



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

FRANCISCO MARCELO DOS SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHAFARIZES DO MUNICÍPIO DE
URUBURETAMA, ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2019

FRANCISCO MARCELO DOS SANTOS DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHAFARIZES DO MUNICÍPIO DE
URUBURETAMA, ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Engenheiro Químico.

Orientador: Prof. Dr. João José Hiluy Filho

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O47a Oliveira, Francisco Marcelo dos Santos de.
Avaliação da qualidade da água de chafarizes do município de Uruburetama, estado do Ceará / Francisco Marcelo dos Santos de Oliveira. – 2019.
50 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. João José Hiluy Filho.
1. Água Subterrânea . 2. Aquífero Artesiano. 3. Nordeste. I. Título.

CDD 660

FRANCISCO MARCELO DOS SANTOS DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHAFARIZES DO MUNICÍPIO DE
URUBURETAMA, ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Engenheiro Químico.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará

Dra. Erika de Almeida Sampaio Braga (NUTEC)
Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará

Aos meus pais, Gislene e Vicente.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará (UFC).

Ao Prof. Dr. João José Hiluy Filho, pela orientação neste Trabalho Final de Curso.

Às membras da Banca examinadora Profa. Dra. Rílvia Santiago e Dra. Erika Sampaio pelas colaborações e sugestões.

Aos colegas de curso e, especialmente, aos colegas que conheci na Residência Universitária do Pici, nas pessoas de Bruno Coelho, Janine, Júnior Meireles, Levi Pluma, Levy Freitas, Lucas Pluma, Ravena e Will Bonner.

À Breno, pelo apoio em diversos momentos ao longo da minha graduação.

À Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC), pela permissão para realizar as análises das amostras.

Às analistas do Laboratório de Química Ambiental, nas pessoas de Laninha e Cris, pela orientação nas realizações dos ensaios.

“As palavras só têm sentido se nos ajudam a ver o mundo melhor. Aprendemos palavras para melhorar nossos olhos.” (Rubem Alves).

RESUMO

Com o intuito de contribuir para a melhoria da qualidade de vida das pessoas que fazem uso de chafarizes como fonte alternativa para abastecimento de água no município de Uruburetama, situado no estado do Ceará, este estudo buscou avaliar a qualidade da água de poços captada por torneiras de chafarizes em três localidades distintas, a saber: Ipueirinha, Itacolomy e São Francisco (sede). A água que é distribuída através desses chafarizes não recebe nenhum tipo de tratamento, nem mesmo a cloração. Foram coletadas 8 amostras de água em cada ponto durante os meses de março, abril e maio de 2019, totalizando 24 amostras coletadas. Os parâmetros selecionados para este estudo foram cloretos, dureza total, nitratos, nitritos, pH e sulfatos. As análises dos parâmetros foram baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012), sendo realizadas no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC). Os resultados obtidos foram comparados com o que está estabelecido na Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Para a localidade de Ipueirinha, todas as amostras de água coletada apresentaram valores maiores que o estabelecido na Portaria citada para cloretos e dureza total, enquanto para os parâmetros restantes, estiveram abaixo do valor máximo permitido. Para as amostras coletadas nas localidades de Itacolomy e São Francisco, todos os parâmetros apresentaram conformidade com a legislação, apresentando resultados abaixo do valor máximo permitido. Como as amostras não recebem adição de cloro para desinfecção, todas as amostras não podem ser utilizadas para consumo direto pela população, já que o Art. 24. Estabelece que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração. Como recomendação, o Art. 34. Estabelece a obrigatoriedade da 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). Portanto, isso se constitui um risco potencial para que a população contraia doenças de veiculação hídrica.

Palavras-chaves: Poço. Chafariz. Qualidade da água. Abastecimento de água.

ABSTRACT

In order to contribute to the improvement of life quality of people who use fountains as an alternative source for water supply in the municipality of Uruburetama, in the state of Ceará at the Northeast region in Brazil, this study sought to evaluate the quality of well water collected by faucets of fountains, Three distinct locations, namely Ipueirinha, Itacolomy and São Francisco (headquarters) were chosen. The water that is distributed through these fountains does not receive any kind of treatment, not even chlorination. Eight water samples were collected at each point in March, April and May 2019, totaling 24 samples collected. The selected parameters for this study were chlorides, total hardness, nitrates, nitrites, pH and sulfates. The parameters analysis was based on the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), being carried out in the Laboratory of Environmental Chemistry of the Nucleus of Industrial Technology of Ceará (NUTEC). The results obtained were compared with what is established in the Ministry of Health's Consolidation Ordinance No. 05, dated September 28, 2017. For the town of Ipueirinha, all samples of water collected had values higher than that established in the Ordinance quoted for chlorides and total hardness, while for the remaining parameters, they were below the maximum allowed value. As samples do not receive chlorine addition for disinfection, all samples cannot be used for direct consumption by the population, since Article 24. It establishes that all water for human consumption, collectively supplied, must undergo disinfection or chlorination. As a recommendation, Article 34. It establishes the obligation to maintain a minimum of 0,2 mg/L of free residual chlorine or 2 mg/L of combined residual chlorine or 0.2 mg/L of chlorine dioxide in distribution system (reservoir and network). Therefore, this constitutes a potential risk for the population to contract waterborne diseases.

Keywords: Well. Fountain. Water quality. Water supply.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO GERAL	13
2.1 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE URUBURETAMA	14
3.2 RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO ESTUDADO	14
3.3 ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	15
3.4 MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
3.4.1 CHAFARIZ	18
3.4.1.1 ESTRUTURA DOS CHAFARIZES DAS COLETADAS DE AMOSTRAS	19
3.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	21
3.5.1 ORIGEM DOS SAIS DISSOLVIDOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	22
3.6 PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA	23
3.6.1 pH	23
3.6.2 Dureza total	24
3.6.3 Cloretos	25
3.6.4 Sulfatos	25
3.6.5 Nitratos e nitritos	26
3.6.6 Ferro total	26
4 METODOLOGIA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	43
6 REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A água sempre foi um assunto crítico, principalmente em regiões semiáridas, pois ela é um recurso natural de extrema importância para a manutenção da vida na Terra. Nas palavras de Kofi Annan, Secretário Geral da ONU: “a água doce é preciosa: não podemos viver sem ela. É sem igual: não temos substitutos para ela. É sensível: a atividade humana tem profundo impacto sobre a quantidade e qualidade de água doce disponível” (DESPERTAI, 2001).

Sobre a demanda de água, escreve Camargo (2003, p. 40),

Segundo a ONU, em menos de cinquenta anos, mais de quatro bilhões de pessoas, ou 45% da população mundial, estarão sofrendo com a falta de água. Esse alerta foi dado em um relatório apresentado na 7a. Conferência das Partes da Convenção da ONU sobre Mudanças Climáticas, realizada no final de 2001, em Marrocos. Afirma, ainda, que antes mesmo de chegarmos à metade do século, muitos países não atingirão os cinquenta litros de água por dia, necessários para atender às necessidades humanas. Os países que correm maior risco são aqueles em desenvolvimento, uma vez que a quase totalidade do crescimento populacional, previsto para os próximos cinquenta anos, acontecerá nessas regiões. A entidade aponta a poluição, o desperdício e os desmatamentos, que fragilizam o ecossistema nas regiões dos mananciais e impedem que a água fique retida nas bacias – principais motivos para a causa da escassez da água.

No Brasil a utilização de água subterrânea aumentou vertiginosamente, principalmente nos locais de maior potencialidade e em função da necessidade de uma fonte de água para as regiões, imposta pelas condições climáticas. O reflexo disso é a contribuição da água subterrânea em parcelas significativas, tanto para o abastecimento público como para usos diversos (ABDALA, 2004).

A população da região Nordeste do Brasil enfrenta, secularmente, graves problemas ligados à falta de água e, conseqüentemente, à fome, ocasionados pelos frequentes períodos de estiagem, que caracterizam o clima semiárido desta região, e são conhecidos, popularmente, pela temida palavra – Seca (ABDALA, 2004).

Nesses períodos de chuvas escassas ou inexistentes, os pequenos mananciais superficiais geralmente secam e os grandes chegam a atingir níveis críticos, provocando muitas vezes colapso no abastecimento de água. Dentro desse panorama aumenta a importância da água subterrânea, que representa muitas vezes, o único recurso disponível para o suprimento da população e dos rebanhos (ABDALA,

2004).

Como reflexo dessa realidade, os governos federal e estadual promovem, entre outras medidas emergenciais, programas de perfuração de poços na tentativa de aumentar a oferta de água e minimizar o sofrimento da população.

Esses programas são materializados hoje por uma enorme quantidade de poços, muitos dos quais desativados ou abandonados por motivos diversos, e que poderiam voltar a funcionar, na medida em que recebessem pequenas ações corretivas. De acordo com Biasoli (2000), a questão não é só a falta de recursos: a questão é falta de prioridade, é falta de priorização do que é fundamental, do que é básico, que é o saneamento.

A legislação que estabelece valores para os usos da água subterrânea para consumo humano é a Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Porém a Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, estabelece no Anexo XX, Art. 3º, que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água e em seu Art. 5º, inciso VII, considera a seguinte definição: Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para consumo humano é a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

Sendo assim, os resultados obtidos para os parâmetros analisados foram comparados com a Portaria de Consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade das águas de poços que é distribuída por chafariz e utilizada para o abastecimento da população no município de Uruburetama, estado do Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar as análises físico-químicas das amostras das águas de poços e coletadas em chafarizes em dois distritos e um bairro na sede do município de Uruburetama durante os meses de março, abril e maio de 2019;
- Comparar os resultados obtidos para os parâmetros analisados com os valores estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde;
- Avaliar a qualidade da água para o consumo humano com base na Legislação citada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características do município de Uruburetama

O município de Uruburetama situa-se na região noroeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Tururu, Umirim, Miraíma, Itapipoca e Itapajé, compreendendo uma área total de 97,072 km².

De acordo com CPRM (1998), o município apresenta uma variação de temperatura, em valores médios, entre temperaturas mínimas de 19°C e máximas de 29°C, com uma precipitação média anual de 1.100 mm.

O município fica localizado na bacia hidrográfica do Rio Curu e tem o açude Mundaú como principal fonte de abastecimento da população da sede. Segundo IBGE (2010), a população do município no censo realizado em 2010 era de 19.765 habitantes.

3.2 Recursos hidrogeológicos do município estudado

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) realizou um estudo complexo direcionado e aplicado aos assuntos relacionados em níveis pluviométricos, características geológicas e geográficas, recursos hídricos subterrâneos e superficiais e outras demais características importantes para a vida útil das águas na cidade de Uruburetama (1998). A figura 1 mostra a localização do município no mapa do Estado do Ceará.

Figura 1 - Mapa do Estado do Ceará e seus municípios pesquisados em relação aos domínios cristalinos e sedimentares



Fonte: CPRM

Estão presentes dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas e depósitos aluvionares.

As rochas cristalinas são predominantes na área, sendo comumente conhecidas por “aquífero fissural”. Uma premissa básica é que inexistente uma porosidade primária nesse tipo de rocha, de modo que o armazenamento de água é possível devido a presença de uma porosidade secundária representada por fendas e fraturas, da qual resultam reservatórios aleatórios que pouco contribuem para as reservas subterrâneas, pois estes geralmente são descontínuos e de pequena extensão. Observa-se que poços dessa natureza apresentam baixas vazões e a água, em razão da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido é, muitas vezes, salinizada (CPRM, 1998).

Neste tipo de terreno, em especial na região do Nordeste, concentram-se problemas de qualidade natural das águas, com grandes diferenças de salinidade de uma fratura para outra vizinha. Medidas de carbono-14 indicaram que as águas

dessa região são novas, com poucas dezenas ou centenas de anos de permanência no aquífero, por consequência, a alta salinização observada nesse tipo de domínio não pode ser interna, por dissolução no aquífero, visto que estes processos geoquímicos são relativamente lentos em ambientes fechados (Santiago et al., 2000).

Este comportamento se justifica pela baixa pluviometria da região, que faz com que os sais transportados pela chuva (aerossóis) e acumulados no solo e fraturas não sejam lixiviados e devido à alta evaporação, favoreça a concentração destes sais (ZOBY, 2008).

Com relação aos depósitos aluvionares, estes são representados por sedimentos areno-argilosos recentes e ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região. Têm uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas, pois a alta permeabilidade dos terrenos arenosos produz vazões significativas (CPRM, 1998).

Todavia, não é sob esse enfoque que esse trabalho deve ser entendido, mas sim como uma ação no campo dos recursos hídricos que, sem deixar de considerar as condições sociais e econômicas que a envolvem, busca contribuir para a melhoria das condições de vida da população dessa região através do aproveitamento e preservação dos recursos de água no semiárido nordestino.

Especificamente, buscando soluções técnicas e gerenciais para o abastecimento de água potável às comunidades interioranas.

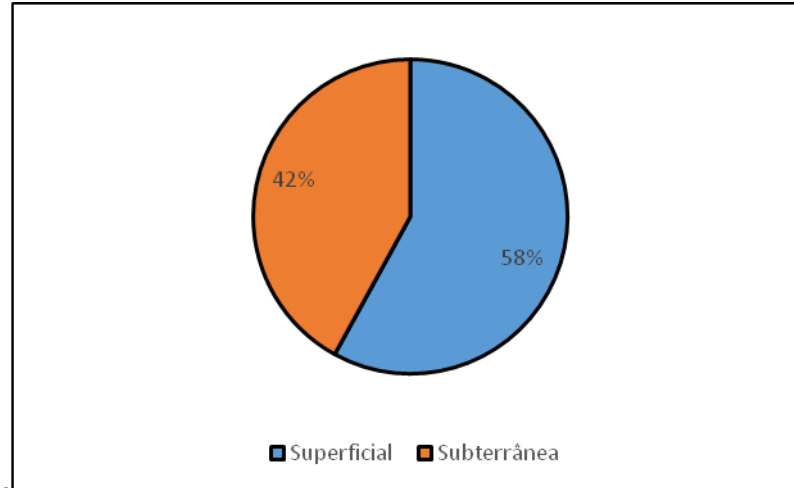
3.3 Água para abastecimento público

Entre os domicílios que possuem rede de abastecimento de água, uma parte significativa da população usa água subterrânea. Apesar do uso do manancial subterrâneo ser complementar ao superficial em diversas regiões, em outras partes do país, a exemplo das comunidades rurais do semiárido nordestino, a água subterrânea representa o principal manancial hídrico.

No que se refere ao abastecimento de água no Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), estima-se que 58% dos municípios brasileiros utilizam mananciais de águas superficiais para o seu uso preponderante, enquanto

42% têm, em mananciais subterrâneos, suas principais fontes, conforme exposto no gráfico 1:

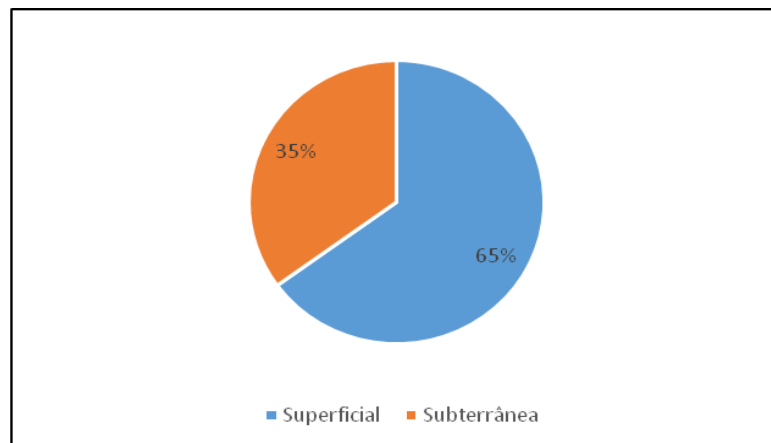
Gráfico 1 - Abastecimento de água no Brasil, por tipo de captação



Fonte: Atlas Brasil do Abastecimento Urbano de Água (2010).

Quanto ao estado do Ceará, conforme ANA (2010), os mananciais superficiais são utilizados para o abastecimento de 65% das sedes urbanas, enquanto os mananciais subterrâneos são utilizados por 35% dos municípios cearenses para seu abastecimento, conforme o gráfico 2:

Gráfico 2 - Abastecimento de água no estado do Ceará, por tipo de captação.



Fonte: Atlas Brasil do Abastecimento Urbano de Água (2010).

O município de Uruburetama dispõe de abastecimento de água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), fornecimento de energia pela Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), serviços telefônicos, agência de correios e telégrafos, serviços bancários, hospitais, hotéis e escolas.

A CAGECE atende a aproximadamente 100% da população da sede a partir das águas do açude Mundaú, cuja capacidade de armazenamento é da ordem de 21,31 hm³. Por outro lado, distritos mais distantes do centro não são atendidos pela companhia responsável, precisando recorrer a fontes subterrâneas, que são o caso dos distritos de Itacolomy e Ipueiras.

O poço de São Francisco encontra-se na sede, e apesar da grande cobertura no fornecimento de água nesta parte da cidade, verificou-se o seu uso pela população local para os diversos fins.

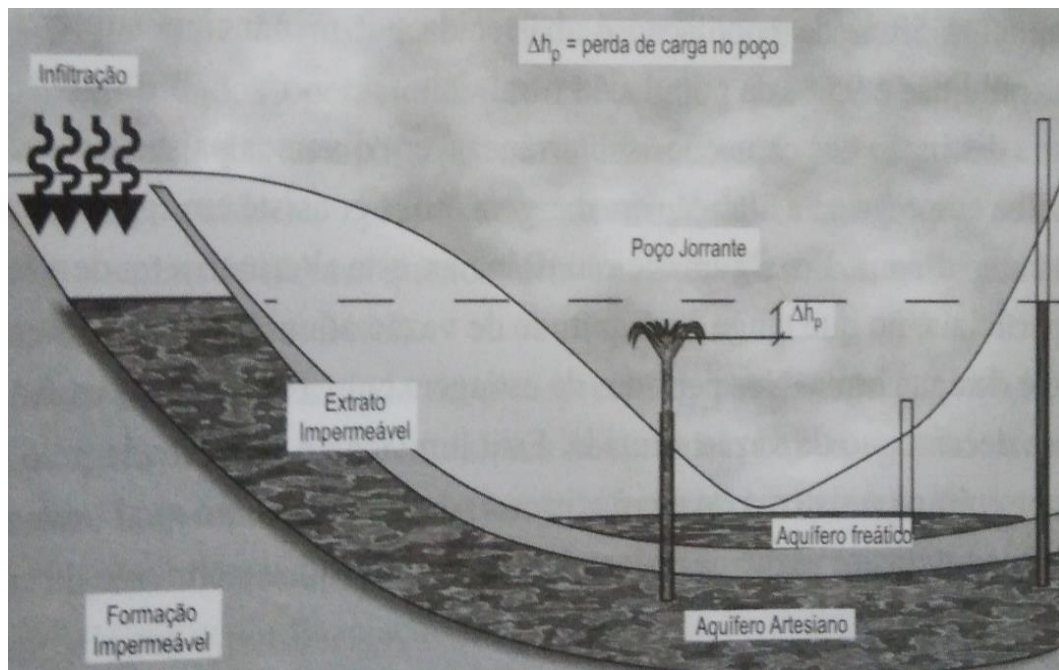
3.4 Mananciais subterrâneos para abastecimento de água

Uma das principais fases do ciclo hidrológico compreende a infiltração da água no subsolo, resultando em seu armazenamento nos poros e fraturas no solo e substrato rochoso (GROTZINGER e JORDAN, 2013).

De acordo com Libânio (2010), o aquífero freático consiste no lençol d'água que está acima de uma camada de solo impermeável e cuja pressão é a atmosférica, já o aquífero artesianos encontra-se entre duas camadas de solo impermeáveis, geralmente a maior profundidade que o lençol freático e está submetido a uma pressão superior a atmosférica.

Um esquema dos dois tipos de aquíferos e poços é mostrado na figura 2.

Figura 2 - Tipos de aquíferos e poços.



Fonte: LIBÂNIO, 2010.

São várias as formas de obtenção da água a partir do tipo de reservatório utilizado. A água proveniente do lençol freático é captada através de galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos, já a captação de água do aquífero artesiano é feita através de poços artesianos e, mais raramente, por fontes de encosta. (MIRANDA, 2007).

3.4.1 Chafariz

A Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) define o chafariz como um equipamento provido de uma ou mais bicas que jorram água potável. Geralmente, situa-se em local aberto à visitação pública, como praças e jardins. Os tipos de chafarizes são: de bombeamento e adução (bomba, tubos adutores e acessórios hidráulicos e elétricos); de adução e reservatório (tubulação adutora e caixa d'água); de distribuição (chafariz comunitário e bebedouro para animais) e instalação de proteção (cercado de proteção para o poço e o chafariz). A maior finalidade deste sistema é diminuir a distância e facilitar o transporte da comunidade à água potável.

É uma fonte hídrica alternativa de abastecimento de água para consumo humano, frequente em comunidades, localizadas principalmente em regiões do Nordeste. Entretanto, sua distribuição não costuma passar por tratamento, e consumo dessas águas são potenciais fontes de risco à saúde pública. (BEZERRA *et al.*, 2017).

As doenças acarretadas pela água podem ser classificadas como doenças de origem hídrica e doenças de transmissão hídrica, as primeiras são geradas por substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes na água em concentrações superiores aos padrões para consumo humano, enquanto, nas doenças de transmissão hídrica, a água atua como condutor do agente infeccioso como, por exemplo, micro-organismos patogênicos (BAPTISTA NETO *et al.*, 2008; TORTORA *et al.*, 2016).

3.4.1.1 Estrutura dos chafarizes onde foram coletadas as amostras

Os chafarizes das três comunidades são do tipo bombeamento e adução, sendo dotados de bomba, tubos adutores e uma caixa d'água que serve como reservatório. Ficam localizados às margens das ruas e estradas, espaços públicos de fácil acesso.

De acordo com os responsáveis pelo monitoramento dos chafarizes, a água distribuída através dos mesmos não recebe adição de cloro, nem passa por outros tratamentos, sendo distribuída no seu estado natural, tornando-se potenciais fontes de risco a saúde de seus usuários.

As figuras 3, 4 e 5 mostram os chafarizes onde as amostras de águas foram coletadas.

Figura 3 - Chafariz do bairro de São Francisco (sede).



Fonte: o autor.

Como pode ser observado na figura 3, a construção atrás do chafariz é um posto de saúde. Segundo informações da população, apesar do chafariz está localizado em um bairro na sede do município de Uruburetama, ainda não existe rede de coleta de esgotos, que são lançados em fossas sépticas. Dependendo da distância da fossa ao poço e da permeabilidade do solo, podem ocorrer infiltrações e comprometer a qualidade da água.

Figura 4 - Chafariz de Ipueirinha.



Fonte: o autor.

Na figura 4 pode-se ver que próximo ao chafariz existe uma cerca com plantações. Caso esteja sendo usados pesticidas e/ou fertilizantes nessas plantações, a água do poço pode ser contaminada com produtos químicos. Além disso, a água também pode estar sendo impactada pelo lançamento inadequado de esgotos, já que no distrito o saneamento básico é precário.

Figura 5 - Chafariz de Itacolomy.



Fonte: o autor.

Da mesma forma que os outros dois chafarizes, a água do Chafariz de Itacolomy mostrado na figura 5 também pode ter a qualidade da água

comprometida, em consequência da infiltração por esgoto sanitário proveniente da escola que fica situada próximo.

3.5 Qualidade das águas subterrâneas

Na captação de água subterrânea através de poços, não é importante apenas o aspecto quantitativo, isto é, a vazão a ser obtida. A qualidade da água subterrânea é outro fator a ser considerado, devido ao uso proposto para a água a ser captada.

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados, podendo sofrer a influência de outros fatores como composição da água de recarga, tempo de contato, água/meio físico, clima e, até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas. (MIRANDA, 2007).

De acordo com a Resolução nº 396/08 (CONAMA), considerando que os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológicos e podem ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e que as águas subterrâneas possuem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas sendo necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nessas especificidades, torna-se necessário o conhecimento do tipo do aquífero, ou seja, as características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas do aquífero.

No geral, águas subterrâneas apresentam boas características químicas e físicas, podendo ser consumidas sem necessidade de tratamento prévio, porém, quando sofrem contaminações colocam em risco à saúde da população (HIRATA, 2003). Desta forma águas provenientes de fontes subterrâneas que são utilizadas para abastecimento humano, como é o caso de chafarizes, necessitam de monitoramento constante da qualidade.

Uma forma perigosa de poluição da água ocorre quando fezes humanas ou de outros animais são introduzidas em seu abastecimento. Muitas doenças são transmitidas pela via oral-fecal, em que o contaminante é disseminado pela água e ingerido. O Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) estima que as doenças transmitidas pela água no mundo sejam responsáveis por mais de 2 milhões de mortes a cada ano, principalmente entre crianças com menos de cinco anos (TORTORA *et al.*, 2016).

A ausência de infraestrutura de saneamento básico compromete o bem-estar e a saúde da população (SANTOS; SOUZA, 2014). No Brasil, 88,3% dos domicílios brasileiros são atendidos pela rede geral de abastecimento de água, quanto ao acesso à rede coletora de esgoto 66,3% dos domicílios dispõem deste serviço (IBGE, 2018). Já no município de Uruburetama esse índice é menor, com 18,8% dos domicílios apresentando esgotamento sanitário adequado, segundo o IBGE (2010).

3.5.1 Origem dos sais dissolvidos nas águas subterrâneas

Segundo Miranda (2007), a salinidade representa os sólidos totais dissolvidos na água, que consistem de sais inorgânicos e materiais dissolvidos que são geralmente 95% ou mais de sólidos totais na água.

A quantidade de sais dissolvidos tem sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo, acumulando à medida que a água evapora ou é consumida pela cultura. (MIRANDA, 2007).

A concentração total de sais na água normalmente é expressa em relação à sua condutividade elétrica (CE) e, é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Esse parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. (MIRANDA, 2007).

O íon cloreto, é um dos principais constituintes aniônicos das águas e, geralmente, provém da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, assim como também podem advir dos esgotos domésticos ou industriais.

3.6 Parâmetros indicadores da qualidade da água

Para verificar se a água disponível está aceitável para o consumo humano é necessário verificar sua qualidade junto aos padrões de potabilidade. Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e microbiológicas.

Libânio (2010), relata que as características físicas estão relacionadas a percepção imediata do consumidor, podendo, algumas vezes, resultar na recusa da água por aspectos de ordem estéticas. Como exemplo, temos o sabor e odor, cor, turbidez e temperatura.

As características químicas das águas resultam da dissolução de substâncias avaliadas por meios analíticos. Já as características microbiológicas são avaliadas através de testes bacteriológicos (FUNASA, 2013).

Para os objetivos desse estudo limitou-se as análises dos parâmetros inorgânicos da água, e para tanto, levou-se em consideração a disponibilidade do Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (Nuteq). Os parâmetros selecionados foram: pH à 25°C, dureza Total (DT), sulfatos (SO_4^{2-}), cloretos (Cl^-), ferro total (Fe), nitrato (NO_3^-) e nitritos (NO_2^-).

3.6.1 pH à 25°C

O potencial hidrogeniônico pH é um parâmetro químico relacionado a concentração de íons H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou básicas do meio aquático. À temperatura de 25 °C, valores de pH inferiores a 7 apresentam condições ácidas e, superiores a 7, condições básicas (LIBÂNIO, 2010).

O pH é fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamentos de águas, no controle da corrosão e no tratamento de esgotos e despejos industriais (FUNASA, 2014).

A PRC nº 05/2017 MS recomenda que o pH da água seja mantido no intervalo de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição.

3.6.2 Dureza total

A dureza é calculada como sendo a soma das concentrações de íons metálicos, principalmente os de cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) e, em menor grau, os íons ferrosos (Fe^{++}) e do estrôncio (Sr^{++}), expressa em mg/l de CaCO_3 e é reconhecida segundo sua propriedade de impedir a formação de espumas por sabões (HELLER; PÁDUA, 2010).

A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária ou como também é conhecida, dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio ou magnésio, enquanto a dureza permanente ou dureza de não carbonatos é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio (FUNASA, 2013).

Segundo a Funasa (2013), a dureza temporária é assim denominada porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam, provocando incrustações, ao passo que a dureza permanente não é decomposta pela ação do calor e não provoca incrustações devido seus sais serem muito solúveis na água.

As águas podem ser classificadas em termos do grau de dureza em:

- a. Moles: dureza inferior a 50 mg/l em CaCO_3 ;
- b. Dureza moderada: dureza entre 50 a 150 mg/l em CaCO_3 ;
- c. Duras: dureza entre 150 e 300 mg/l em CaCO_3 ;
- d. Muito duras: dureza superior a 300 mg/l em CaCO_3 .

A dureza não apresenta significado sanitário, seu inconveniente é de natureza econômica, pois a redução na formação de espuma eleva o consumo de sabões e xampus, além da possibilidade de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em decorrência da precipitação do carbonato (LIBÂNIO, 2010). A PRC nº 05/2017 MS estabelece para dureza total o teor de $500,0\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$ como o valor máximo permitido para água potável.

3.6.3 Cloretos

Os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas nas formas de cloreto de sódio, cálcio e magnésio (FUNASA, 2013). A presença do íon cloreto nas águas pode ser atribuída a dissolução dos depósitos de sais, esgotos domésticos, despejos industriais e infiltração das águas marinhas em águas costeiras (FUNASA, 2014). Altas concentrações de cloretos conferem sabor à água de consumo e maior índice de rejeição por parte da população abastecida (LIBÂNIO, 2010).

Os padrões de potabilidade geralmente limitam o teor de cloretos em $250\text{mgCl}^{-1}\text{L}^{-1}$ para água para o consumo humano, porque quando este valor é ultrapassado conferem um acentuado sabor salgado a água. Os cloretos também

provocam reações fisiológicas quando ingeridos em grandes quantidades, através de águas que os contêm em alto grau. (BECKER, 2010).

Em geral, águas com alto teor de cloretos, afetam o equilíbrio osmótico, podendo ocasionar problemas principalmente em pessoas hipertensas. (BIASOLI, 2000). A PRC nº 05/2017 MS estabelece para dureza total o teor de 250,0mg Cl⁻L⁻¹ como o valor máximo permitido para água potável.

3.6.4 Sulfatos

De acordo com Heller e Pádua (2010), o íon sulfato origina-se da deposição atmosférica, dos aerossóis do oceano e da lixívia de compostos de enxofre, de sulfetos ou de sulfatos minerais de rochas sedimentares e sua presença em altas concentrações pode tornar a água desagradável ao paladar, além de estar relacionado a corrosividade da água como resultado da produção de ácido sulfúrico por certas bactérias que utilizam este íon.

A PRC nº 05/2017 MS estabelece para dureza total o teor de 250,0 mgSO₄²⁻L⁻¹ como o valor máximo permitido para água potável.

3.6.5 Nitratos e nitritos

O nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%), pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação (-3 a +5) sob as formas de nitrogênio orgânico (ureia), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio amoniacal (NH₃ e NH₄⁺), nitrito e nitrato (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Heller e Pádua (2010), a presença do íon nitrato ocorre comumente em águas naturais proveniente de rochas ígneas, de áreas de drenagem e da decomposição de matéria orgânica, podendo ter sua concentração aumentada por despejos industriais, esgotos domésticos e pelo uso de fertilizantes originários de nitrato inorgânico.

O íon nitrito pode indicar poluição recente e é frequentemente associado à qualidade microbiológica insatisfatória da água e quando em altas concentrações pode provocar doenças como a cianose ou metahemoglobinemia (HELLER; PÁDUA, 2010). A Resolução nº PRC nº 05/17 MS estabelece o teor de nitritos em 1,0 mgL⁻¹ e

o teor de nitratos em $10,0 \text{ mgL}^{-1}$ como valor máximo permitido para água de consumo humano.

3.6.6 Ferro Total

O ferro é um metal que tem origem na dissolução de compostos de rochas e solos e, por ser um dos elementos mais abundantes, é habitualmente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas (LIBÂNIO, 2010).

O ferro confere à água características como sabor amargo adstringente e coloração, que pode provocar manchas em sanitários, roupas e produtos industriais, como o papel, além de problemas mais frequentes em águas distribuídas como a corrosão e a incrustação de tubulações (HELLER; PÁDUA, 2010)

A PRC nº 05/17 MS estabelece o teor de $0,3 \text{ mgL}^{-1}$ de ferro total como valor máximo permitido em águas para consumo humano.

4 METODOLOGIA

As coletas das amostras de água foram realizadas no município de Uruburetama, estado do Ceará, nas torneiras dos chafarizes que são abastecidos com água provenientes dos poços localizados nas comunidades de Ipueiras, São Francisco (sede) e Itacolomy, durante os meses de março a maio de 2019.

Para as coletas das amostras, foram utilizados frascos de polietileno com capacidade para 1 litro (L) devidamente vedados e identificados, conforme a figura 6:

Figura 6: Garrafas de polietileno utilizadas nas coletas.



Fonte: o autor.






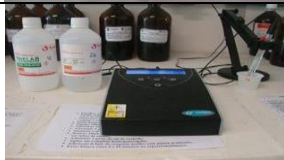

Antes de cada coleta as torneiras passaram por assepsias com álcool 70% e em seguida deixou-se a água escoar por cerca de 3 minutos, a fim de desprezar a água acumulada na tubulação. Posteriormente, segundo recomenda Funasa (2014), realizou-se a ambientação dos frascos o qual consiste em realizar o enxágue do mesmo cerca de duas vezes com a própria amostra.

As amostras foram coletadas, identificadas e acondicionadas em caixa térmica contendo gelo, em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Química Ambiental (LQA), da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC), para a realização das análises físico-químicas.

Os resultados obtidos das análises foram comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.

Os parâmetros físico-químicos analisados, métodos analíticos, reagentes e equipamentos são descritos na tabela 1. Apesar da legislação do Ministério da Saúde estabelecer mais parâmetros físico-químicos e os microbiológicos, considerou-se a disponibilidade do laboratório em que foram feitas as análises.

Tabela 1 - Parâmetros, equipamentos e métodos.

PARÂMETROS	EQUIPAMENTOS	MÉTODOS	REAGENTES
Cloretos (mgCl.L ⁻¹)		4500 Cl- B - APHA, 2012	Solução padrão de AgNO ₃ 0,0141 M Cromato de potássio
Dureza total (mgCaCO ₃ /L)		2340 DT – APHA, 2012	Solução padrão de EDTA 0,01 M Solução tampão pH 10 Trietanolamina Negro de Eriocromo T
Ferro total (mgFe/L)		3500 Fe – APHA, 2012	Solução padrão de Ferro de 10,0 ppm HCl concentrado Cloridrato de hidroxilamina Acetato de amônia Ortofenantrolina
Nitratos (mgNNO ₃ /L)		Colorimétrico salicilato de sódio, Rodier, 1990	Solução padrão de KNO ₃ de 100,0 ppm, salicilato de sódio, ácido sulfúrico e tartarato de sódio e potássio
Nitritos (mgNNO ₂ /L)		4500-NO ₂ B colorimétrico N-naftil	Solução colorimétrica (sulfanilamida + N-1-naftil etilenodiamino)
pH à 25°C		4500 H- B – APHA, 2012	Soluções tampões pH 4,0 e 7,0
Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)		214/IV, LUTZ, 2005	Solução padrão de SO ₄ ²⁻ de 100,0 ppm, ácido-sal e cloreto de bário

Fonte: elaborado pelo autor

4.1 Realização das análises físico-químicas

Para a realização das análises físico-químicas das amostras coletadas, foram utilizados os métodos titulométrico e espectrofotométrico.

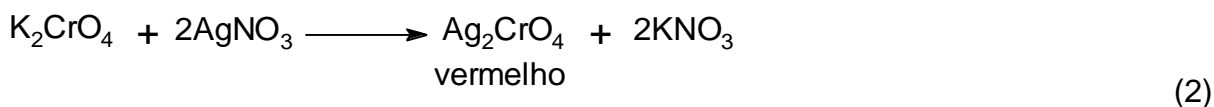
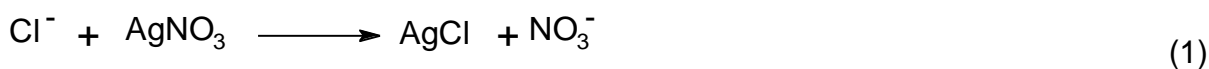
O método titulométrico foi utilizado para as análises dos parâmetros dureza totais e cloretos.

O método espectrofotométrico foi utilizado para as análises dos parâmetros ferro total, nitratos, nitritos e sulfatos. O equipamento utilizado foi o espectrofotômetro marca Merck, modelo Pharo 300. Foram construídas curvas de calibração de soluções padrões de concentrações conhecidas de cada parâmetro versus a leitura da absorbância para o cálculo da concentração através da regressão linear, para obter a equação da reta, construída pelo próprio equipamento, que também, já mostra o valor da concentração diretamente no visor.

4.1.1 Determinação de cloretos: (4500 Cl⁻ B - APHA, 2012)

Primeiramente mediu-se o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras e, caso o pH não estivesse na faixa de 7,00 a 10,00, faixa de pH estabelecidos para o método argentimétrico, o valor era ajustado com ácido sulfúrico (H₂SO₄), ou hidróxido de sódio (NaOH), respectivamente. Em seguida foram pipetados com pipetas volumétricas 50 ml ou um volume menor de uma diluição da amostra, das amostras em duplicata em erlenmeyres de 250,0 ml, adicionado 1 ml da solução indicadora de cromato de potássio (K₂CrO₄) – 5% e tituladas com solução de nitrato de prata (AgNO₃) – 0,0141 N, até a mudança da coloração de amarelo para marrom telha, indicando o final da titulação.

As reações 1 e 2 abaixo mostram a reação de formação do precipitado cloreto de prata e a reação de formação do precipitado cromato de potássio, respectivamente.



Também foi titulado o mesmo volume usado para as amostras de água destilada, chamado de branco da reação. O valor utilizado para o branco foi de 0,3 ml.

4.1.1.1 Reagentes

a) Solução padrão titulante de nitrato de prata (AgNO_3) - 0,0141 N: dissolveu-se 2,395g de AgNO_3 em água destilada e completou-se ao volume de 1000 ml em um balão volumétrico.

b) Solução padrão de cloreto de sódio (NaCl) - 0,0141 N: dissolveu-se 824,0 mg de NaCl (seco à 140°C) em água destilada e completou-se ao volume de 1000 ml em um balão volumétrico

c) Solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4) - 5%: dissolveu-se 5g em água destilada e completou-se ao volume de 100 ml em um balão volumétrico.

4.1.2 Padronização da solução padrão de NaCl - 0,0141 N

Foram pipetados e transferidos para erlemeyeres em duplicata 20 ml de solução padrão de NaCl 0,0141N, adicionado 1,0 ml do indicador cromato de potássio e titulados com solução padrão titulante de nitrato de prata (AgNO_3) 0,0141N.

4.1.3 Cálculo da concentração de cloreto

Para o cálculo das concentrações de cloretos nas amostras de água dos poços analisadas, usou-se a equação 1.

$$\text{mg Cl}^- \cdot \text{L}^{-1} = (A - B) \times N \times 35.450 / \text{volume da amostra} \quad (1)$$

Onde:

A = volume (ml) gasto de (AgNO_3) - 0,0141 N na titulação da amostra;

B = volume (ml) gasto de (AgNO_3) - 0,0141 N na titulação do branco;

N = concentração do (AgNO_3)

4.2 Determinação da dureza total: (2340 C - APHA, 2012)

4.2.1 Preparo de solução tampão pH 10

Inicialmente pesou-se 67,5 g de cloreto de amônio, dissolvendo-o em 570 ml de hidróxido de amônio. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 1L e aferiu-se com água destilada.

4.2.2 Preparo de solução padrão de EDTA 0,01 M

Pesou-se 3,723 g de EDTA P.A. que foi dissolvido em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L e aferiu-se.

4.2.2.1 Padronização da solução de EDTA 0,01 M

Pipetou-se, em duplicata, 20 mL da solução padrão de óxido de zinco 0,01 M utilizando uma pipeta volumétrica que foi transferido para um erlenmeyer. Adicionou-se 20 mL de água destilada a seguir acrescentou-se 5 mL de hidróxido de amônio P.A. por fim, foi adicionada uma pitada de negro de eriocromo T e titulou-se com a solução de EDTA 0,01 M até mudança de coloração de rosa para azul.

4.2.2.2 Procedimentos para análise

A presença de sais de cálcio e magnésio é responsável pela dureza da água. A partir da determinação da concentração total de Ca^{2+} e Mg^{2+} verifica-se o grau da dureza total de cada amostra, através da volumetria de complexação. Inicialmente 50 mL ou um volume diluído da amostra foi tamponada para pH 10 com solução tampão (hidróxido de amônio e cloreto de amônio). Em seguida adicionou-se o indicador negro de eriocromo T e titulou-se com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). – 0,01 M, até mudança de coloração de vinho para azul.

As reações 3 e 4 abaixo, ilustram as reações de complexação ocorridas durante a análise:



a) a dureza total é expressa em (mg CaCO₃.L⁻¹), segundo a equação 2

$$\text{DT (mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}) = V \times f \times M \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad (2)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução EDTA 0,01 M gasto na titulação

F = fator de correção da solução de EDTA 0,01 M

M = concentração da solução de EDTA 0,01 M

4.3 Determinação de Ferro Total (3500 Fe – APHA, 2012)

4.3.1 Solução Cloridrato de hidroxilamina

Dissolveu-se 50 g de cloridrato de hidroxilamina em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 500 ml e aferiu-se.

4.3.1.1 Solução de acetato de amônio

Dissolveu-se 250 g de acetato de amônio em 150 ml de água destilada e adicionou-se 700 ml de ácido acético glacial concentrado.

4.3.1.2 Solução de ortofenantrolina

Pesou-se 1 g de ortofenantrolina P.A. foi dissolvida com água destilada a quente, esfriou-se e então adicionaram-se 2 gotas de ácido clorídrico. Transferiu-se para balão de 1 L e aferiu-se.

4.3.1.3 Procedimento para análise

Para a realização desta determinação é necessário a presença do íon Fe²⁺, para tanto foram adicionados 2 ml de ácido clorídrico (H₂SO₄) P.A. e 1 ml de cloridrato de hidroxilamina em 50 ml da amostra e, em seguida a amostra foi aquecida. Esperou-se esfriar, e então acrescentaram-se 10 ml da solução de acetato de sódio e 4 ml da solução de ortofenantrolina. Fez a leitura no espectrofotômetro

em comprimento de onda = 510 nm. A concentração de ferro é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 3:

$$C \text{ (mgFe.L}^{-1}\text{)} = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (3)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

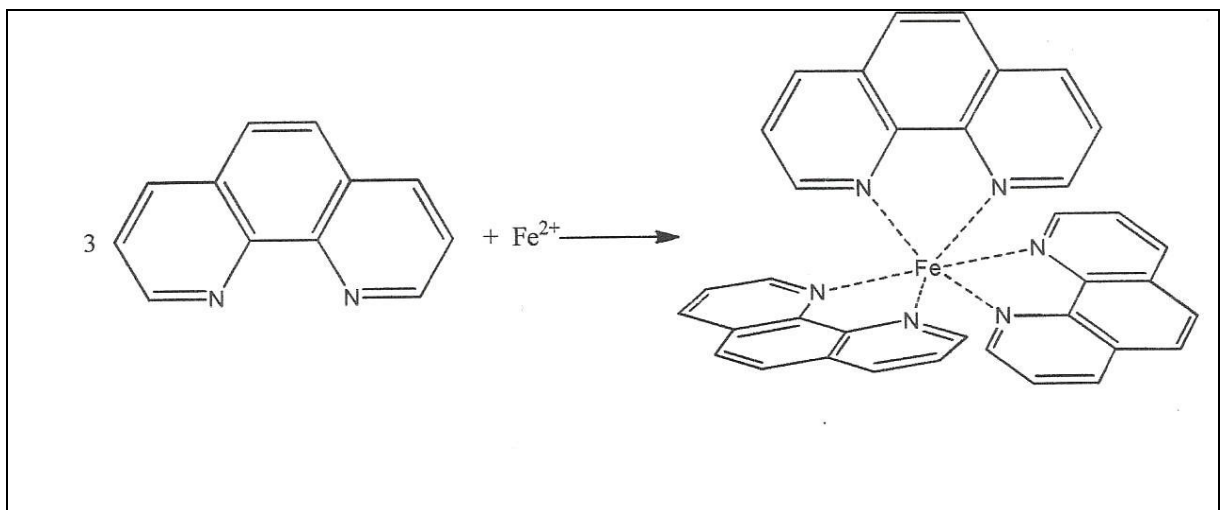
A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

A figura 7 abaixo mostra a reação ocorrida durante a análise.

Figura 7 - Reação química indicativa da presença de ferro na amostra.



Fonte: Souza, 2013.

4.4 Determinação de Nitratos: (J. RODIER, 1998)

4.4.1 Solução de salicilato de sódio 0,5 %

Pesou-se 5 g de salicilato de sódio P.A foi dissolvido com água destilada e transferido para balão volumétrico de 100 ml e aferiu-se.

4.4.1.1 Solução de hidróxido de sódio com tartarato de sódio e potássio

Diluiu-se 400 g de hidróxido de sódio em de 600 ml de água destilada, aguardou-se o esfriamento. Pesou-se 60g de tartarato de sódio e potássio tetra hidratado e dissolveu-se em 200 ml de água destilada. Após o esfriamento as soluções foram então misturadas em balão de 1 L e aferiu-se.

4.4.2 Procedimento para análise

Em um becker de 125 ml, pipetou-se um volume de 10 ml da amostra, foi adicionado 1 ml da solução de salicilato de sódio 1%, que foi colocado em chapa aquecedora até a evaporação. Seguidamente a etapa de evaporação, foram adicionados 2 ml de ácido sulfúrico P.A., depois de frio, adicionou-se 15 ml de água destilada e depois o mesmo volume de solução de tartarato de sódio e hidróxido de sódio, que tem a função de complexar os interferentes metálicos, neutralizando-os.

A solução foi agitada para completa homogeneização e, então foi feita a leitura da concentração no espectrofotômetro em comprimento de onda = 420 nm.

A concentração de nitratos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 4:

$$C \text{ (mg NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (4)$$

Onde:

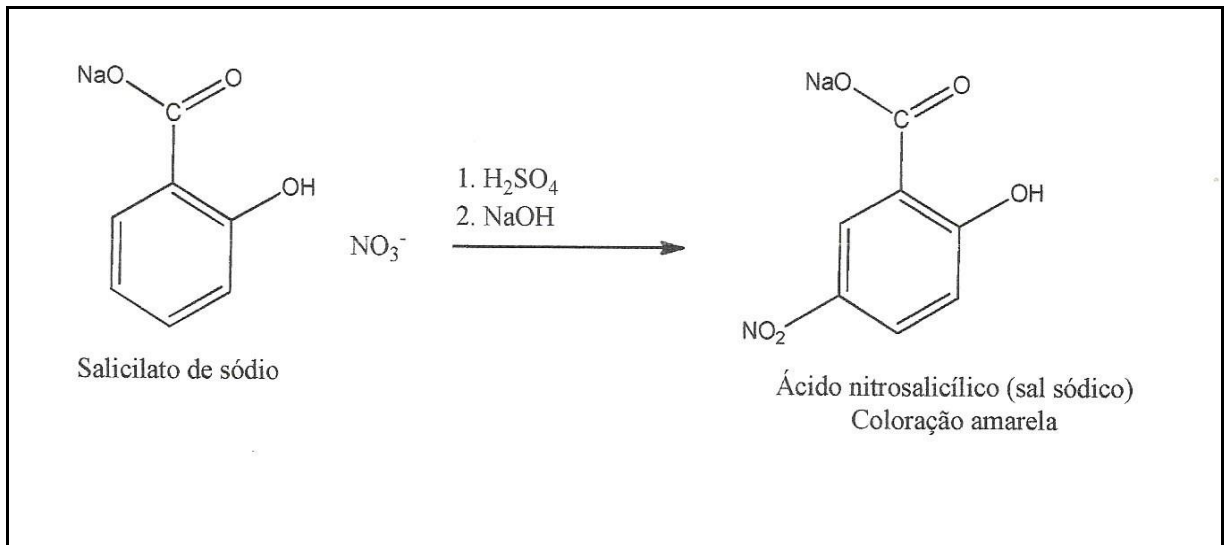
Abs = absorvância da amostra

A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

Figura 8 – Reação para formação de ácido nitrosalicílico indicativo da presença de nitrato.



Fonte: Souza, 2013.

4.5 Determinação de Nitritos (4500 NO_2^- - APHA, 2012)

4.5.1 Solução colorimétrica

Diluiu-se 5 g de sulfanilamida em 50 ml de ácido fosfórico, em seguida pesou-se 0,5 g de α -naftil, e misturou-se com a solução acima até dissolver. Transferiu-se para um balão volumétrico de 500 ml, aferiu-se com água destilada.

4.5.1.1 Procedimento para análise

Para a determinação da concentração de nitrito, adicionou-se 0,4 ml de solução colorimétrica (sulfanilamida + N-1-naftil etilenodiamino) a 10 ml da amostra.

O sal diazônico, que apresenta coloração vermelho púrpura é formado.

Este sal é proporcional a concentração de nitrito na amostra. Fez-se a leitura no espectrofotômetro, em comprimento de onda = 543 nm. A concentração de nitritos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 5:

$$C (\text{mgNO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (5)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

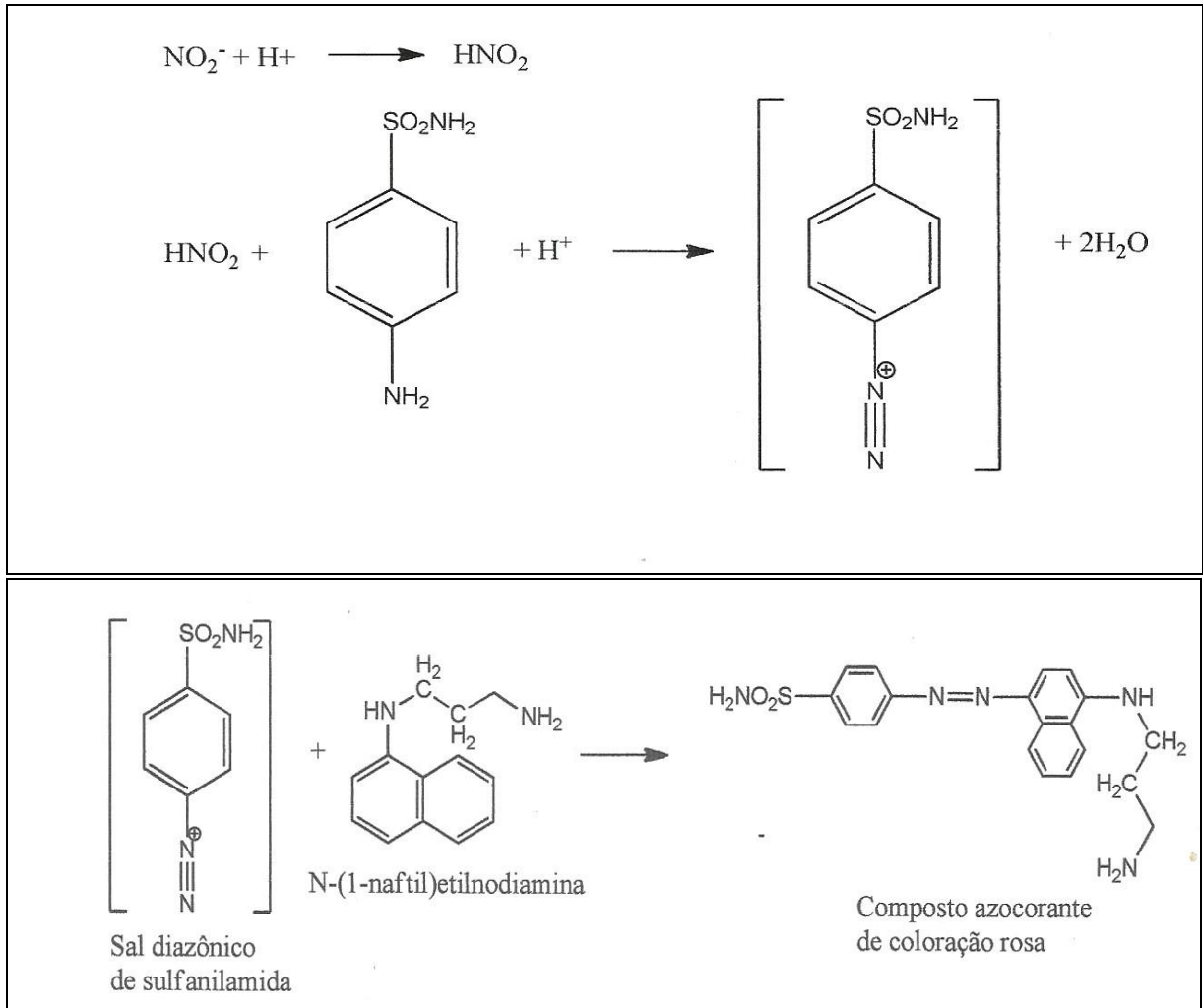
A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

As figuras 9 e 10 mostram as reações que ocorrem durante a análise.

Figuras 9 e 10 - Reação para formar sal diazônico.



Fonte: Souza, 2013.

4.6 Determinação de pH: (4500 H⁺ B – APHA, 2012)

Ajustou-se o equipamento pHmetro da marca Logen com soluções tampões pH = 4,00 e 7,00 segundo manual de instruções do fabricante.

Transferiu-se uma quantidade da amostra homogeneizada para um bécker de 100 mL. Lavou-se o eletrodo com água destilada e enxugou-se com um papel macio, em seguida fez-se a imersão do eletrodo no bécker contendo a

amostra. Aguardou-se estabilização e anotou-se o resultado mostrado no visor do pHmetro.

4.7 Determinação de Sulfatos (SO_4^{2-}) (214/IV, LUTZ, 2005)

4.7.1 Solução de sulfato de sódio

Pesou-se 0,1479 g de sulfato de sódio seco e esfriado em dessecador, transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 ml e aferiu-se a solução.

4.7.1.1 Solução ácido-sal

Em 900 ml de água destilada foram adicionados 20 ml de ácido clorídrico (HCl) P.A. e dissolvidos 240 g de cloreto de sódio (NaCl). Aguardou-se esfriar. E então transferiu-se para balão de 1 L.

4.7.1.2 Procedimento para análise

Adicionou-se a 50 ml da amostra 10 ml da solução sal-ácido, preparada com cloreto de sódio e ácido clorídrico, e meia espátula do reagente cloreto de bário P.A., formando o precipitado sulfato de bário (BaSO_4^{2-}). Fez-se a leitura no espectrofotômetro em comprimento de onda de 420 nm.

A concentração de sulfatos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 8:

$$C \text{ (mg SO}_4^{2-}\cdot\text{L}^{-1}\text{)} = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (8)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

A reação química ocorrida na análise é ilustrada na reação 5 abaixo:



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 1, 2 e 3 mostram os resultados médios obtidos para os parâmetros analisados nas amostras das águas coletadas nas torneiras dos chafarizes, durante os meses de março, abril e maio de 2019.

Tabela 1 – Resultados médios obtidos dos parâmetros analisados.

AMOSTRAS	PARÂMETROS	RESULTADOS MÉDIOS								PRC nº 05/2017 MS
		Março			Abril			Maio		
Chafariz da localidade de Ipueirinha	Cloretos mgCl ⁻¹ /L	543,2	551,1	559,6	596,0	573,5	578,5	570,1	585,3	≤ 250,0
	Dureza total mgCaCO ₃ /L	513,2	511,0	517,2	531,3	522,9	528,0	516,5	518,9	≤ 500,0
	Ferro total mgFe/L	0,2	0,1	≤ LQ	0,1	≤ LQ	≤ LQ	0,1	≤ LQ	≤ 0,3
	Nitratos mgNNO ₃ /L	5,0	5,9	5,2	5,8	6,0	5,3	4,7	3,9	≤ 10,0
	Nitritos mgNNO ₂ /L	≤ LQ	≤ LQ	0,2	0,9	0,5	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ 1,0
	pH a26°C	7,48	7,20	7,28	7,15	7,33	7,12	7,23	7,28	6,0 a 9,5
	Sulfatos mgSO ₄ ⁻³ /L	53,4	56,8	67,1	151,1	102,3	110,6	97,7	62,1	≤ 250,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 2 – Resultados médios obtidos dos parâmetros analisados.

AMOSTRAS	PARÂMETROS	RESULTADOS MÉDIOS								PRC nº 05/2017 MS
		Março			Abril			Maio		
Chafariz da localidade de Itacolomy	Cloretos mgCl ⁻¹ /L	125,1	117,7	121,0	118,2	110,2	117,3	118,5	129,9	≤ 250,0
	Dureza total mgCaCO ₃ /L	222,5	233,9	228,0	210,5	216,5	220,3	218,8	214,3	≤ 500,0
	Ferro total mgFe/L	≤ LQ	0,09	≤ LQ	0,07	≤ LQ	≤ LQ	0,05	≤ LQ	≤ 0,3
	Nitratos mgNNO ₃ /L	≤ LQ	≤ LQ	1,5	2,2	3,3	3,7	1,8	4,5	≤ 10,0
	Nitritos mgNNO ₂ /L	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	0,1	0,1	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ 1,0
	pH a26°C	7,61	7,45	7,50	7,57	7,51	7,54	7,59	7,49	6,0 a 9,5
	Sulfatos mgSO ₄ ⁻³ /L	47,3	41,4	45,0	57,9	61,2	50,7	69,4	66,7	≤ 250,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 3 – Resultados médios obtidos dos parâmetros analisados.

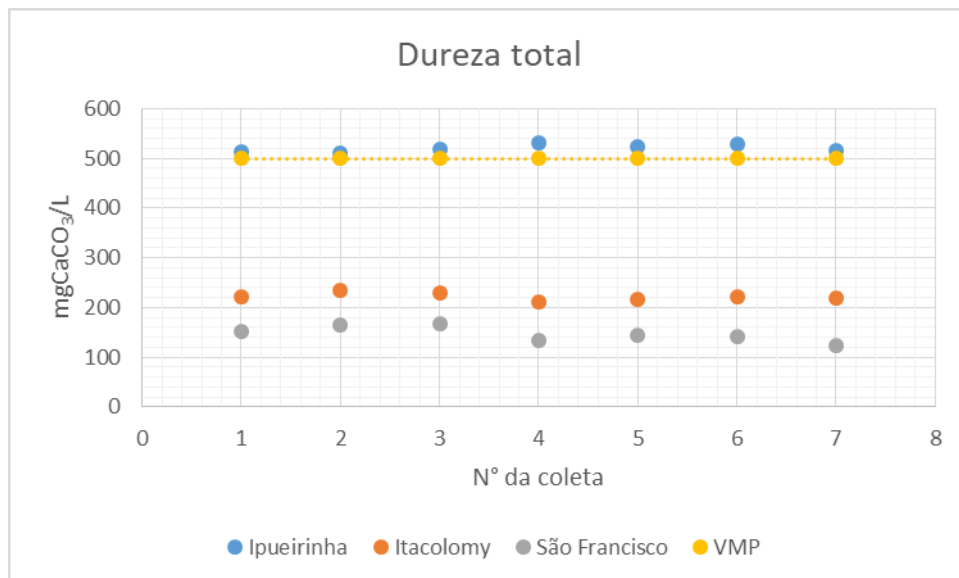
AMOSTRAS	PARÂMETROS	RESULTADOS MÉDIOS								PRC nº 05/2017 MS
		Março			Abril			Maio		
Chafariz de São Francisco (sede)	Cloretos mgCl ⁻¹ /L	125,2	123,2	101,1	74,1	80,7	75,6	71,9	90,4	≤ 250,0
	Dureza total mgCaCO ₃ /L	152,4	165,3	167,0	134,3	145,0	142,1	122,6	119,9	≤ 500,0
	Ferro total mgFe/L	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	0,09	0,06	≤ LQ	0,1	0,1	≤ 0,3
	Nitratos mgNNO ₃ /L	1,9	≤ LQ	0,8	2,6	2,2	2,8	1,7	1,9	≤ 10,0
	Nitritos mgNNO ₂ /L	≤ LQ	≤ LQ	0,2	0,2	0,1	0,1	≤ LQ	≤ LQ	≤ 1,0
	pH a26°C	7,28	7,32	7,45	7,25	7,41	7,30	7,30	7,20	6,0 a 9,5
	Sulfatos mgSO ₄ ⁻³ /L	46,2	49,9	55,8	45,4	51,5	50,2	57,9	71,8	≤ 250,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados apresentados nas tabelas acima estão dispostos em forma de gráficos nas subseções a seguir. No eixo vertical estão marcados os resultados dos parâmetros encontrados em cada análise, já o eixo horizontal está numerado de 1 a 8, e representa o número referente a coleta, em ordem cronológica, durante o período abordado.

5.1 Discussão dos resultados obtidos para dureza total

Gráfico 3 – Resultados das amostras analisadas para Dureza total.



Fonte: o autor.

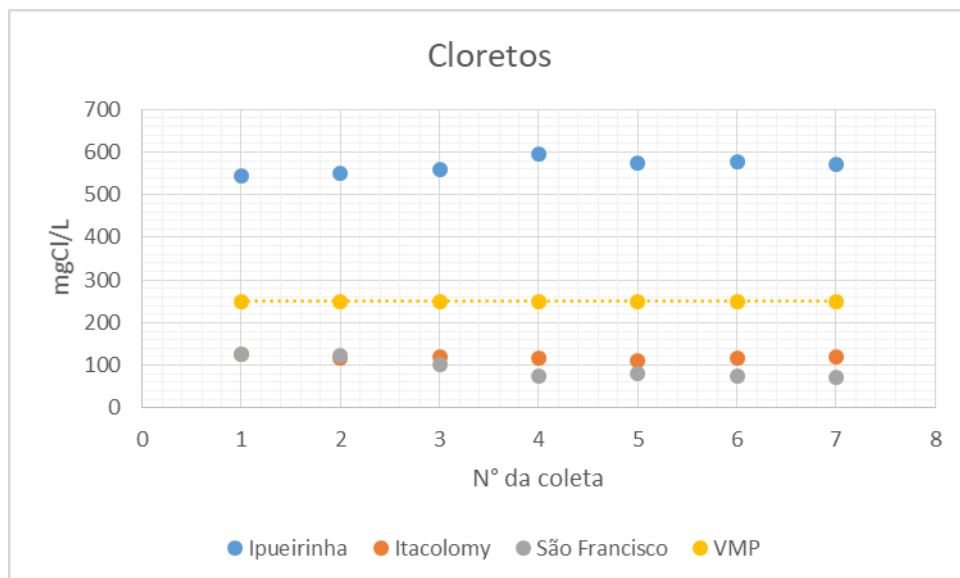
A PRC nº5/17 estabelece como padrão de potabilidade, valores máximos permitidos para a dureza total de 500 mg/L. 100% dos resultados para dureza total obtidos para a localidade de Ipueirinha foram maiores que o valor estabelecido, sendo classificadas como águas muito duras (>300 mg/L).

Para a localidade de Itacolomy e São Francisco, 100% das amostras analisadas estavam abaixo do valor máximo permitido. As amostras da localidade de Itacolomy foram classificadas como duras (entre 150 e 300 mg/L), enquanto para a localidade de São Francisco houve variação, onde as primeiras amostras (33,3%) foram classificadas como dureza moderada (entre 50 e 150 mg/L) e as subsequentes (66,7%) como duras (entre 150 e 300 mg/L).

De acordo com Pohling (2009), a dureza total se deve a presença dos íons cálcio e magnésio e é expressa em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3). Vale ressaltar que a dureza total não possui significado em termos sanitários (LIBÂNIO, 2010).

5.2 Discussão dos resultados obtidos para cloretos

Gráfico 4 – Resultados das amostras analisadas para Cloretos.



Fonte: o autor.

Com relação aos cloretos, observa-se valores elevados para a localidade de Ipueirinha, com os resultados variando entre 543,2 e 596,0 mg/L. Já para a

localidade de Itacolomy os valores encontrados variaram entre 110,2 e 129,9 mg/L e para a localidade de São Francisco entre 71,9 e 125,2 mg/L.

Conclui-se que apenas a localidade de Ipueirinha apresentou valores acima do estabelecido pela PRC n° 05/17, que é de 250 mg/L.

Quando encontrados em teores elevados, este íon confere a água sabor salgado e efeitos laxativos, podendo ser de origem natural (dissolução de minerais) ou antropogênica (esgotos domésticos).

Outro fator que pode contribuir para estes resultados se deve ao fato de que o domínio hidrogeológico do município seja composto por rochas cristalinas, que em razão da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido, resulta, muitas vezes, em água salinizada.

Nas outras duas localidades não foi observado altos valores para cloretos, apesar de ambos também estarem localizados no domínio cristalino. Segundo Ana (2007), no cristalino inexistente uma rede de fluxo regional, de modo que os poços exploram fraturas isoladas, muitas vezes, com grandes diferenças de salinidade de uma fratura para outra vizinha.

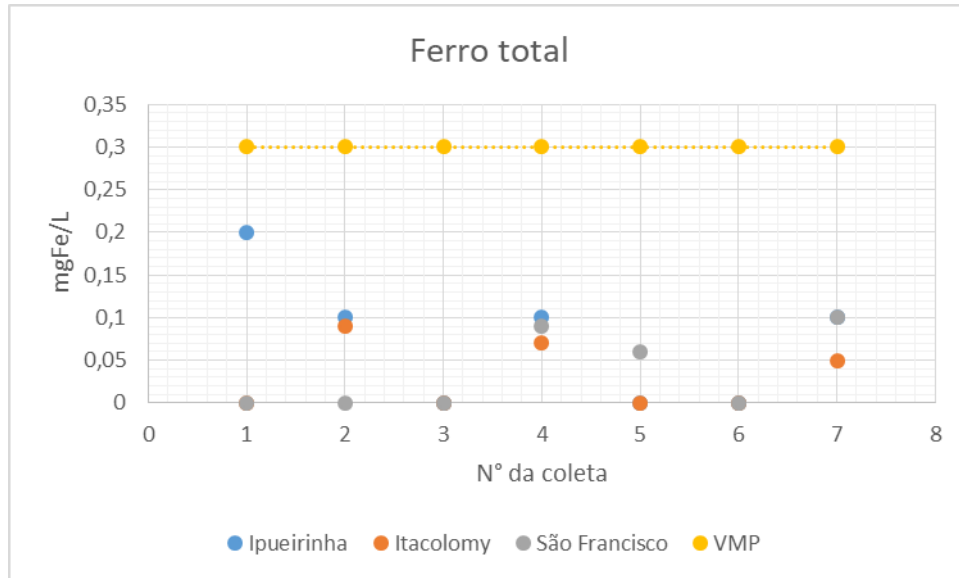
A elevada salinidade das águas subterrâneas do cristalino semiárido nordestino está relacionada à baixa pluviometria, que faz com que os sais transportados pela chuva (aerossóis) e acumulados no solo e fraturas não sejam lixiviados. A alta evaporação favorece a concentração dos sais. Assim, as águas, que infiltram e acumulam nas fraturas e no solo, enriquecem em sais (ANA, 2007).

Ressalta-se que para a solução de problemas de salinização das águas do semiárido, vêm sendo empregados dessalinizadores, com os quais obtém-se uma água com baixos teores de sais e livres de microrganismos, própria para consumo humano. É o caso da localidade de Ipueirinha. Para solucionar o problema da salinização da água da comunidade, esta conta com um dessalinizador. Os membros da comunidade podem comprar fichas e cada uma dá direito a 20 litros de água dessalinizada.

Sabe-se que em comunidades carentes, muitas vezes as famílias não têm recursos disponíveis para obter uma água de melhor qualidade, recorrendo a fontes mais baratas ou mesmo que não requeiram gastos.

5.3 Discussão dos resultados obtidos para ferro total

Gráfico 5 – Resultados das amostras analisadas para Ferro total.



Fonte: o autor.

Segundo Kemerich (2012), o íon ferro é naturalmente encontrado em águas subterrâneas em concentrações abaixo de 0,3 mg/L, valor este usado como padrão de potabilidade para a água, de acordo com a PRC nº 05/17.

Os resultados para a localidade de Ipueirinha variaram de \leq LQ a 0,2 mg/L. Para a localidade de Itacolomy, os resultados ficaram entre \leq LQ a 0,09. Enquanto para a localidade de São Francisco, os valores encontrados estavam entre \leq LQ a 0,1. Portanto, todos os resultados das amostras para este parâmetro estavam em acordo com o valor máximo permitido estabelecido pela Portaria de referência.

5.4 Discussão dos resultados obtidos para nitratos e nitritos

Gráfico 6 – Resultados das amostras analisadas para Nitratos.

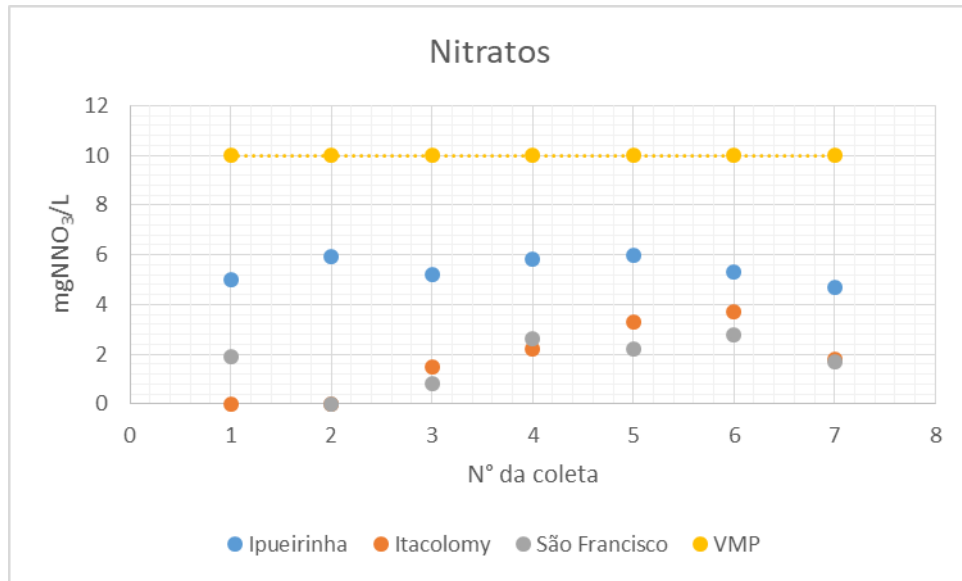
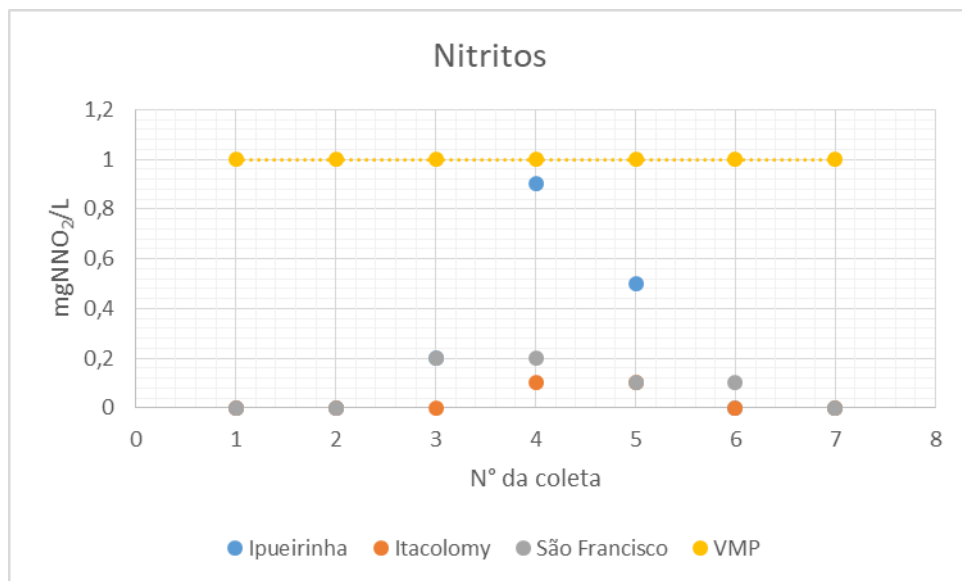


Gráfico 7 – Resultados das amostras analisadas para Nitritos.



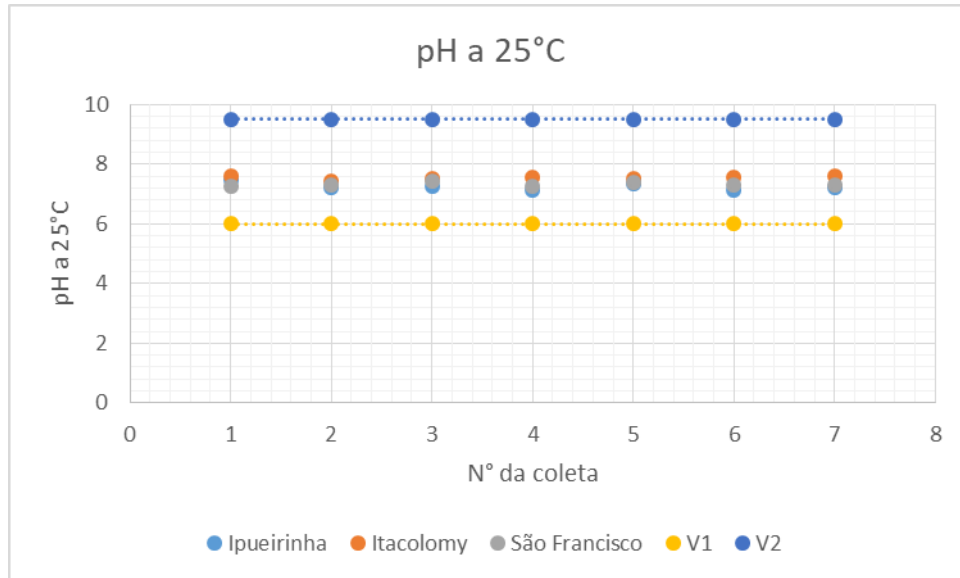
Fonte: o autor.

Para a localidade de Ipueirinha, os resultados para o íon nitrato variaram de 3,9 a 6,0 mg/L, enquanto para o nitrito, variaram de \leq LQ a 0,9 mg/L. No Itacolomy, para o nitrato, observou-se uma variação de \leq LQ a 4,5 mg/L, por sua vez, o nitrito variou de \leq LQ a 0,1. Os resultados dos parâmetros nitrato e nitrito para São Francisco, variaram, respectivamente, de \leq LQ a 2,8 mg/L e de \leq LQ a 0,2 mg/L.

Comparando os resultados obtidos com os valores estabelecidos na PRC nº 05/17, conclui-se que os mesmos obedecem aos padrões de potabilidade.

5.5 Discussão dos resultados obtidos para pH à 25°C

Gráfico 8 – Resultados das amostras analisadas para pH a 25°C.



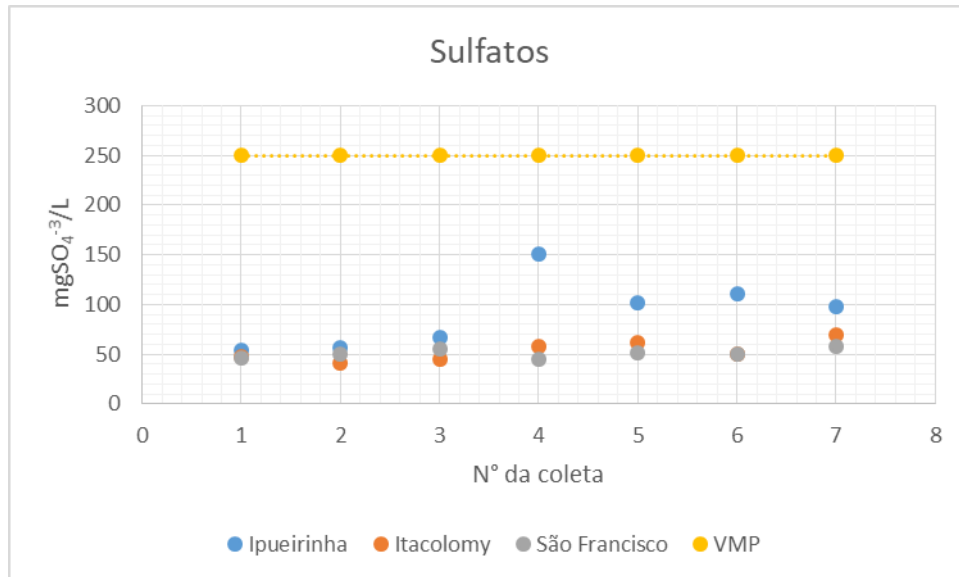
Fonte: o autor.

A legislação vigente recomenda que o pH da água destinada ao consumo humano esteja na faixa de 6,0 a 9,5. Os resultados para Ipueirinha variaram de 7,12 a 7,48. Para Itacolomy variaram de 7,45 a 7,61. Já na localidade de São Francisco, o intervalo dos resultados foi de 7,20 a 7,45. Portanto, as amostras para este parâmetro ficaram dentro do intervalo recomendado PRC nº 05/17.

Foram verificadas poucas variações nos valores de pH das amostras. Segundo Von Sperling (2014), variações de pH dos recursos hídricos podem ocorrer naturalmente como resultado de diversos fatores, dentre eles a dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, fotossíntese e oxidação da matéria orgânica, ou serem decorrentes de atividades humanas através dos despejos domésticos e/ou industriais.

5.6 Discussão dos resultados obtidos para sulfatos

Gráfico 9 – Resultados das amostras analisadas para Sulfatos.



Fonte: o autor.

Em águas naturais, os teores de sulfato podem variar de 2 a 80 mg/L (BECKER, 2010). O valor máximo permitido para o padrão de potabilidade deste parâmetro é de 250 mg/L. Este íon pode origina-se da deposição atmosférica, dos aerossóis do oceano e da lixívia de compostos do enxofre, de sulfetos ou de sulfatos minerais de rochas sedimentares (HELLER e DE PÁDUA, 2010).

Verificou-se que os resultados para o íon sulfato ficaram abaixo do valor máximo permitido para águas destinada ao consumo humano. Os valores encontrados para Ipueirinha ficaram entre 53,4 e 151,1 mg/L. Para Itacolomy, a faixa foi de 41,4 a 69,4 mg/L. E para São Francisco de 45,4 a 71,8 mg/L.

Águas com teores de sulfato acima do estabelecido na legislação, além de apresentarem sabor desagradável, quando consumidas continuamente, provocam desidratação e irritação gastrointestinal (ARRUDA et al., 2012).

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O objetivo geral foi atingido com êxito, sendo realizado 8 coletas para cada um dos três poços abordados nesse estudo, totalizando 24 amostras. Foram realizadas três coletas no mês de março, três em abril e duas em maio. Comparou-se os resultados obtidos para os parâmetros analisados com os valores estabelecidos na Portaria de Consolidação nº 05, anexo XX, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.

Verificou-se que para os parâmetros analisados pH, ferro total, sulfatos, nitratos, nitritos, cloretos e dureza total, as amostras da localidade de Ipueirinha estiveram acima do valor máximo permitido para os dois últimos em todos os meses, enquanto os demais parâmetros estavam dentro dos padrões exigidos. Para as localidades de Itacolomy e São Francisco, todos os parâmetros estavam dentro dos padrões de potabilidade.

A contaminação do lençol freático por esgoto doméstico é comum em centros urbanos, o que leva a contaminação dos poços. Apesar do baixo índice de esgotamento sanitário da cidade, observou-se que com exceção de Ipueirinha, os outros dois poços apresentaram valores em acordo com o que a legislação exige para os parâmetros analisados. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que no cristalino inexistente uma rede de fluxo regional, de modo que os poços exploram fraturas isoladas, dificultando a propagação de contaminantes.

Outro fator que pode estar influenciando esses resultados é o fato de que os poços são do tipo tubular profundo, atingindo o lençol artesianos que, dada sua profundidade, é de mais difícil contaminação, apresentando águas de melhor qualidade.

Afinal, as águas dos poços analisados são próprias para o consumo humano? Como observou-se, os resultados para Ipueirinha estavam em desacordo com a legislação e apesar dos poços de Itacolomy e São Francisco terem apresentado bons resultados, deve-se levar em consideração que as águas desses poços, segundo informaram os responsáveis por sua manutenção, não recebem qualquer adição de cloro para desinfecção, portanto, todas as amostras não podem

ser consideradas potáveis, já que a Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do MS, em seu anexo XX, Art. 24., Estabelece que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração. Como recomendação, o Art. 34. Estabelece a obrigatoriedade da 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). Portanto, isso se constitui um risco potencial para que a população contraia doenças de veiculação hídrica.

É de grande importância que a população esteja ciente da qualidade da água a qual lhe é fornecida. O presente trabalho se estendeu durante três meses, no período de maior precipitação pluviométrica na região. Sabe-se que esses resultados nos dão uma noção da qualidade da água naquele momento que foi coletada e que os resultados podem variar, a depender de diversos fatores, dentre eles a poluição dos mananciais por esgotos domésticos.

Sugere-se para trabalhos futuros a ampliação dos parâmetros de qualidade da água utilizadas na avaliação dos recursos hídricos, variar o período de estudo dessas fontes, cobrindo períodos de menor precipitação pluviométrica, assim como ampliar esse estudo para as demais regiões.

Portanto, faz-se necessário um monitoramento contínuo dessas águas por parte dos órgãos competentes para um maior controle, levando informação a população a cerca desse tema, bem como é necessário um maior comprometimento em relação ao manuseio dessas fontes através do tratamento adequado, especialmente a manutenção de cloro exigido na legislação vigente.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, G. B.; CORREIA, K. V.; MENOR, E. A.; LINS, V. Contaminações em sulfatos e cloretos em águas de superfície e subsuperfície na região de Araripina-PE. **Estudos Geológicos**, v. 22(2), p. 149-171, 2012.

APHA.; AWWA.; WEF. EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBER, A. E. (Ed). **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 22 ND. Ed. Washington. 2012.

ABDALA, ELIÉZER FARES NETO. **Sistema Alternativo de Dessalinização de Águas por Cavitação Hidro-ermo-mecânica Aplicado ao Semiárido**. Superágua, 2004.

ANA – Agência Nacional de Águas. **ATLAS Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. 2010. Disponível em: <goo.gl/o2j1Uo>. Acesso em 09/04/2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama do enquadramento dos corpos d'água no Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, 2007.

BAPTISTA NETO, J. A.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHINEELAM, S. M. **Poluição Marinha**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

BEZERRA *et al.*. Análise da Potabilidade de Água de Chafarizes de Dois Bairros do Município de Fortaleza, Ceará. **Revista Acta Biomedica Brasiliensia**. v. 8, n. 1, jul. 2017.

BECKER, H. **Controle Analítico de Águas**. Versão 4. Apostila - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

BIASOLI, W. M. **Água e Saúde**. Fortaleza, CE: Wander Mendes Biasoli, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017.

CAMARGO, R. A possível futura escassez de água doce que existe na Terra. **Revista Sinergia**, São Paulo v.3, n.1, 2003.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra**. Tradução de Iuri Duquia Abreu. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Orgs). **Abastecimento de água para consumo humano**. vol. 1. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010, p. 29-61.

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: DE PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. da S. (Orgs). **Abastecimento de água para consumo humano**. vol. 1. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010, p. 151-211.

HIRATA, R. Recursos hídricos. In: Decifrando a terra. Wilson Teixeira et al. (org.) 2. Reimpressão, São Paulo: Oficinas de textos, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Panorama Cidades: Brasil, 2018. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em 13/03/2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Panorama Cidades: Uruburetama, 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/uruburetama/panorama>>. Acesso em 13/03/2019.

KEMERICH, P. D. C.; SILVA, J. L. S.; BARROS, G.; BORBA, W. F.; UCKER, F. E.; FOLETTO, C. V. Caracterização química da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva (EDXRF). **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.7, n.3, p.166 – 182, 2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MIRANDA, L. A. S.; MONTEGGIA, L. O. **Sistemas e Processos de Tratamento de Águas de Abastecimento**. Porto Alegre: (s. n.), 2007.

POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Editora Arte Visual, 2009.

- REVISTA DESPERTAI. **Água, Haverá Suficiente para Todos?** Edição brasileira. São Paulo: Watch Tower Bible. v. 82. n. 12, 2001.
- SANTIAGO, M.M.F.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J. **Mecanismos de salinização em águas do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí.** In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.
- SANTOS, S. O. dos. SOUZA, A.C. Panorama do Saneamento Básico no Município de Itabuna (Bahia) de 2000 a 2010. In: SEMANA DE ECONOMIA DA UESB, 13, Vitória da Conquista. **Anais.** Vitória da Conquista: UESB, 2014. p. 19.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Programa de recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará: Diagnóstico do Município de Uruburetama. Fortaleza: (s.n.), 1998.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia.** 12. ed. Artmed. 2016.
- VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** vol. 1. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- ZOBY, J. L. G. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** 2008.