

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA – RJ

Renato Aguiar da Silva¹ & Vicente de Paulo Santos de Oliveira²

Resumo

Na cidade de São Francisco de Itabapoana – RJ, assim como em outras regiões do País, a falta de abastecimento na zona urbana e rural tem sido solucionada muito mais através da perfuração de poços rasos que na adoção de medidas gerenciais capazes de reduzir o desperdício e aperfeiçoar os sistemas existentes. O mapeamento da qualidade da água subterrânea consumida nas localidades de São Francisco de Itabapoana foi realizado através do uso de ferramenta Sistemas de Informações Geográficas - SIG, onde se verificou a sua conformidade com os padrões de potabilidade para água de consumo humano. Para isso, foram estudadas vinte e uma localidades e analisados parâmetros físico-químicos (potencial Hidrogeniônico (pH), turbidez, cloro total, salinidade) e parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes). Os resultados revelaram uma potencial contaminação por coliformes totais e termotolerantes em grande parte do município e que alguns parâmetros físico-químicos estão fora do padrão de qualidade da água de consumo humano em muitas localidades. Os resultados obtidos indicam uma precariedade no saneamento urbano e rural do município.

Abstract

In the city of San Francisco de Itabapoana - RJ as well as in other regions of the country , the lack of supply in urban and rural areas have been resolved much more by drilling wells that the adoption of management measures to reduce losses and improve existing systems . The mapping of groundwater quality consumed in the towns of St. Francis of Itabapoana was accomplished through the use of Geographic Information Systems tools - GIS, where they check their compliance with the standards for potable water for human consumption. For this, were studied twenty-one locations and analyzed

¹ e ² Campus Rio Paraíba dos Sul – Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental do Instituto Federal Fluminense – BR 356 KM 158 – Martins Lage – Campos dos Goytacazes-RJ.

physico-chemical parameters (hydrogenic potential (pH), turbidity, total chlorine, salinity) and microbiological parameters (total coliforms and fecal coliforms). The results revealed a potential contamination for total and fecal coliforms in much of the county and some physico-chemical parameters are outside the standard of water quality for human consumption in many localities. The results indicate a precarious urban and rural sanitation in the municipality.

Palavras-Chave – SIG, contaminação de água subterrânea, saneamento básico.

1. Introdução

O consumo de águas dentro dos padrões de potabilidade adequados é uma questão relevante de saúde pública no Brasil e no mundo, além de constituir-se uma ação eficaz na prevenção de doenças veiculadas pela água. As atividades de rotina nas cidades contaminam as águas freáticas e fazem delas um fator de risco para a população que as utiliza. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques mal projetados; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais; postos de combustíveis e de lavagem; e a modernização da agricultura destacam-se como fatores que podem comprometer a qualidade da água como fontes de contaminação por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas, entre eles: (SILVA *et al.*, 2003). A presença de microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal, originário de fonte antrópica e de outros animais, sendo os mais utilizados para essa finalidade são os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (BRASIL, 2011).

A qualidade das águas pode ser representada por um conjunto de características, geralmente mensuráveis, de natureza química, física e biológica. Por ser um recurso comum a todos e para proteção dos corpos d'água, instituiu-se restrições legais de uso, onde as características físicas e químicas da água devem ser mantidas dentro de certos limites, os quais são representados por padrões, valores orientadores da qualidade de água, dos sedimentos e da biota.

A coleta de informações relacionadas com o espaço geográfico, por exemplo, a distribuição territorial de recursos minerais, propriedades, animais e vegetação, sempre foram uma parte importante das atividades das sociedades organizadas e suas instituições científicas. Até a poucas décadas atrás, no entanto, isto era feito apenas utilizando mapas e documentos em papel, o que dificultava a análise que combinasse diversos dados. O desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise espacial, que ocorreu na segunda metade do século XX, abriu possibilidades diversas, entre elas a habilidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre um território (MOURA *et al.*, 2010). A área de conhecimento

que reúne recursos computacionais, com o objetivo de manipular informações geográficas, que influencia diversas áreas como a Engenharia Ambiental, Biologia, Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional entre outras é definida por Oliveira (2004) por Geoprocessamento.

A possibilidade de utilizar essa ferramenta para visualizar e manipular, de forma separada ou conjunta, os diferentes tipos de camadas (layers ou planos de informação) representa um dos grandes avanços desses trabalhos, sendo uma das principais contribuições dessa tecnologia. Essa é uma das razões que permite que o geoprocessamento seja interdisciplinar, ganhando espaço nas áreas de pesquisa e no mercado.

O Geoprocessamento apresenta um enorme potencial em países de grandes dimensões e com carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, principalmente se for utilizado com tecnologias de custo relativamente baixo (PIROLI, 2007).

O município de São Francisco de Itabapoana apresenta um dos piores índices de desenvolvimento humano, ocupando a 90ª posição neste critério em nível estadual (IBGE, 2010). Dessa forma, torna-se muito importante para a região, qualquer avaliação sobre os índices de qualidade das águas do subsolo, mostrando sua adequabilidade ao padrão de uso para abastecimento humano.

Tendo em vista a busca por água de qualidade e com valor acessível, muitos moradores de São Francisco de Itabapoana têm preferido usar água de poços rasos (lençol freático). Entretanto, essa água nem sempre é de qualidade, ou seja, não está dentro dos padrões de potabilidade exigidos pela legislação. Baseado nestas informações percebeu-se a necessidade de mapear a qualidade da água em uso na área urbana e rural de São Francisco de Itabapoana e alertar à população a cerca dos riscos a saúde, do consumo deste tipo de água.

Este trabalho possui como objetivo geral a avaliação da qualidade da água subterrânea por meio de investigação direta de poços rasos (lençol freático), analisando e mapeando as áreas de interesse com auxílio de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas.

Especificamente, o presente estudo teve como objetivo caracterizar águas subterrâneas na área de influência urbana e rural de São Francisco de Itabapoana – RJ; classificar a água dos poços de monitoramento, baseando-se em análises físico-químicas e microbiológicas da água subterrânea; correlacionar os resultados das análises com os parâmetros: turbidez, pH, salinidade, cloro total, coliformes totais e coliformes termotolerantes; elaborar mapas temáticos através da análise espacial dos dados obtidos.

1.1. Caracterização da Área de Estudo

O Estado do Rio de Janeiro é composto por 92 municípios distribuídos em oito regiões de governo: Metropolitana, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense, Serrana, Baixadas Litorâneas, Médio Paraíba, Centro-Sul Fluminense e Costa Verde. Segundo o último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2010, o município de São Francisco de Itabapoana (Figura 1) tem uma população de 41.354 habitantes, correspondentes a 4,86% do total da Região Norte Fluminense. Ocupa uma área de 1.122,438 km², sendo o segundo maior município do Estado do Rio de Janeiro em extensão territorial e foi emancipado através da Lei 2.379, desmembrando-se de São João da Barra em 1995.

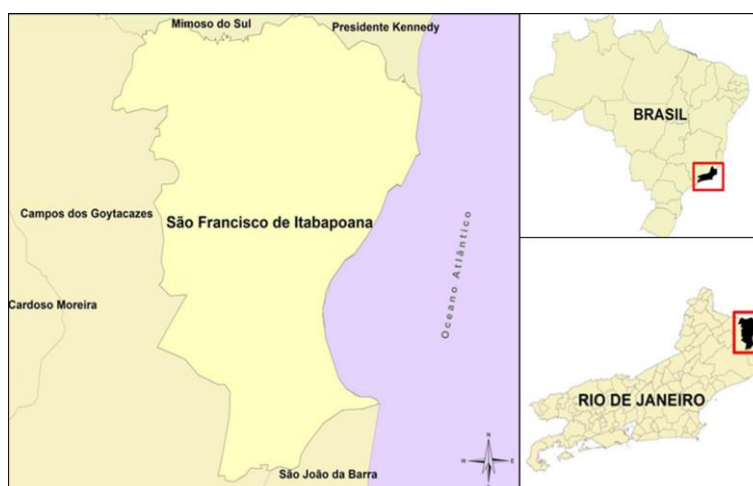


Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo: Município de São Francisco de Itabapoana-RJ.

Segundo o Mapa da Fome II divulgado pela Fundação Getúlio Vargas – FGV (FGV/CPS, 2003), 43,8% do total de habitantes de São Francisco de Itabapoana vivem abaixo da linha de indigência, o maior percentual entre os municípios no estado do Rio de Janeiro. O município de São Francisco de Itabapoana, apesar das transformações econômicas vividas pela região com os recursos da exploração de petróleo, permanecia em 2004, fortemente vinculado à agricultura e pesca e apenas 12% da população economicamente ativa encontravam-se inseridos no mercado formal de trabalho.

Grande parte do território do município destina-se a produção agrícola e pecuária, visto que o solo encontrado em praticamente todo o município é rico, fértil, de textura ideal e de acidez bastante tolerável (SEBRAE, 2011).

De acordo com a Atlas de Desenvolvimento Humano de 2003, no que se refere à educação, a taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais era duas vezes maior que a média nacional.

No que diz respeito a área da saúde, além do déficit de serviços públicos de água, esgoto, coleta e lixo, o município contava com apenas um hospital público.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – Pnud, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea e pela Fundação João Pinheiro de Minas Gerais, com uma série de ajustes para se adaptar IDH, criado pelas Nações Unidas, à realidade brasileira. No ranking nacional, São Francisco de Itabapoana ocupa a 3.312ª posição em relação aos 5.565 municípios do Brasil. No estado do Rio de Janeiro, em relação aos 92 outros municípios, o município ocupa a 91ª posição com um valor do IDHM igual a 0,639.

1.2. Uso e Ocupação do Solo

A área objeto deste estudo se encontra sob o espaço territorial da Mata Atlântica, entretanto as atividades econômicas que estiveram presentes nos últimos 200 anos, notoriamente o café e a pecuária, foram responsáveis pela dizimação da cobertura florestal na região. Atualmente apresenta a maior parte recoberta por pastagem utilizada para atividade pecuária leiteira e cultura agrícola, contra pequenos fragmentos de mata restantes (Figura 2).

O município de São Francisco de Itabapoana, segundo Werneck *et al.* (2012), possui o último fragmento significativo de Mata Atlântica Estacional de Tabuleiros no Estado do Rio de Janeiro a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba - EEG. Compreende uma área de 3260 ha, sendo 1200 ha de Floresta Estacional Semidecidual de Terra Baixas (LINS & NASCIMENTO, 2007). É também conhecida como Mata do Carvão, devido à grande quantidade de fornos de carvão que no seu interior existiam. Na década de 60 possuía mais de seis mil hectares de mata, na década de 80, já havia sido reduzida para aproximadamente três mil hectares (Werneck *et al.*, 2012).

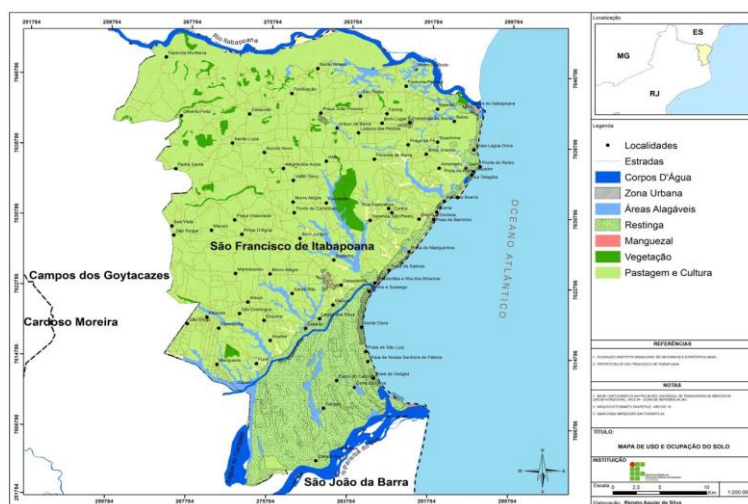


Figura 1: Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de São Francisco de Itabapoana.

1.3. Geologia

A Geologia do município em sua maior parte é composto por rochas sedimentares pouco litificadas de idade Terciária denominadas, genericamente, de Formação Barreiras. Junto ao litoral, destaca-se uma faixa da planície costeira associada à desembocadura do rio Paraíba do Sul até a localidade de Guaxindiba e, ao norte do município aflora o embasamento cristalino, nos arredores da localidade de Praça João Pessoa, Imburi de Barra e Deserto Feliz. Esse embasamento gnáissico-granítico Pré-Cambriano que ocupa parte da bacia do rio Itabapoana é composto por paragneisses (gran-biot-sill gnaisses) da Unidade São Fidélis, de idade Meso-Proterozóica, assim como o embasamento charnockitos (gran-hornpirox charnockitos) da Suíte Bela Joana, de idade Neo-Proterozóica que ocupa a região onde se encontra as localidades de Pedra Santa, Santa Luzia e Caldeirão, por fim, é encontrado no município os depósitos fluviais e flúvio-marinhos que acompanha as áreas alagáveis e alagadas da região, visto na Figura 3 (SALES, 2011).

Esse conjunto de litologias foi modelado, amplamente, sob morfologia de colinas amplas e suaves, pontilhadas por relevos residuais (inselbergs), tais como a serra da Pedra Lisa, do Baú e do Mico. Lamego (1945) sugere que estas serras isoladas sejam remanescentes esparsos da serra do Mar, a norte do rio Paraíba do Sul, resultantes de falhamentos Cenozóicos que fragmentaram e afundaram a serra do Mar neste trecho e propiciaram o desenvolvimento de extensa superfície colinosa que abrange os baixos vales dos rios Muriaé e Itabapoana. Todavia não pode se descartar o papel da erosão diferencial sobre essas rochas para compreender a gênese desses relevos serranos residuais, principalmente com relação aos granitos isotrópicos pós-tectônicos, mais resistentes ao intemperismo e à erosão.

Comprende um domínio de rochas com hiperstênio exibindo localmente características plutônicas. Essas rochas são maciças, granulação grosseira a média e coloração variando de cinza-esverdeada clara (composição granítica) a cinza-esverdeada escura (composição tonalítica).

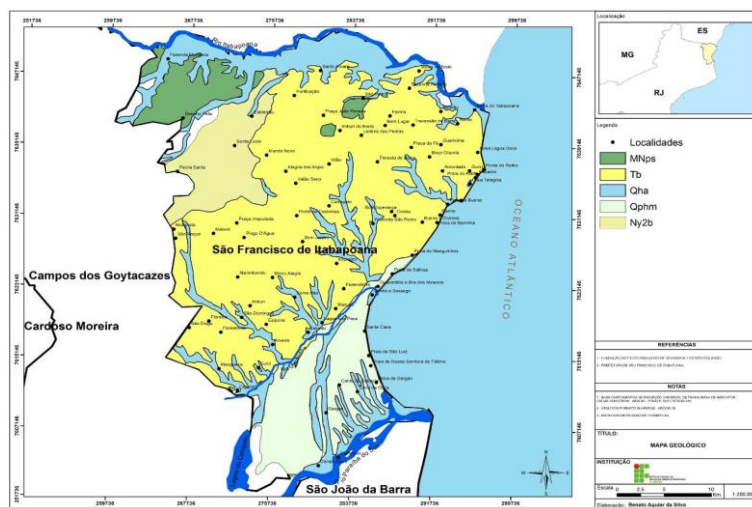


Figura 3: Mapa Geológico do Município de São Francisco de Itabapoana.

1.4. Saneamento

Embora se tenha desde o século XVI legislação para recursos hídricos no Brasil, as medidas de saneamento básico no país são recentes. São considerados como integrantes do saneamento brasileiro: o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário abrangendo a coleta e tratamento deste de forma a ser descartado corretamente, limpeza pública juntamente com as fases de manejo de resíduos até sua disposição final, a drenagem pluvial envolvendo a condução da água de forma a minimizar os efeitos sazonais deletérios sobre a população e propriedades e ainda o controle de vetores transmissores de doenças (FGV/CPS, 2012).

Segundo o Atlas de Saneamento (IBGE, 2010), entre os anos de 2000 e 2008 houve um aumento no número de municípios do Brasil atendidos pelo sistema de saneamento básico em todas as regiões do país, mesmo com a persistência de marcantes diferenças regionais na abrangência de serviços de esgotamento sanitário, abastecimento de água, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos.

Segundo a Lei Municipal Nº 228/2006, de 10/10/2006, que se refere ao Plano Diretor, no Artigo 22: “São elementos referenciais para o saneamento ambiental de São Francisco de Itabapoana, de modo a melhorar as condições de vida da população no Município e impedir a degradação dos seus recursos naturais, os seguintes sistemas: I – abastecimento de água; II – esgotamento sanitário; III – drenagem das águas pluviais; IV – gestão integrada de resíduos sólidos;

V – controle da poluição ambiental”. Entretanto, conforme indica a pesquisa Trata Brasil da FGV (2007), a menor taxa de acesso à rede coletora de esgoto é observada no Estado do Rio de Janeiro é em São Francisco de Itabapoana, que também apresenta a maior taxa de miséria do estado.

Em 2013, conforme publicação do TCE (Estudos Socioeconômicos de São Francisco de Itabapoana), o município contava com 13.497 domicílios permanentes. Destes, apenas 3.418 domicílios são atendidos através da rede geral de distribuição e o restante (10.079 domicílios) utilizavam água de poço, nascente ou de armazenamento de água da chuva para abastecimento domiciliar (TCE, 2013). Quanto ao esgotamento sanitário, distribuía-se entre a rede geral de esgoto ou pluvial (em 200 domicílios) e fossa séptica (em 1.563 domicílios). Outros 11.601 domicílios utilizavam formas inadequadas como fossa rudimentar, rio, lago ou mar e valas, sendo que 133 não dispunham de banheiro ou sanitário.

2. Metodologia

Para realização das análises físico-químicas e microbiológicas da água subterrânea, foram realizadas coletas em 21 localidades do Município de São Francisco de Itabapoana. Em cada localidade foi gerado esforço para visita em média em 10 casas, totalizando 157 domicílios visitados.

Após as coletas as amostras seguiram para o Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul – LabFoz da Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental – UPEA do IFF, onde foram feitas análises de determinação de pH; determinação de turbidez, cloro total, coliformes totais e termotolerantes. Os ensaios foram realizados de acordo com normas padrões de procedimento descritas no livro *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (EATON et al., 2005).

As determinações dos parâmetros foram realizadas em triplicadas, sendo os resultados analíticos representados pela média das triplicatas.

Para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro portátil da marca Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star. Ao realizar a calibração do equipamento utilizando os padrões de pH de acordo com o procedimento descrito no seu manual, a amostra foi transferida para uma proveta de 50 mL, para depois ser inserido o eletrodo do equipamento e realizada a leitura.

No procedimento de análise da turbidez, inicialmente, prepararam-se os padrões necessários de Unidades Nefelométricas de Turbidez - UNT (10, 100 e 800) utilizando Formazina. Em seguida, foi realizada a calibração no equipamento (Turbidímetro portátil, marca Solar Instrumentação, modelo SL 2K) com estes padrões, posteriormente realizou-se então, três leituras na mesma cubeta.

O método descrito anteriormente foi utilizado para as 5 primeiras localidades (Gargaú - Muritiba, Guaxindiba - Ilha dos Mineiros, Buena - Divineia, Sonho - Sossego e Floresta) totalizando 51 amostras. Visando uma melhor logística e rapidez nas análises, foi adquirida uma sonda multiparâmetro da marca Aqua Probe, modelo 900 que analisa simultaneamente todos os parâmetros descritos anteriormente, totalizando 106 amostras analisadas na sonda.

A técnica utilizada para a determinação do número mais provável (NMP) de coliformes Totais e termotolerantes é a da Enzima-Substrato. A amostra foi introduzida em meio de cultivo (Colillert), aguardando-se por cerca de 20 minutos para a introdução em cartela com pequenos blocos e colocada em estufa a 36° C com permanência de 24 horas, conforme resultado da figura 13. Posteriormente foi realizada leitura das possíveis colimetrias e o correspondente Número Mais Provável - NMP.

3. Resultados e Discussão

Os resultados dos ensaios físico-químicos foram comparados pela Portaria Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde - MS. Apenas os valores Máximo e Mínimo Permitidos para Cloro total não estavam contemplados na legislação, sendo utilizados então valores utilizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros.

3.1. Cloro Total

Apenas os valores Máximo e Mínimo Permitidos para Cloro total não estavam contemplados na legislação, sendo utilizados então valores utilizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros. Segundo o Art. 34º. da Portaria do MS Nº 2914 de 12/12/2011 é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Ao analisar os resultados, foi verificado um número muito alto de amostras fora dos parâmetros estabelecidos na legislação, de no mínimo 0,2 mg/L. Apenas cerca de 1,27% das amostras possuíam o teor de cloro dentro da faixa obrigatória. Sendo que os outros 98,33% estavam fora dos padrões, como pode-se verificar na Figura 4. Apenas nas localidades de Imburi e Alegria dos Anjos foram encontradas amostras dentro dos valores permitidos para consumo humano. O resultado obtido já esperado visto que por não se tratar de abastecimento público, a presença de cloro nas amostras só ocorreria por iniciativa dos moradores ou de origem natural.

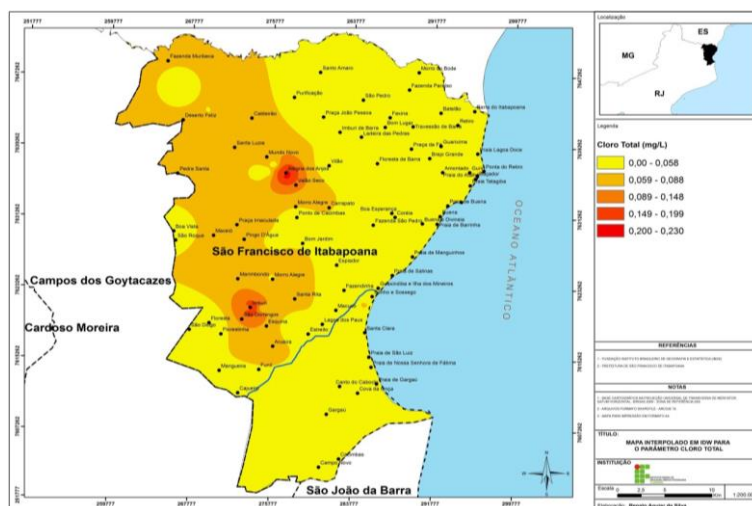


Figura 4: Mapa temático relativo ao parâmetro Cloro Total.

3.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo a portaria N° 2914/2011, a faixa ideal de pH da água para o consumo humano é entre 6,0 e 9,5. Segundo (SILVA, 2007) os limites de pH para crescimento de *Staphylococcus aureus* estão entre 4,2 e 9,3, que se alojam em seres humanos e os animais homeotérmicos. O pH ótimo para o crescimento e desenvolvimento de *Escherichia coli* é de 6,0 a 8,0, coincidindo exatamente com os valores de pH encontrados na água.

Na figura 5 apresenta a correlação entre pH e contaminação por coliformes. Pode-se observar que, na água com pH menores que 6, a porcentagem de poços contaminados com coliformes é de 60%. Quando são analisados poços com pH entre 6 e 9,5 a presença de coliformes aumenta para 79%, justificando que as bactérias se desenvolvem e se mantem em pH semelhante ao de consumo humano da água. Isso explica a importância da água como potencial fonte de contaminação de coliformes.

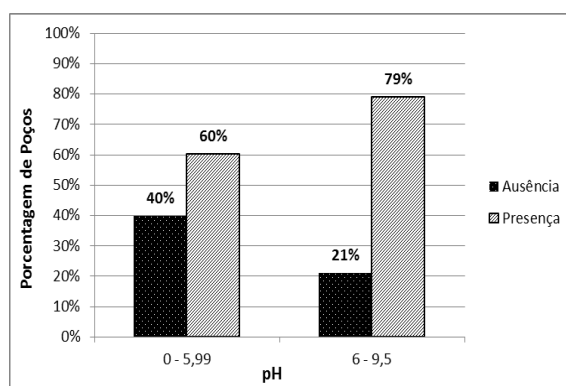


Figura 5: Correlação entre os valores de pH e ausência/presença de coliformes.

O mapa da figura 6 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro pH. Percebe-se que a coloração adotada para o pH ideal de 6 a 9,5 é o azul escuro, que representa os valores mais altos para o parâmetro. Assim, as localidades de Guaxindiba, Sonho, Sossego, Praia de Salinas e Ilha dos Mineiros foram as que possuíam os maiores valores para o parâmetro pH, entre 6,93 e 7,93. As localidades de Caçador, Manguinhos, Fazendinha, Macuco, Praia de Santa Clara, Praia de São Luiz, Praia de Nossa Senhora de Fátima, Gargaú, Canto do Caboclo e Cova da Onça obtiveram valores de pH menores, entre 6 e 6,92, porém dentro dos padrões. Os menores valores foram encontrados nas localidades de Batelão, Retiro, Travessão de Barra, Morro Alegre e Ponto de Cacimbas, nelas a maioria das amostras encontraram-se muito abaixo dos valores permitidos para o parâmetro pH, entre 2,88 e 3,89, possivelmente por influência da composição dos solos e pela formação geológica local.

De acordo com o mapa, ocorre uma tendência em valores mais altos de pH, nas localidades próximas a foz do Rio Guaxindiba, e nas áreas alagáveis pelas cheias do Rio Paraíba do Sul, provavelmente nos dois casos por influência marinha.

Segundo Alves (2004), trabalhos associam o pH baixo (3.6 – 4.0) que ocorre com frequência na região de Buena como estando associado às concentrações elevadas de rádio, indicando a lixiviação de monazita como responsável pelas elevadas concentrações. Trabalhos realizados na região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro, também constataram que em áreas com pH baixo (<4,5) a concentração de radionuclídeos aumenta sensivelmente.

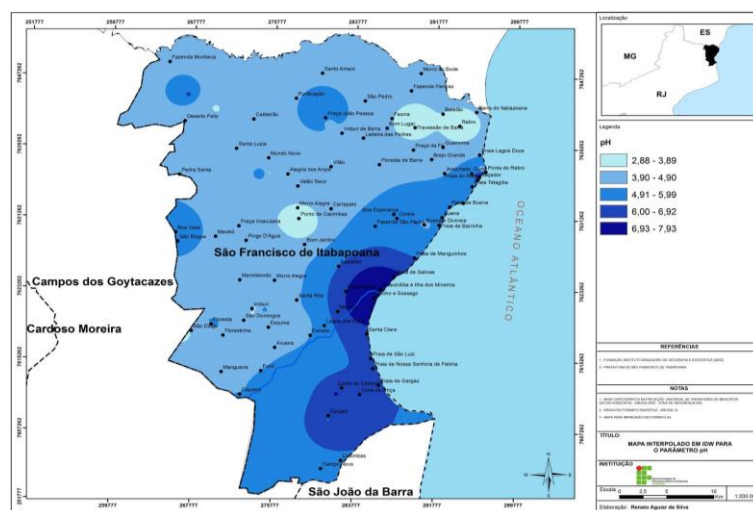


Figura 6: Mapa temático relativo ao parâmetro pH.

3.3. Turbidez

A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas em suspensão em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. A turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo a mesma uma aparência turva (SPERLING, 2005).

Para a análise deste parâmetro, verificou-se que a 35,67% das amostras estavam acima do padrão de turbidez de 5 UNT para água de consumo humano, segundo Portaria Nº 2914 de 12/12/2011, do MS.

Na figura 7, pode-se observar que a área em branco (64,33%) foram encontradas amostras com valores de Turbidez considerados ideal para o consumo humano. No mapa pode-se verificar uma tendência do aumento na turbidez em localidades situadas nas áreas com predominância de cordões arenosos e áreas alagáveis como no caso de Gargaú e localidades situadas ao longo do alagado do Rio Guaxindiba.

Na localidade de Gargaú, o evento pode ser atribuído ao fato de serem próximas ao rio Paraíba do Sul e estar sofrendo a influência deste corpo hídrico por percolação. Neste sentido, moradores confirmam ainda em seus relatos que no período chuvoso e de cheia do Rio a água dos poços apresentam coloração avermelhada e cheiro de “brejo”.

Zilmer *et al.*, (2007) ao realizar a avaliação de características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, situado em Nova Xavantina – MT, após chuvas fortes, ou períodos de chuva intensa, verificou que as águas de mananciais de superfície ficam turvas, isto é devido ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada, sendo assim, os solos argilosos e a movimentação das águas ocasionam o aumento da turbidez. Condições similares de aumento nos valores de turbidez podem ocorrer com a ocorrência de precipitação pluviométrica.

No caso das águas subterrâneas, podem aumentar a turbidez pelo fato dos poços serem escavados e utilizados sem nenhum tipo de revestimento, assim, sofrendo o desprendimento das paredes argilosas do próprio poço. Segundo Hirata *et al.* (2006), os incrementos em turbidez e carga bacteriana podem ocorrer também devido, principalmente, à contaminação por esgoto doméstico.

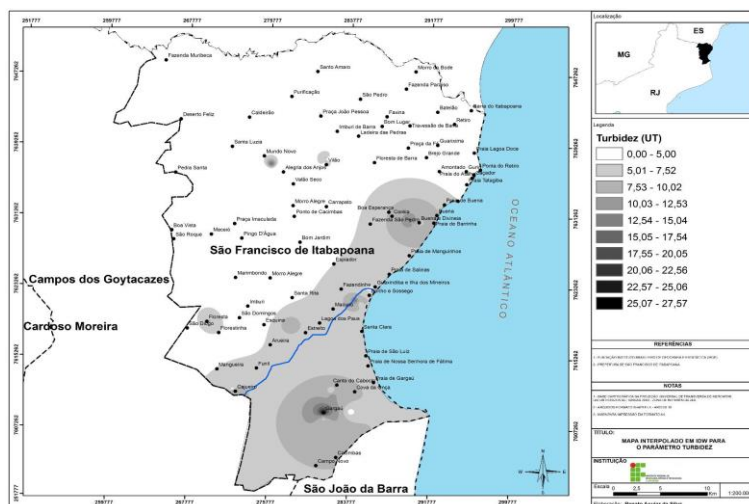


Figura 7: Mapa temático relativo ao parâmetro Turbidez.

3.4. Salinidade

As análises utilizadas para a determinação da salinidade verificou-se que nas localidades situadas na área em branco do mapa da figura 8, possuem água com padrões ideais para o consumo humano para o parâmetro salinidade (Menor que 0,5%). Neste sentido, nas áreas com coloração azul as análises verificaram uma tendência de água salobra, onde cerca de 29,94% das amostras estavam fora do padrão conforme Portaria N° 2914 de 12/12/2011, as águas que possuem salinidade numa faixa entre 0,5 e 30‰, estão enquadradas nesta categoria.

Estes resultados podem ser explicados pelo fato destas localidades estarem na costa marinha, sofrendo a influência por percolação da água do mar. A visualização fica mais clara quando verificamos a área da foz do rio Guaxindiba, onde se pode observar que nela a influência marinha é muito maior que nas outras áreas da costa. Ao norte do município o mesmo comportamento é observado cuja origem provável é a intrusão de língua salina via rio Itabapoana.

Segundo Melo (2007), a salinidade da água subterrânea diminui à medida que a água subterrânea move-se para jusante com relação ao fluxo subterrâneo. Isto significa que o mecanismo de recarga contribui para uma diluição progressiva dos sais e uma redução na concentração do cloreto.

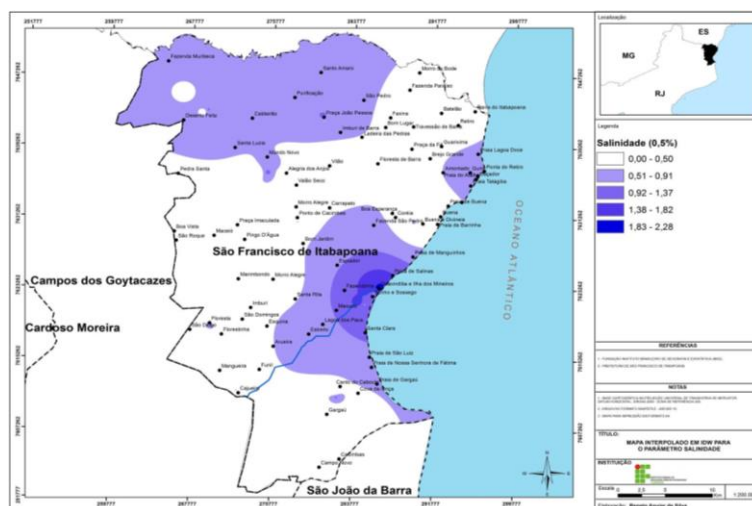


Figura 8: Mapa temático relativo ao parâmetro Salinidade.

3.5. Coliformes Totais

Os resultados das análises da água subterrânea para o parâmetro coliformes totais indicam que 87,07% das amostras encontravam fora dos padrões de potabilidade. Considerando o uso da água para consumo humano, o Valor Máximo Permitido - VMP para coliformes totais é a ausência em 100 ml de água. Entretanto, a Portaria N° 2914 de 12/12/2011 do MS aceita que uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, pode apresentar resultado positivo em água de poços, fontes ou outra forma de abastecimento alternativo individual desde que haja ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. A análise indicou que apenas 12,93% das amostras estavam dentro dos padrões e não possuíam contaminação por coliformes totais. Neste sentido, das 128 amostras que estavam contaminadas com coliformes totais, 33 delas também continham contaminação por coliformes termotolerantes.

O mapa da figura 9 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro Coliformes Totais. Dentro das áreas mais contaminadas, deve-se ressaltar a localidade de Guaxindiba, pois é uma área mais povoada do município, e pelo fato das fossas serem rudimentares, representa uma tendência à contaminação por coliformes totais. Outra localidade que merece atenção é a área situada entre Mundo Novo e Alegria dos Anjos, conhecida pelo lixão de São Francisco de Itabapoana. Nesta região, o lixo era depositado sem nenhuma preparação capaz de minimizar o risco de contaminação ambiental e não existia nenhum controle quanto aos tipos de resíduos depositados e quanto ao local de disposição dos mesmos.

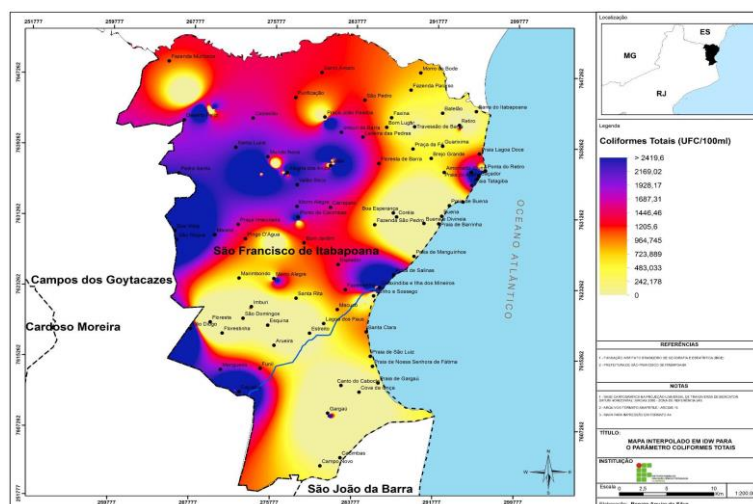


Figura 9: Mapa temático relativo ao parâmetro Coliformes Totais.

Na coleta dos dados foi medido a distância dos poços em relação às fossas, e foi verificado uma grande variação, entre 3 e 100 m e distância média em torno de 17m. Apenas 6,37% dos poços analisados possuíam distancia superior ou igual a 30m em relação à fossa de dejetos sanitários.

É importante ressaltar que em todas as residências analisadas o meio de disposição final de dejetos sanitários é a fossa (sumidouro), pois na maior parte do município não dispõe de esgotamento sanitário, o que pode contribuir para a contaminação. Segundo Camargo (2009) a curta distância entre fossas e poços pode ser considerada um dos grandes causadores do alto índice de contaminação, indicando que o lençol freático pode estar contaminado.

O escoamento das águas superficiais e as distâncias inferiores a 30m em relação às fossas sépticas facilita a contaminação dos poços de abastecimento (CAMARGO, 2009).

3.6. Coliformes Termotolerantes

A presença de bactérias do grupo Coliforme, especialmente as conhecidas como Coliformes Termotolerantes são indicadoras da contaminação do ambiente por matéria fecal proveniente de organismos de sangue quente.

Segundo o MS, a simples presença de Coliformes Termotolerantes numa amostra de água de 100 ml acarreta numa não conformidade e invalida o uso desta manancial. O mapa da figura 10 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Percebe-se que a tendência na contaminação está presente a na região central do município. Pode-se ressaltar que entre as praias de Santa Clara e Manguinhos, possui uma maior tendência à contaminação da água subterrânea, pois é a faixa onde ocorre a maior concentração urbana do município, segundo a Prefeitura Municipal a população nesta região duplica no verão,

fazendo com que a demanda de água e o descarte do esgoto também aumente. As localidades situadas entre a Praia de Buena e Lagoa Doce também obtiveram valores altos para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Na divisa do Município com Campos dos Goytacazes, nas localidades de São Diogo, Boa Vista e São Roque os valores encontrados mostraram uma tendência a contaminação por este parâmetro. No geral, em torno de 35,37% das amostras coletadas estavam em conformidade e não apresentavam contaminação por Coliformes Termotolerantes, enquanto que 64,63% das amostras apresentavam contaminação.

A ocorrência de valores elevados de coliformes termotolerantes nestes ambientes são indicadores de contaminação devido ao despejo de efluentes *in natura* diretamente em fossas rudimentares que são construídas irregularmente e muito próximas ao poço de captação de água para consumo humano.

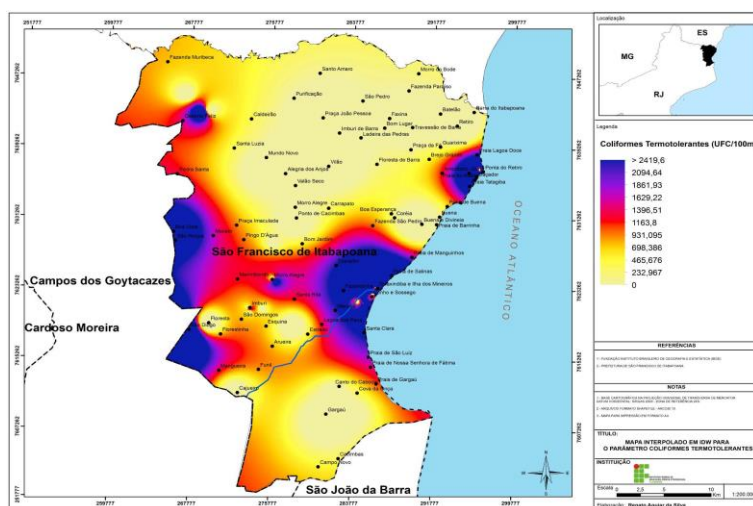


Figura 10: Mapa temático relativo ao parâmetro Coliformes Termotolerantes.

4. Conclusões

A água subterrânea apresentou parâmetros fora do padrão de potabilidade em todas as localidades, em função da precária ou falta de manutenção dos poços e da sua inadequada construção, como perfuração feita próxima a fossa, entre outras.

Pode-se concluir ao analisar o parâmetro cloro, que possivelmente um número muito reduzido de residências fez uso de cloro para desinfecção da água, propiciando um meio adequado para a sobrevivência e proliferação de agentes patogênicos oportunistas.

Para o parâmetro pH, conclui-se que a maioria dos domicílios visitados possuíam um valor muito abaixo do permitido e que existe uma tendência a menores valores de pH na localidade de Guaxindiba. Verificou-se que existe uma correlação entre o aparecimento de coliformes e o pH da

água de consumo humano, revelando a importância do uso de medidas de manutenção e limpeza dos poços e caixas d'água.

Ficou evidente para o parâmetro turbidez que, as áreas onde ocorrem influencia dos rios Paraíba do Sul e Guaxindiba, possuem uma maior tendência a valores altos de turbidez da água. Este fator também pode ser atribuído a má qualidade e falta de manutenção dos poços.

Após análises foi verificado que a salinidade estava fora dos padrões em cerca de 29,94% das amostras e este fato pode ser atribuído a percolação da água do mar nessas localidades costeiras e a localidade de Guaxindiba é novamente a que mais sofre com as águas salobras. No norte do município a maior salinidade ocorre provavelmente em função da intrusão da língua salina via rio Itabapoana.

Os parâmetros microbiológicos analisados demonstraram que 128 domicílios continham poços contaminados com coliformes totais, e dentre as áreas mais contaminadas, deve-se ressaltar a localidade de Guaxindiba, por ser uma área mais povoada do município, e pelo fato das fossas serem rudimentares, o que representa uma facilidade à contaminação por coliformes totais.

Para o parâmetro Coliformes Termotolerantes 64,63% das amostras apresentaram contaminação, indicando a infecção por material fecal e precárias condições higiênico-sanitárias, não sendo aceitável para o consumo humano.

A correlação entre a distância da fossa e o poço de coleta de água concluiu que ocorre uma tendência a contaminação por coliformes totais e termotolerantes quando essa distância é inferior a 30 metros.

Por fim, pode-se concluir que é precário o saneamento dessas localidades e que a saúde dos residentes e consumidores da água subterrânea provavelmente está comprometida.

O governo municipal deve intervir de forma contundente e eficaz nestas localidades, a fim de zelar pela qualidade vida e saúde dos moradores. Por outro lado, a população deve ser informada e educada para que deva ser tomadas providências para a proteção de seus recursos hídricos subterrâneos e superficiais, principalmente no caso de consumo para uso cotidiano.

Referencias Bibliográficas

ALVES, M. G; JÚNIOR, J. L. S; JÚNIOR, E. L. S; ALMEIDA, F. T. **Avaliação de elementos tóxicos nas águas subterrâneas no município de São Francisco de Itabapoana/rj.** XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, Brasil - eISSN 2179-9784. 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde - Portaria Nº 2914 DE 12/12/2011 (Federal), 2011.

CAMARGO, M. F; PALOUSSO, L.V. **Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT.** Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 30, n. 1, p. 77-82, jan./jun. 2009.

EATON, Andrew D.; CLESCERI, Lenore S.; RICE Eugene W.; GREENBERG Arnold E.. **Standard Methods for the Examination of water & wastewater** 21 Ed. [S.L.]: Apha, 2005.

FGV/CPS, **Mapa da Fome II.** Brasil 2003.

FGV/CPS, **Pesquisa Trata Brasil: Saneamento e Saúde.** Brasil 2007.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L.; FERNADES, A.; BERTOLO, R. **Hidrogeología del Brasil: uma breve crônica de las potencialidades, problemática y perspectivas.** Boletín Geológico y Minero, n.117 (1): 25-36. 2006.

IBGE, Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br>, acessado em 04 de agosto de 2012.
BRASIL 2010

LAMEGO, A. R. **O Homem e o brejo.** Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia: IBGE, (Biblioteca Geografia Brasileira, 1). 1945. 217 p

LINS, B.L.A. & NASCIMENTO, M.T, **Fenologia de Paratecoma peroba (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil.** Rodriguésia 61(3): 559-568. 2010.

Melo, J. G. Vasconcelos, M. B. Moraes, F. Moraes, S. D. O, Medeiros, J. I. **Aspectos da salinização das águas subterrâneas na borda sul da bacia potiguar, RN.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2007

MOURA, A. N; ANDRADE, J. G. P; LUVIZOTTO, J. E. **Compartilhamento de Dados entre Sistemas de Informação Geográfica e Modelos de Simulação Hidráulica.** Gobierno de Chile; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Agua, Vida y Desarrollo. Santiago de Chile, IICA, oct. 2010.

OLIVEIRA, E.. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas, (2004).**

PEREIRA, F. L. CAMPOS V.B.G. **Uma aplicação de SIG para Análise Espacial da Poluição Atmosférica num Trecho Rodoviário.** Relatório p/Grupo SEAD-T do Fundo Setorial em Transporte, CNPq, (2004).

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento aplicado ao manejo sustentável do meio ambiente.** Organizado por Sidney Osmar Jadoski. Manejo sustentável do meio ambiente; Unicentro, 2007.

SALES, C.W. JÚNIOR, L.P.Q. OLIVEIRA, V.P.S. **Avaliação da contaminação do solo e da água subterrânea na área do lixão de São Francisco de Itabapoana – RJ.** 2º Seminário Sobre Ecotoxologia Aquática. Campos dos Goytcazes, 2011.

SEBRAE, **Informações Socioeconômicas do Município de São Francisco de Itabapoana.** Rio de Janeiro, 2011.

SILVA A. P. **Avaliação Das Condições Higiênico-Sanitárias Da Água Consumida No Município De São Gonçalo.** Rio de Janeiro, 2007.

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

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 3ª Ed. P.452, 2005.

TCE - RJ. **Estudos Socioeconômicos dos municípios do estado do Rio de Janeiro – 2013 – São Francisco do Itabapoana.** Secretaria – Geral de Planejamento – 2013. Consulta em maio de 2014: <http://www.tce.rj.gov.br/web/guest/estudos-socioeconomicos1>

WERNECK, L.G. FULGENCIO, A.G. SALES, C.W. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Município de São Francisco de Itabapoana, RJ.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 6 n. 1, p. 69-83, jan. / jun. 2012.

ZILMER, T. A.; VARELLA, R. F.; ROSSETE, A. N. **Avaliação de algumas características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina – MT.** *Holos Environment*, v. 7, n. 2, p.123-138. 2007.