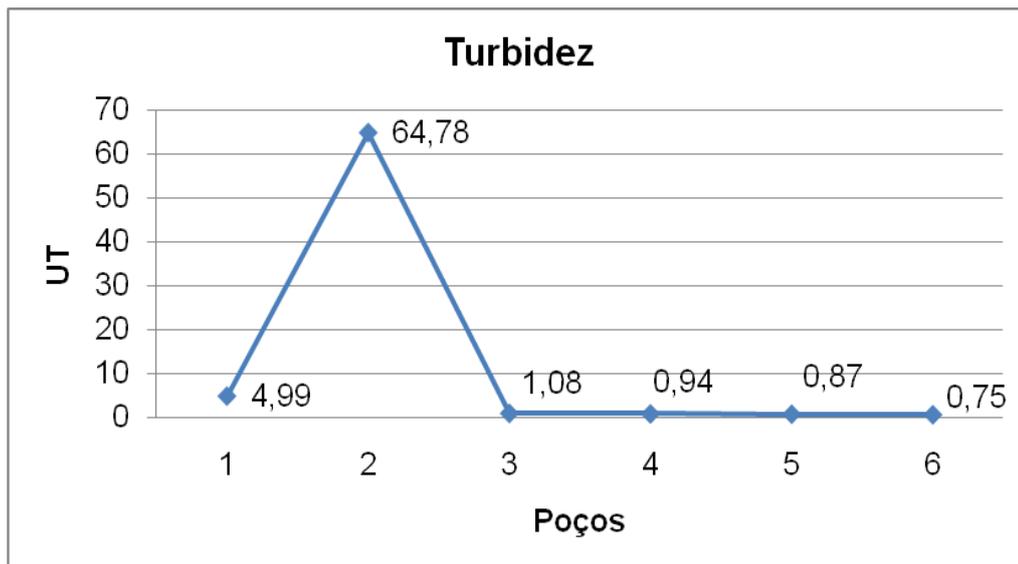


Figura 24. Concentração média de turbidez nos pontos amostrados

6.1.4. Alcalinidade, cloreto e dureza

Os valores de alcalinidade variaram entre 0 e 36 mg/L. Os maiores valores foram nos poços 1 e 6 (Tabela 2). Apesar de não possuir VMP na Portaria 2914/2011, a concentração máxima, segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA (1978), não deve ultrapassar 250 mg/L, pois podem conferir sabor amargo a água.

No centro da cidade os valores da área sem tratamento de esgoto se aproximaram muito daqueles da área com tratamento. Os poços 3 e 4 não apresentaram valores para alcalinidade (Tabela 2). Os maiores resultados foram nos poços 1 e 6, Sul e Norte, respectivamente. Para Von Sperling (2005), as interações com o solo e o despejo industrial inadequado interferem na concentração da alcalinidade.

Observou-se que na periferia da cidade, poços 1 e 6, a alcalinidade foi mais elevada, decrescendo em direção ao centro da cidade (Figura 25), coincidindo com os valores encontrados pela Embasa (2012) (Tabela 3).

Apesar da oscilação dos valores de cloreto, observou-se uma tendência crescente do ponto 1 ao 6 (Figura 25). O VMP é 250 mg/L (CONAMA, 396), sendo que altas concentrações conferem sabor salgado à água (VON SPERLING, 2005).

No centro, nas áreas sem tratamento de esgoto, os maiores valores foram nos poços 2 e 4, 132 e 215 mg/L Cl, respectivamente. No poço localizado na área com tratamento de efluentes os valores variaram de 56 a 100 mg/L Cl (Tabela 2). Assim, não foram encontradas desconformidades entre a área com e sem tratamento de efluentes.

Das 120 amostras analisadas por Silva e Araújo (2003), 12,5% apresentaram desconformidade. Macedo (2009) concluiu que altos valores para cloretos estão relacionados a solos rochosos, podendo-se inferir que nas áreas estudadas não existem muitas rochas no perfil estratigráfico.

Nos dados obtidos pela Embasa (2012) observou-se o mesmo padrão, onde os valores cresceram em direção ao centro da cidade.

Os valores de dureza total estiveram abaixo do recomendado (250 mg/L) (Brasil, 2011), variando de 15 a 70 mg/L. Os maiores valores ocorreram no poço 5 (Tabela 2). No que se refere às áreas sem e com tratamento de esgoto, as diferenças não significaram desconformidade com a legislação.

A dureza total seguiu o mesmo padrão observado para cloreto (Figura 25). O manancial subterrâneo possui águas brandas, às vezes um pouco duras. Segundo a classificação de Custódio e Llamas (1985) as águas com dureza total inferior a 50 mg/L CaCO₃ são do tipo brandas; de 50 a 100 mg/L CaCO₃ são pouco duras; de 100 a 200 mg/L CaCO₃ são duras e; acima de 200 mg/L CaCO₃ são muito duras.

Silva e Araújo (2003) encontram 100% das amostras em conformidade com a Portaria de Potabilidade. Todas as 8 amostras analisadas pela Embasa (2012) ficaram no padrão de potabilidade (Tabela 3), sendo o menor valor 13 mg/L, próximo à área do poço 1. Já o maior valor foi 85 mg/L no centro da cidade e sem tratamento de esgoto. As 10 amostras analisadas pelo Projeto RIMAS estavam dentro dos padrões, variando de 9,9 mg/L a 137 mg/L.

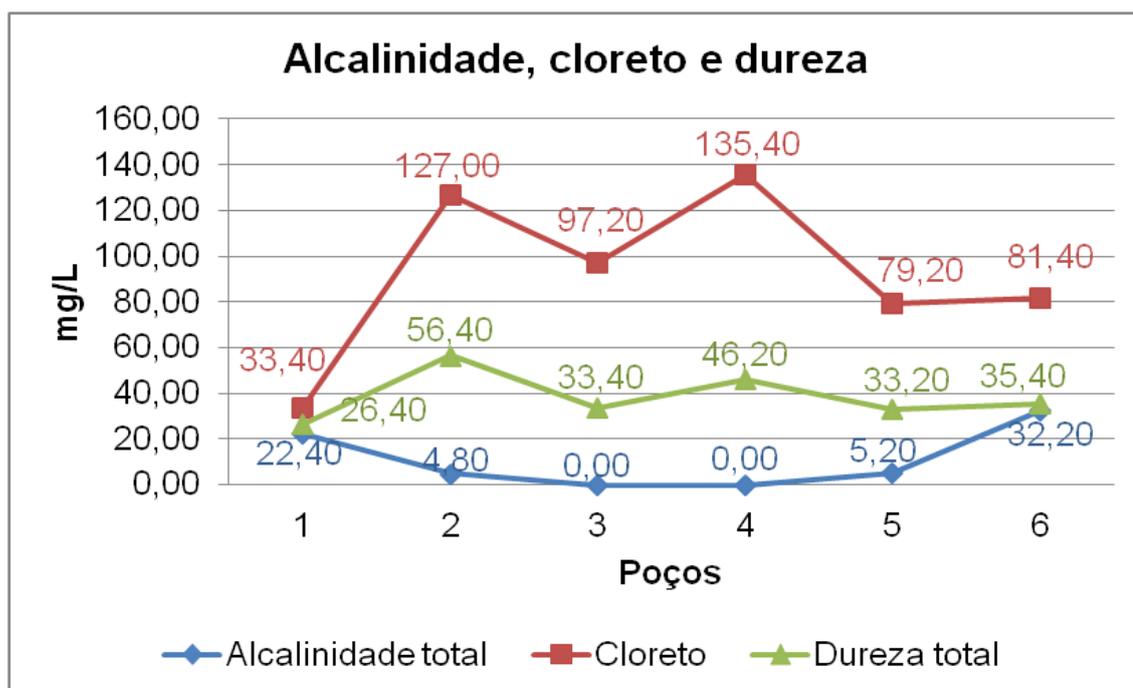


Figura 25. Concentrações médias de alcalinidade, cloreto e dureza nos pontos amostrados.

6.1.5. Nitrogênio e fósforo total

Nas análises realizadas para nitrogênio total foram encontrados valores acima dos padrões nos poços 1, 2 e 6 (Figura 26). Os valores nos poços 3, 4 e 5 ficaram de acordo com a Resolução CONAMA 357, que estabelece um VMP de 3,7 mg/L N.

Das 10 amostras coletadas através do SIAGAS, em poços localizados na zona rural do município verificou-se valores para nitrato onde 01 apresentou valor acima do permitido no CONAMA 396 para esta série de nitrogênio que é 10,0 mg/L N. Alaburda & Nishihara (1998) verificando nitrogênio em águas de 607 poços na Região Metropolitana de São Paulo – SP, detectaram formas de nitrogênio em 115 amostras.

Para Conboy & Goss (2000), nas áreas rurais, a utilização constante de dejetos de animais como fertilizantes orgânicos, e os próprios fertilizantes químicos aumentam a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas. No centro urbano a falta de saneamento básico compromete a qualidade das águas subterrâneas (GONÇALVES, 2005). No presente estudo fertilizantes podem ter influenciado os resultados obtidos no poço 1, tendo em vista a proximidade com

áreas de pastagens e cultivo de mandioca e laranja, e saneamento influenciaram três poços em desconformidade.

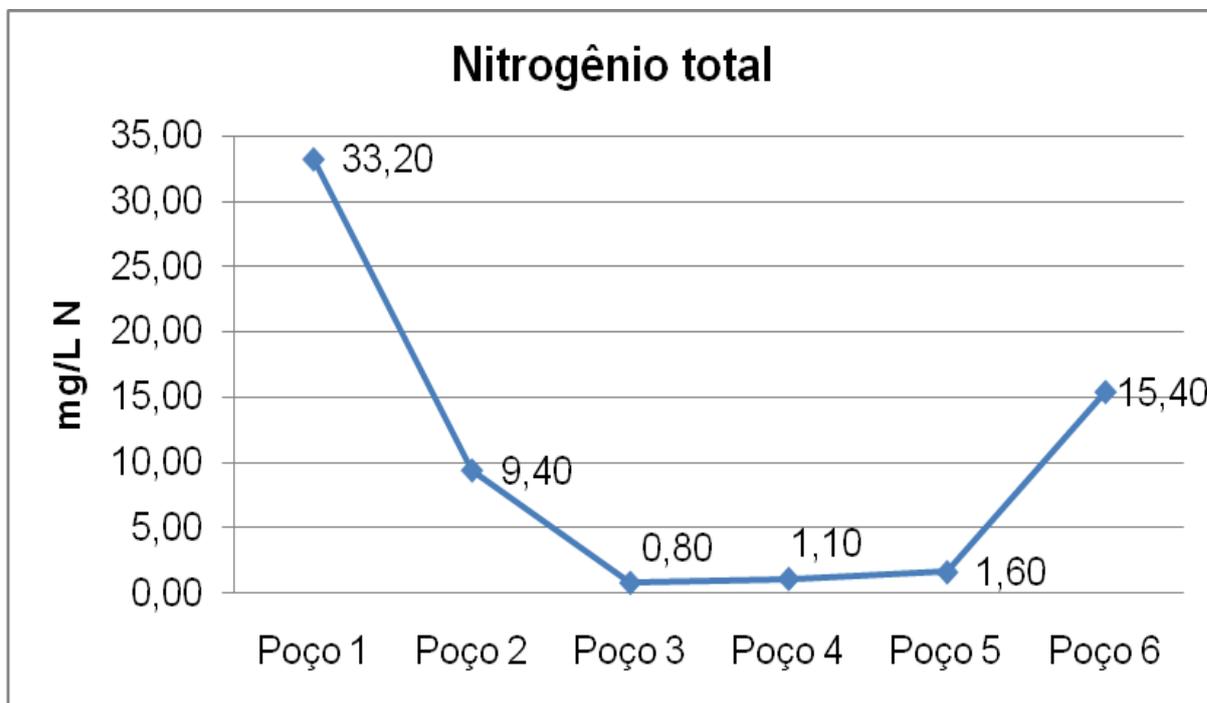


Figura 26. Concentrações de nitrogênio nos pontos amostrados

Em relação ao fósforo total apenas o poço 1 apresentou valor acima do recomendado (Figura 27). Nos poços 2 e 5 não foi detectado fósforo. O VMP deste parâmetro é 0,020 mg/L P (CONAMA, 357).

São diversas ações e usos antrópicos que contribuem para o aumento do fósforo na água: despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005). O ponto com maior concentração de fósforo (ponto 1) está localizado em uma área influenciada por áreas de pastagens e cultivo de mandioca e laranja, além da falta de saneamento.

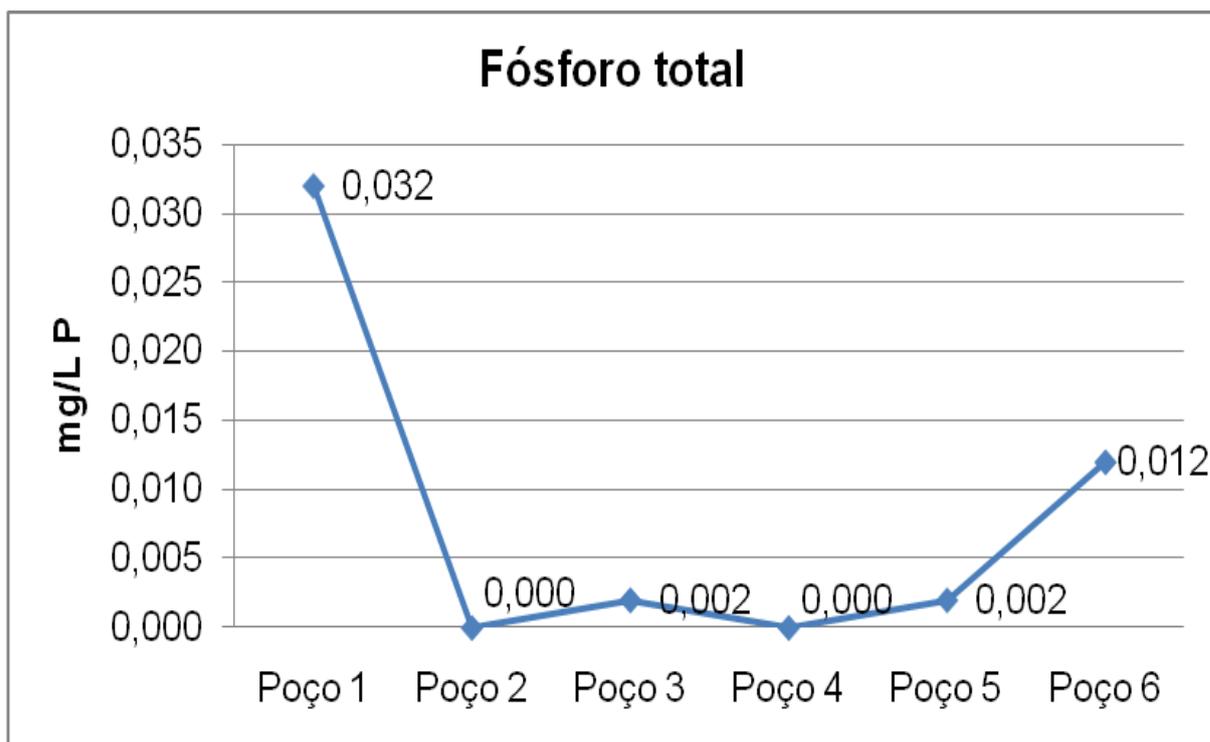


Figura 27. Concentração média de fósforo total nos pontos amostrados

6.2. Parâmetros bacteriológicos

O aspecto bacteriológico das águas dos poços amostrados mostrou-se relativamente estável, assim como a turbidez durante o período de coletas. Das 30 amostras analisadas entre novembro de 2011 a maio de 2012, apenas 3 (poços 1, 2 e 5) apresentaram contaminação por coliformes totais em maio/2012. Coliformes termotolerantes foram detectados apenas nos poços 2 e 5, também em maio/2012 (Tabela 4). A característica ácida do manancial subterrâneo tem correlação com os baixos valores encontrados para coliformes, pois, segundo Blarasin *et al* (1999), pH menor que 6,00 limita o crescimento de microrganismos no solo.

Nos poços 1 e 2 a água era utilizada para fins comerciais. O poço 5 é residencial e utilizado para sanitário, lavagem de roupa e higienização do imóvel. A presença de coliformes na última amostra coletada no poço 5 pode ter sido em decorrência do período chuvoso que antecedeu o dia da coleta ou decorrente de algum problema de extravasamento na rede coletora que, segundo a Embasa (comunicação pessoal), apesar de não ser frequente, o sistema de coleta de esgoto

está passível de pequenos extravasamento decorrente da obstrução da rede em algum ponto.

A portaria 2914/2011 estabelece que em amostras individuais procedentes de poços seja permitido coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e/ou coliformes termotolerantes. Caso seja confirmada a presença de coliformes termotolerantes, deve ser investigada a origem da ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo.

Apesar dos resultados positivos terem ocorrido em locais que possuem capacidade para contaminação da água subterrânea não é possível afirmar que estas interferências antrópicas estejam, de fato, contaminando o manancial subterrâneo, pois, o resultado positivo foi observado uma única vez no período estudado. As coletas foram realizadas em dias ensolarados, entretanto a partir de abril houve aumento da pluviosidade, portanto provavelmente a chuva foi determinante para os valores encontrados.

Tabela 4. Concentrações de coliformes em maio de 2012 (T=totais e TT=termotolerantes)

Poço	Coliformes (NMP/100ml)	Valor
1	T	26
	TT	0
2	T	140
	TT	11
3	T	0
	TT	0
4	T	0
	TT	0
5	T	21
	TT	2
6	T	0
	TT	0

Os parâmetros alcalinidade, dureza e cloreto não apresentaram nenhum valor fora dos padrões. O maior porcentual de amostras em desconformidade ocorreu com o pH, decorrente do caráter ácido do manancial subterrâneo no município

estudado. O nitrogênio total apresentou metade das amostras em conformidade. Já a maioria das amostras do fósforo total, coliformes totais e coliformes termotolerantes estavam em conformidade (Tabela 5), sendo, 83,3%, 90,0% e 93,3%, respectivamente.

Tabela 5. % de amostras dos parâmetros analisados em e não conformidade nos poços estudados (VMP= Valor Máximo Permitido)

Parâmetro	VMP	CONFORME (%)	NÃO CONFORME (%)
Cor*	< = 15 uH	96,67	3,33
Turbidez*	< = 5 uT	90,00	10,00
pH*	Entre 6,0 a 8,5	30,00	70,00
Cloreto***	Até 250 mg/L Cl	100,00	0
Dureza total*	< 500 mg/L	100,00	0
Alcalinidade total****	Até 250mg/L	100,00	0
Nitrogênio total**	< = 3,7 mg/L N	50,00	50,00
Fósforo total**	< = 0,020 mg/L P	83,33	16,67
Coliformes totais***	Ausente em 100ml	90,00	13,33
Coliformes termotolerantes***	Ausente em 100ml	93,33	6,67

Fontes. * Padrão de aceitação para consumo humano expresso na portaria 2914/2011.

** Padrão de aceitação para águas doces superficiais na Resolução CONAMA 357

*** Padrão de aceitação para águas doces superficiais na Resolução CONAMA 396

****Padrão de aceitação para consumo humano na Portaria CNNPA 12/78.

Segundo Embasa (2012), em Santo Antonio de Jesus, 1.736 imóveis na área urbana possuem água de poço. Esta pouca representatividade, certamente ocorre devido à oferta de água tratada que atende as necessidades da população. Segundo Leal (1999) um fator que impulsiona o uso deste manancial é a pouca disponibilidade de águas superficiais, observado em alguns estados como São Paulo, Maranhão e Tocantins, onde as águas subterrâneas atendem as necessidades da população (SILVA *et al.*, 1998; COSTA, 2000).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da água subterrânea no município de Santo Antonio de Jesus ainda é pouco difundido. No perímetro urbano a maioria dos domicílios possui água encanada. Alguns domicílios com água encanada usam também a subterrânea como alternativa. No entanto, o uso de poços é mais comum na área rural, devido à indisponibilidade da água encanada.

Os valores fora dos padrões para nitrogênio e fósforo nos poços ao Sul e ao Norte indicam contaminação, provavelmente devido às fossas e atividades agrícolas realizadas nas proximidades, como no poço 1.

Considerando parâmetros que podem comprometer a qualidade da água, como nitrogênio, fósforo e coliformes, observou-se no presente estudo que a água dos poços 1 e 2 no mês de novembro de 2011 e poço 5 em maio de 2013 pode ser considerada imprópria para o consumo humano. No entanto, de acordo com os proprietários, somente no poço 3, que apresentou desconformidade apenas para pH, a água subterrânea é utilizada para o consumo humano. Sendo assim, outros estudos devem ser realizados para maior conhecimento do grau de contaminação que muitas vezes pode ocorrer em curto prazo, ou mesmo não serem detectados com a metodologia aplicada. Apesar da baixa velocidade com que a água se movimenta nos espaços do solo e das rochas, é necessário que ocorra um constante monitoramento para investigação de possível contaminação.

Recomendam-se medidas educativas no sentido de conscientizar a população sobre os cuidados com o descarte de resíduos sólidos e/ou lixo e dejetos em geral, além dos procedimentos corretos para construção de um poço artesiano visando evitar tanto a utilização de uma água de má qualidade como a contaminação da água subterrânea. Além disso, é preciso haver planejamento urbano e fiscalização dos perímetros urbano e rural a fim de mitigar problemas com a desordenada ocupação do solo, pois, uma vez ocorrida contaminação, a recuperação da qualidade ideal do manancial subterrâneo é muito onerosa e lenta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade da água subterrânea no Brasil**. Cadernos de recursos hídricos. Brasília – DF, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água, resultado por estado**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, v. 2. Brasília – DF, 2010

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Rev. Saúde Pública. São Paulo, 32 (2): 160-5, 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th. APHA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS (ABAS). **Água subterrânea: minimização das consequências da seca no nordeste**. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS (ABAS). **Águas subterrâneas, o que são?** Disponível em: < <http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

AYACH, L. R.; PINTO, A. L.; CAPPI, N.; GUIMARÃES, S. T. L.; **Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio – MS**. Climatologia e estudos da paisagem, vol. 4 – n.1. Rio Claro, 2009.

BARROS, R. M.; PORTO, R. M. **Risco de poluição das águas subterrâneas por vazamentos em postos de abastecimento de combustível, no município de Ribeirão Preto – SP**. Águas subterrâneas, v. 23 n. 01. São Paulo, 2009.

BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. **Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954, 2006.

BITTENCOURT, M. V. L. **Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1)**. Economia & Tecnologia. Vol 18, Paraná - PR, 2009.

BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R; ROSA, E. F. F. **Aquífero Guarani – A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Ed. dos autores. Curitiba, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. 113º da Independência e 46º da República. Rio de Janeiro - RJ, 1934.

BRASIL. **Resolução - CNNPA nº 12, de 1978**. Fixando os padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). Diário Oficial. Brasília, 1978.

BRASIL. **Lei nº 6.938/1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 160º da Independência e 93º da República. Brasília - DF, 1981.

BRASIL. **Lei nº 9.433/1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 176º da Independência e 109º da República. Brasília - DF 1997.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Senado Federal. Brasília – DF, 1988.

BRASIL. **Resolução CNRH Nº 15**. Estabelece diretrizes gerais para gestão de águas subterrâneas. Diário Oficial. Rio de Janeiro - RJ, 2001.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 226-A**, de 31 de maio de 2007. Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos. Diário da República, 1ª série – Nº 105, 2007.

BRASIL. **Resolução CNRH Nº 92**. Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Diário Oficial. Rio de Janeiro – RJ, 2008

BRASIL. **Portaria n.º 2914/2011, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial. Brasília – DF, 2011.

BLARASIN, M.; CABRERA, A.; VILLE-GAS, M. **Groundwater contamination from septic tank systems in two neighborhoods in Rio Cuarto city, Córdoba, Argentina**. In: CHILTON, J. Groundwater in the urban environment. Rotterdam: A. A. Balkema, 1999. p. 31-38.

CASTRO, V.L.L.; OLIVEIRA, W.D.; LIZÁRRAGA, G.; CARLOS, M.F.; DINIZ FILHO, J.B.; MELO, J.G. **Ações e procedimentos de gestão adotados no aquífero Jandaíra – região de Baraúna/RN**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., Cuiabá, 2004.

COELHO, V. M. T.; DUARTE, U. **Potencial de contaminação de aquífero freático por esgoto Doméstico – quantificação do decaimento bacteriológico**. Instituto de geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo a hidrologia**. Instituto de pesquisas hidráulicas UFRGS. Rio Grande do Sul, 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. CETESB – 2001 – 2003. São Paulo, 2004.

CONBOY, M. J. & GOSS, M. J. **Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin**. Journal of Contaminant Hydrology. v. 43, p. 1-24, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 273, em novembro de 2000.** Instalação e operação de postos revendedores de combustíveis. Brasília – DF, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357,** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília - DF, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 396,** de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília - DF, 2008.

COSTA, W.D. **Riscos potenciais e reais decorrentes da super-exploração das águas subterrâneas no Recife – PE.** In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea.** Ed. Omega, 2ª ed. Barcelona, 1983

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento.** Tese de Doutorado da USP. São Paulo, 2001.

DREVER J.I. **Geochemistry of Natural Waters: surface and groundwater environments.** ed. 3. Prentice-Hall, London, 1997.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S/A (EMBASA). **Quantidade de imóveis com ligação de água tratada, com poço e resultado de análises de 2009 a 2012 para águas subterrâneas.** CD-ROM. Santo Antonio de Jesus, BA, 2012.

FALKENMARK, M. **Water usability degradation – economist wisdom or societal madness?** Water International, v. 30, n. 2, 136-146. 2005. Disponível em: <<http://196.36.166.88/iwra/Journal/>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

FERNANDEZ, A.T.; SANTOS, V.C. **Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento escolar, no município de Silva Jardim, RJ.** Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v. 21, n. 154, p. 93-98, set. 2007.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água.** 3ª ed. rev. – Brasília – DF, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico – 2008.** Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 31 de março de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil 2004. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=247 > Acesso em: 07 de julho de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. Brasil 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 10 de maio de 2011.

GOOGLE EARTH MAPAS. Disponível em: < <http://earth.google.com>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

GONÇALVES, C. S. *et al.* **Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 391-399, 2005.

LEAL, A.S. **As águas subterrâneas no Brasil: Ocorrências, disponibilidades e usos**. O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.

LEIGH J. Occupational Hazards. En: Murray CJL, Lopez AD, Eds. **Quantifying global health risks: The burden of disease attributable to select risk factors**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press 1996.

MACÊDO, F. S. C. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento público da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS**. Monografia da UEFS. Feira de Santana, 2009.

MACHADO, J. L. F. **Águas subterrâneas: uma visão histórica**. Porto Alegre, 2005.

MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J.G.; TALLING, J. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Fresh. Biological associat. Publ. 36. 120 p, 1978

MARINHO, A. M. C. P. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo de caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza**. Dissertação de Mestrado em Ciências de Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. Ceará, 2008.

MATOS, B.; PACHECO, A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002.

MELO, J. L. S.; DANTAS, J. M.; CEZAR, G. M. **Avaliação preliminar da qualidade das águas dos poços artesianos do campus universitário da UFRN/Natal – RN**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio Grande do Norte, 2000.

MIGLIORINI, R.B, LIMA, Z. M. D., ZEILHOFER, L. V. A. C. **Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios**. Revista Águas Subterrâneas, v. 20, n. 1. Cuiabá – MT, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília – DF, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Águas subterrâneas no Brasil**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas> > Acesso em: 07 de julho de 2012.

MOREIRA, C. M. D. **Aspectos qualitativos da água subterrânea no campus da UFSM**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2005.

MURPHY, J. & RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters**. Analytica Chimica Acta, 27:31-36, 1962.

OLIVEIRA, I. B.; NEGRÃO, F. I.; ROCHA, T. S. **Determinação do índice de qualidade da água Subterrânea – iqas, com base nos dados de poços Tubulares do estado da bahia: áreas piloto: Recôncavo e platô de irecê**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004.

PEIXINHO, F. C.; OLIVEIRA, E. C. **Sistema de informações de águas subterrâneas - siagas – as suas funcionalidades e importância no contexto das Políticas públicas**. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Rio de Janeiro 2004. 13p.

PEREIRA, M. G. **Contaminação ambiental pelas indústrias de beneficiamento de caulim e avaliação do emprego do vermicomposto no tratamento de efluentes contendo metais**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2000.

PEREIRA, C. M. **Avaliação do potencial do efluente de lagoas de Estabilização para utilização na piscicultura**. (Tese de Doutorado). Departamento de Aquicultura - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a terra**. Tradução Rualdo Menegat. 4 ed. Porto Alegre – RS, 2006.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. Escrituras Editora, 703 p. São Paulo, 2002.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. Ed. Universidade de São Paulo, 254 p. São Paulo: 2001.

SANTOS, C. B. **Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas, causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA**. Dissertação de Mestrado do Instituto de geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

SANTOS, J. M. M. **Índice de qualidade de água subterrânea Aplicado em área de aquíferos cristalinos com Uso agrícola: bacia do Rio São Domingos – RJ**.

2009. 189 f. Tese de Doutorado em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

SELBORNE, L. **A ética do uso da água doce: um levantamento**. Unesco. Brasília, 2001.

SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO (CPRM). **Sistema de informações de águas subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>> Acesso em: 12/01/2013.

SILVA, M.F.B.; NICOLETTI, A.; ROCCA, A.C.C.; CASARINI, D.C.P. **Uso e qualidade das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., São Paulo, 1998. São Paulo: ABAS, 1998.

SILVA, A. C. da; VIDAL, M.; PEREIRA, M.G. **Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim**. Revista Escola de Minas, v. 54, n. 2. Ouro Preto, 2001.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, N. **Pesquisa explica excesso de cromo em águas subterrâneas**. Agencia USP de notícias, 2010. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=18333>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

SILVA, P. C. DA. **Reserva hídrica [manuscrito]: Aquífero Guarani e seu uso sustentável**. Dissertação de Mestrado da Câmara dos Deputados. Brasília, 2011.

SOUZA, L. C. **Águas Subterrâneas e a Legislação Brasileira**. Ed. Juruá. Curitiba, 2009.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Estatísticas dos municípios baianos**. Território de identidade recôncavo, Vol. 13. Salvador, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2005.

WILLIAMS, A. E. **Natural and anthropogenic nitrate contamination of groundwater in a rural community, California**. Environmental Science & Technology, v. 32, n. 1, p. 32-9, 1998.

ZOBY, J.L.G. & MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12. Florianópolis: ABAS, 2002.