



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PETRÚCIO MAIA XENOFONTE

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DAS ÁGUAS DE POÇOS DO
MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO - CE.**

FORTALEZA

2019

PETRÚCIO MAIA XENOFONTE

ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DAS ÁGUAS DE POÇOS DO
MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO - CE.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marisete Dantas de Aquino.

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)

- X27a Xenofonte, Petrucio Maia.
Análise dos parâmetros físico - químicos das águas de poços do município de Piquet Carneiro - CE. /
Petrucio Maia Xenofonte. – 2019.
48 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profª. Dra. Marisete Dantas de Aquino.
Coorientação: Profª. Dra. Érika de Almeida Sampaio Braga.

1. Águas Subterrâneas. 2. Parâmetros Físico - Químicos. 3. Consumo Humano. I. Título.

CDD 628

PETRÚCIO MAIA XENOFONTE

ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DAS ÁGUAS DE POÇOS DO
MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO - CE.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marisete Dantas de Aquino (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Érika de Almeida Sampaio Braga
Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC)

Engenheiro Mateus de Alencar Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Elsa Maia Xenofonte e
Francisco Carlos Xenofonte.

A minha sobrinha, Isabela Martins.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará - UFC - por ter me proporcionado toda a estrutura necessária ao desenvolvimento do conhecimento científico.

À Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará - NUTEC - por ter disponibilizado junto ao Laboratório de Química Ambiental - LQA - toda a estrutura necessária para que eu pudesse realizar o meu estágio. À Dr.^a Érika de Almeida Sampaio Braga, responsável pelo LQA e que dedicou boa parte do seu tempo para me ajudar na conclusão do presente trabalho, e a todas as pessoas lá presentes que me auxiliaram.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Marisete Dantas de Aquino pela sua grande dedicação, paciência e empenho em me orientar. Pela sua disponibilidade e esclarecimentos durante essa minha etapa acadêmica.

Ao colega, mestrando e Engenheiro Ambiental Mateus de Alencar Costa pelo tempo dedicado, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus familiares, por acompanharem de perto minha rotina de estudos e pelo apoio ao longo desses anos. À minha irmã Xênia e em especial à minha sobrinha Isabela Xenofonte Martins, que apesar da pouca idade, demonstrava muita maturidade e trazia incentivos que me fortaleciam nos momentos mais difíceis na graduação.

Aos meus queridos colegas de sala de aula pelas dicas recebidas e pela paciência ao longo desses anos: Thais Carvalho, Jedson Vieira, Letícia Viana, Ariadne Ferreira, Deiby Anne, Thiago Henrique, Jairon Leal, João Paulo Sena dentre outros.

“A água é matéria e matriz da vida, mãe e meio. Não há vida sem água.”

Albert Szent - Gyorgyi

RESUMO

As águas subterrâneas exercem papel fundamental na manutenção de sistemas aquáticos, no auxílio de diversas atividades econômicas, além de serem utilizadas para consumo humano. Devido à grande utilização de águas de poços em diversas cidades cearenses, o objetivo do presente trabalho é analisar alguns parâmetros físico - químicos com base na resolução CONAMA nº 396 de 2008 que está relacionada à águas subterrâneas, verificando se as águas de dez poços, escolhidos de forma aleatória, localizados no município de Piquet Carneiro - CE atendem ou não à legislação vigente para o consumo humano. Analisou - se dados relativos aos anos de 2014 e 2018, nos meses de março e novembro, buscando acompanhar as variações dos resultados para os parâmetros em estudo. Avaliou - se cloretos, dureza total, nitratos, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Os resultados das amostras mostraram para os cloretos, de um modo geral, valores bem superiores nos meses de novembro em relação aos de março. Em relação à dureza total, os valores em análise seguiram um padrão muito parecido com os resultados dos cloretos, onde nos meses de novembro, exceto em um único poço, os valores estavam bem maiores que nos meses de março. Os nitratos, tanto no ano de 2014 quanto no ano de 2018 apresentaram resultados bastante variados para os dez poços, sem manter um padrão como nos parâmetros citados acima. Para o pH, o mesmo apresentou pequenas variações nos dez poços em estudo, sempre apresentando valores próximos entre si. Para os sólidos totais dissolvidos, verificou - se na maioria dos poços valores menores no mês de março em relação ao mês de novembro. Por fim, a turbidez trouxe valores muito acima do permitido para um único poço no ano de 2014, para os demais poços, os resultados foram atendidos pela legislação. Ainda em relação a turbidez, no ano de 2018, o mesmo poço com valores elevados no ano de 2014 continuou apresentando valor elevado no mês de março, vindo a reduzi-lo no mês de novembro. Com a apresentação dos resultados, observamos que para os dez poços em estudo neste município, e levando-se em conta apenas os parâmetros analisados, verificou - se de acordo com a legislação vigente que as águas dos mesmos estão impróprias para o consumo humano. Ao mesmo tempo não foi possível estabelecer um padrão de influência da pluviometria para os resultados, visto que diversos outros fatores podem alterar os valores dos parâmetros, como atividades antrópicas, fazendo - se necessário um estudo detalhado do entorno dos poços.

Palavras - chave: Águas Subterrâneas. Parâmetros Físico - Químicos. Consumo Humano.

ABSTRACT

Groundwater plays a key role in the maintenance of aquatic systems, in support of various economic activities, in addition to being used for human consumption. Due to the great use of water from wells in several cities of Ceará, the objective of the present work is to analyze some physico - chemical parameters based on CONAMA Resolution 396 of 2008 that is related to groundwater, verifying if that the waters of ten wells, chosen at random, located in the municipality of Piquet Carneiro - CE comply or not with the legislation in force for human consumption. Data were analyzed for the years 2014 and 2018, in the months of march and november, seeking to follow the variations of the results for the parameters under study. Chlorides, total hardness, nitrates, pH, total dissolved solids and turbidity were evaluated. The results of the samples showed for the chlorides, in general, much higher values in the months of november than in march. In relation to total hardness, the values under analysis followed a pattern very similar to the results of chlorides, where in november, except in a single well, the values were much higher than in the months of march. Nitrates, in both 2014 and 2018, presented quite varied results for the ten wells, without maintaining a standard as in the parameters mentioned above. For the pH, it presented small variations in the ten wells under study, always presenting values close to each other. For the total solids dissolved, in the majority of the wells, there were lower values in the month of march in relation to the month of november. Finally, the turbidity brought values well above that allowed for a single well in the year 2014, for the other wells, the results were fulfilled by the legislation. Still in relation to turbidity, in the year 2018, the same well with high values in the year 2014 continued presenting a high value in the month of march, reducing it in the month of november. With the presentation of the results, we observed that for the ten wells studied in this municipality, and taking into account only the analyzed parameters, it was verified according to the current legislation that the waters of the same are unfit for human consumption. At the same time it was not possible to establish a pattern of influence of rainfall for the results, since several other factors can alter the values of the parameters, such as anthropic activities, making a detailed study of the surroundings of the wells necessary.

Keywords: Underground Waters. Physical - Chemical Parameters. Human Consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de água no planeta.....	17
Figura 2 – Ciclo hidrológico da água.....	18
Figura 3 – Esquematização das zonas não saturadas e saturadas no subsolo.....	20
Figura 4 – Ilustração de Comitê de Bacia Hidrográfica.....	23
Figura 5 – Localização de Piquet Carneiro.....	24
Figura 6 – Localização do município em relação aos domínios rochosos.....	25
Figura 7 – Distribuição geográfica dos poços em estudo.....	32
Figura 8 – Precipitação do município de Piquet Carneiro - CE.....	34
Figura 9 – Precipitação de Março e Novembro de 2014 e 2018.....	34
Figura10 – Valores de Cloretos para março e novembro de 2014.....	36
Figura11 – Valores de Cloretos para março e novembro de 2018.....	36
Figura12 – Valores de Dureza Total para março e novembro de 2014.....	37
Figura13 – Valores de Dureza Total para março e novembro de 2018.....	38
Figura14 – Valores de Nitratos para março e novembro de 2014.....	39
Figura15 – Valores de Nitratos para março e novembro de 2018.....	39
Figura16 – Valores de pH para março e novembro de 2014.....	40
Figura17 – Valores de pH para março e novembro de 2018.....	40
Figura18 – Valores de Sólidos Totais Dissolvidos para março e novembro de 2014.....	41
Figura19 – Valores de Sólidos Totais Dissolvidos para março e novembro de 2018.....	41
Figura20 – Valores de Turbidez para março e novembro de 2014.....	42
Figura21 – Valores de Turbidez para março e novembro de 2018.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Poços em Piquet Carneiro, quanto ao aquífero e a construção.....	26
Tabela 2 – Localização geográfica dos poços em estudo.....	31
Tabela 3 – Parâmetros, reagentes e métodos empregados.....	33
Tabela 4 – Resultados médios dos parâmetros analisados.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
PRC	Portaria de Consolidação
STD	Sólidos totais dissolvidos
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	16
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivos gerais</i>	16
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Água presente na natureza	17
<i>2.1.1</i>	<i>Ciclo hidrológico</i>	18
<i>2.1.2</i>	<i>Águas subterrâneas</i>	19
2.2	Gestão de recursos hídricos	20
<i>2.2.1</i>	<i>Valor econômico da água</i>	21
<i>2.2.2</i>	<i>Resolução CONAMA nº 396/08</i>	22
<i>2.2.3</i>	<i>A bacia hidrográfica</i>	23
2.3	Aspectos geoambientais do município	24
<i>2.3.1</i>	<i>Localização, clima e vegetação</i>	24
<i>2.3.2</i>	<i>Aspectos hidrogeológicos</i>	25
<i>2.3.3</i>	<i>Tipos de poços em Piquet Carneiro</i>	26
2.4	Parâmetros físico - químicos	26
<i>2.4.1</i>	<i>Cloretos</i>	26
<i>2.4.2</i>	<i>Dureza total</i>	27
<i>2.4.3</i>	<i>Ferro</i>	27
<i>2.4.4</i>	<i>Nitratos, nitritos e amônia</i>	28
<i>2.4.5</i>	<i>pH</i>	28
<i>2.4.6</i>	<i>Salinidade e condutividade</i>	28
<i>2.4.7</i>	<i>Sólidos totais dissolvidos</i>	29
<i>2.4.8</i>	<i>Sulfato</i>	29
<i>2.4.9</i>	<i>Turbidez</i>	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Coleta e armazenamento da água	30
3.2	Localização dos poços	31
3.3	Métodos empregados na análise dos parâmetros	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34

4.1	Precipitação pluviométrica no município de Piquet Carneiro - CE.....	34
4.2	Análises dos parâmetros.....	35
4.2.1	<i>Cloretos.....</i>	35
4.2.2	<i>Dureza total.....</i>	37
4.2.3	<i>Nitratos.....</i>	38
4.2.4	<i>pH.....</i>	40
4.2.5	<i>Sólidos totais dissolvidos.....</i>	41
4.2.6	<i>Turbidez.....</i>	42
4.3	Correlação dos índices pluviométricos com os resultados.....	43
5	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental à vida, desenvolvimento econômico e ao bem estar social, possuindo uma infinidade de usos, dos mais simples aos mais complexos. Apesar de ser um bem público, vem se tornando pouco a pouco um recurso escasso que precisa ser cuidado com muito discernimento. (NETO, 2006).

O Estado do Ceará, por exemplo, sempre foi marcado ao longo da sua história por apresentar períodos chuvosos extremamente mal distribuídos. As consequências para essa problemática hídrica no Estado são danos ambientais, trazendo também impactos econômicos e sociais negativos para a população.

Os recursos hídricos superficiais são a principal fonte de suprimento de água no Ceará. Entretanto, a exploração de águas subterrâneas vem crescendo significativamente. (DA SILVA, ALMEIDA e ARAÚJO, 2001).

Segundo Leal (1999), a partir da década de 50, tem-se atribuído aos reservatórios subterrâneos, um papel de destaque no equacionamento do problema de água. Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades.

As águas subterrâneas são aquelas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, de forma suscetível de extração e utilização pelo homem. Um dos principais problemas que afetam as cidades densamente povoadas são os efeitos da urbanização excessiva, que traz efeitos significativos na quantidade e qualidade da águas subterrâneas. O início dessa utilização perde-se no tempo, e o seu crescimento tem acompanhado o desenvolvimento do homem na Terra. (COSTA e SANTOS, 2000).

A potencialização do uso de recursos hídricos subterrâneos, frente ao uso ainda insipiente do volume de reservas, vem a ser uma importante solução para o enfrentamento da seca, pois é de conhecimento geral que uma grande quantidade de captações de água subterrânea no semiárido, principalmente em rochas cristalinas, encontra-se desativada e/ou abandonada a partir de problemas diversos, das quais uma parcela poderia voltar a funcionar, e aumentar a oferta de água, a partir de pequenas ações corretivas. (CPRM, 1998).

Quando utilizamos o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução número 20 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio

Ambiente), procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos. (MERTEN e MINELLA, 2002).

Baseado na extrema importância que as águas de poços têm para os cearenses, o objetivo do trabalho é analisar qualitativamente essas águas de forma a se verificar as concentrações dos seguintes parâmetros: cloreto, dureza total, nitrato, pH à 25°C, sólidos totais dissolvidos e turbidez, empregando em cada caso metodologias específicas.

De acordo com a FUNCEME (2018) o índice pluviométrico de 504,3 mm, representa uma média anual observada entre o período de 2014 a 2018 do município em estudo, Piquet Carneiro -CE. Valor este que indica os períodos de estiagem pelo qual passou a presente cidade ao longo destes cinco anos.

O presente trabalho propõe a apresentação de dados relacionados aos parâmetros físico-químicos de águas de poços localizados em 10 locais distintos inseridos no município de Piquet Carneiro - CE, no ano de 2014 e no ano de 2018.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

Avaliar e comparar as variações dos valores dos seguintes parâmetros físico - químicos nos anos de 2014 e 2018: cloretos, dureza total, nitrato , pH à 25°C, sólidos totais dissolvidos e turbidez.

1.1.2 Objetivos específicos

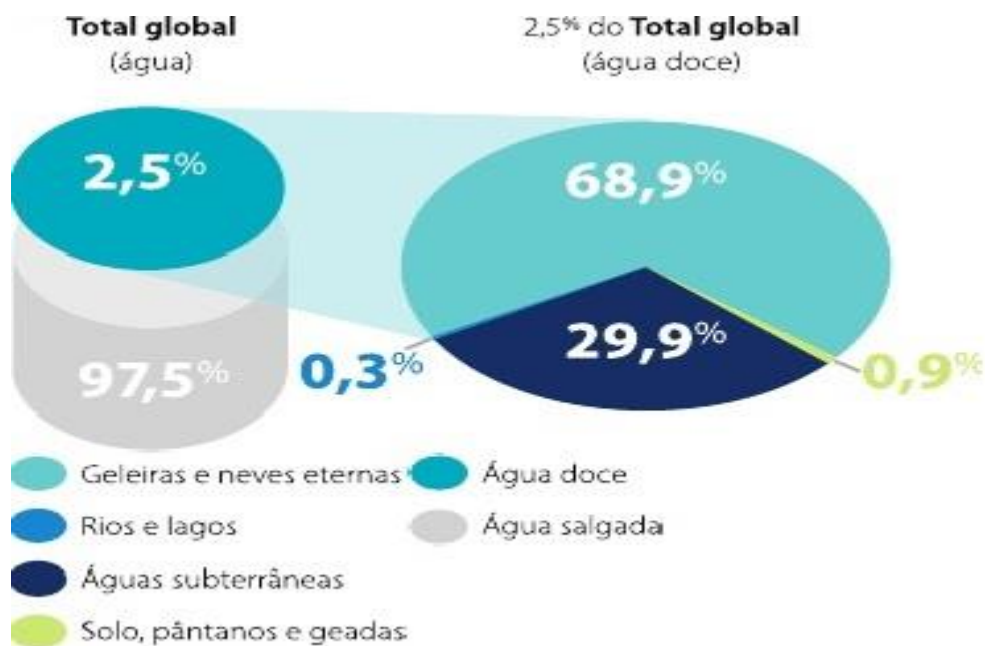
- Verificar se os valores encontrados nas amostras de águas de poços atendem ou não à Resolução CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria de Consolidação (PRC) nº 05/2017 do Ministério da Saúde (MS), com foco no consumo humano.
- Comparar os resultados no período de março e novembro, dentro de um mesmo ano e entre os anos em estudo.
- Correlacionar dados pluviométricos de bancos de dados com os valores encontrados nas análises.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Água presente na natureza

Há aproximadamente quatro bilhões de anos, quando não habitava nenhum ser vivo em nosso planeta, ocorriam na Terra muitas erupções vulcânicas. Dessas lavas vulcânicas desprendiam-se gases e grande quantidade de água. O vapor de água foi se acumulando na atmosfera durante séculos. Assim quando a temperatura ficou mais baixa, os vapores de alteraram em líquidos, caindo na crosta terrestre sob forma de chuvas abundantes. Esta água foi se acumulando lentamente nas cavidades da superfície terrestre, dando origem aos oceanos, mares, lagos, e se infiltrando embaixo do solo, criando os lençóis de água subterrâneos ou lençóis freáticos, que surgiram na superfície através de fontes de água (BARROS, 1999).

Figura 1 - Distribuição de água no planeta



Fonte: Água hoje e sempre. Consumo sustentável (2011).

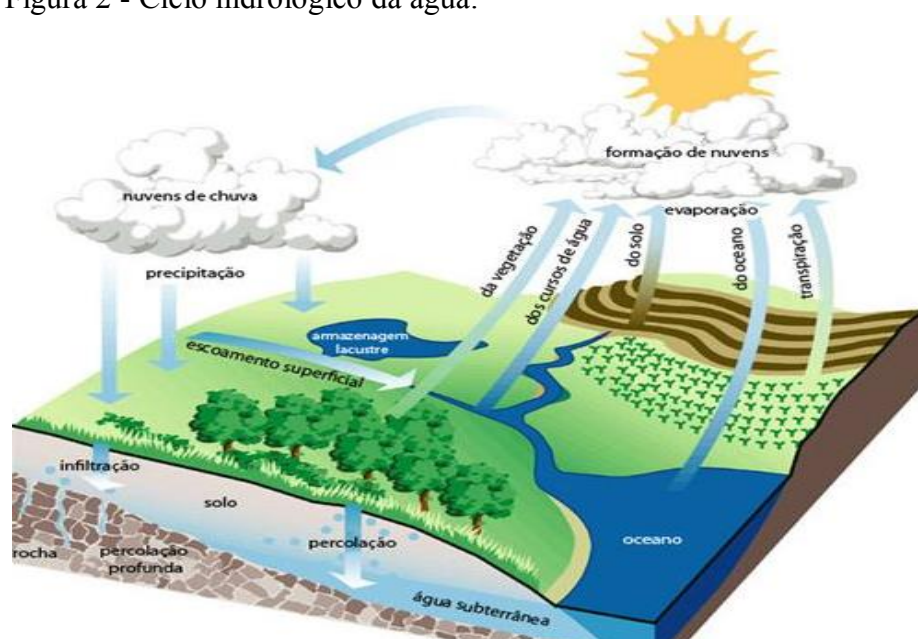
A água é um dos recursos naturais que pode ser considerado como denominador comum de toda a humanidade. Afinal, todos os povos e culturas utilizam e precisam deste recurso para sobreviver. Por isso, afirma Selborne (2002), “a água (...) tornou-se também um símbolo de equidade social, pois a crise da água é sobre tudo, de distribuição, conhecimentos e recursos, e não de escassez absoluta.” Por isso, devem-se levar em conta os princípios éticos

na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos, já que as estratégias a serem tomadas envolvem o problema de acesso e privação. A vida gerou-se na água e existe na dependência desta, de tal forma que toda a estrutura viva é um depósito de água no qual se diluem substâncias minerais e orgânicas em graus diversos de concentração. Tanto é assim que a natureza desenvolveu nos organismos vivos métodos por vezes bastante complexos de adaptação aos ambientes. E à medida que a escassez de água aumenta nesses ambientes, a capacidade de adaptação diminui, e o número de espécies que neles são capazes de sobreviver decresce gradativamente até a vida tornar-se todo impossível. (VASCONCELOS SOBRINHO, 1980).

2.1.1 Ciclo hidrológico

Na natureza, a água se encontra em contínua circulação, fenômeno conhecido como ciclo da água ou ciclo hidrológico. A água dos oceanos, dos rios, dos lagos, da camada superficial dos solos e das plantas evapora por ação dos raios solares. O vapor formado vai constituir as nuvens que, em condições adequadas, condensam-se e precipitam-se em forma de chuva, neve ou granizo. Parte da água das chuvas infiltra-se no solo, outra parte escorre pela superfície até os cursos de água ou regressa à atmosfera pela evaporação, formando novas nuvens. A porção que se infiltra no solo vai abastecer os aquíferos, reservatórios de água subterrânea que, por sua vez, vão alimentar os rios e os lagos.

Figura 2 - Ciclo hidrológico da água.



Fonte: FISRWG, 1998.

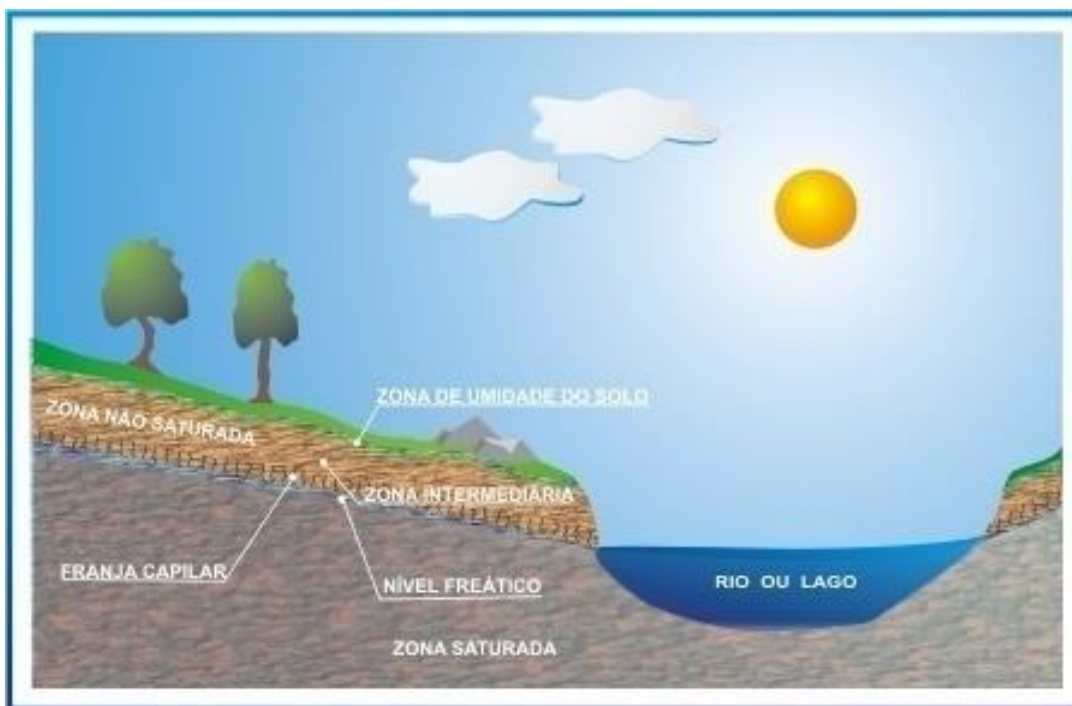
Nos continentes, a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos: Infiltra e percola (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, ressurgir na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos, ou alimentar rios e lagos. Essa água flui lentamente entre as partículas e espaços vazios dos solos e das rochas, podendo ficar armazenada por um período muito variável, formando os aquíferos. Parte escoar sobre a superfície, nos casos em que a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo e parte evapora retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração. Apesar das denominações água superficial, subterrânea e atmosférica, é importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição. A água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. A água está sempre em movimento; é graças a isto que ocorrem: a chuva, a neve, os rios, lagos, oceanos, as nuvens e as águas subterrâneas. (MMA, 2018).

2.1.2 Águas subterrâneas

A água subterrânea é a água que está localizada abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenham um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada. Após a precipitação, parte da água que atinge o solo é infiltrada, percolando no subsolo de acordo com diversos fatores como: cobertura vegetal, porosidade do subsolo, etc. (ABAS, 2018).

A figura abaixo ilustra bem o caminho da água, inicialmente na superfície, passando em seguida para a zona não saturada, onde os espaços entre os grânulos são preenchidos por água e ar. Logo após, existe a zona saturada, onde esses espaços intergranulares são preenchidos, na sua grande maioria por água. O nível freático do terreno se encontra na zona limítrofe das zonas citadas acima.

Figura 3 - Esquematização das zonas não saturadas e saturadas no subsolo.



Fonte: Boscardin Borghetti *et al.* (2004 *apud* ABAS 2015).

Observa-se que não existe uma uniformidade na distribuição da água no planeta, o que faz com que ocorram situações extremamente contrastantes, tal como ocorre no Brasil, onde alguns estados do Norte e Centro-Oeste têm abundante disponibilidade hídrica per capita anual, tais como Roraima com 1.147.668 m³/hab.ano, Amazonas com 657.160 m³/hab.ano e Pará com 33.542 m³/hab.ano, enquanto no Nordeste temos estados em situação crítica, como, por exemplo, a Paraíba com 1.336 m³/hab.ano e Pernambuco, com 1.187 m³/hab.ano (BORGHETTI, BORGHETTI e ROSA FILHO, 2004).

Em se tratando da distribuição de água subterrânea a situação é bem parecida à citada anteriormente. Segundo Rebouças (1997): existem regiões com grande disponibilidade de água, por exemplo, a que contém o Aquífero Guarani (na região centro-sudoeste do Brasil) e outras com pouca disponibilidade, tais como regiões com ocorrência de rochas cristalinas, como no Nordeste. Ainda de acordo com Rebouças (1997), a reserva subterrânea brasileira é estimada em 112.000 km³, com um volume de recarga de 3.500 km³/ano.

2.2 Gestão de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos pode ser definida como a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez através de integração de procedimentos de planejamento e administração (GOMES, 2009).

A primeira lei que dispôs sobre águas no Brasil foi o Decreto Lei nº 22.643/34 chamado Código das Águas que constitui um marco no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, onde as águas podiam ser públicas ou privadas. As águas minerais são reguladas pelo Código de Águas Minerais (Decreto Nº 7.841/1945) por determinação do Código de Mineração, compete ao – DNPM – a autorização de lavra destas águas. Estão sujeitas ao DNPM (art. 25 do Código de Águas Minerais) todas as águas comercializáveis, sejam minerais ou potáveis de mesa, para uso em balneoterapia, hidrotermal e gasosa, das diversas etapas da lavra (todos os trabalhos e atividades de captação, condução, distribuição e aproveitamento das águas - Arts. 9 e 10 do Código de Águas Minerais). (HAGER., 2002)

Na Constituição Federal de 1988 as águas passaram a ser de domínio público, isto é, todos têm direito ao seu uso. Nesta nova visão, foram estabelecidos dois domínios: da União (corpos de água que atravessam mais de um estado e/ou país) e dos Estados. Esta norma legal estabelece, ainda, que as águas subterrâneas são de domínio estadual.

A Lei de Águas (Lei nº 9433/97) estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, tendo os seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público; um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e dessedentação animal; uso múltiplo das águas deve ser proporcionado e a gestão descentralizada e participativa. Entre os objetivos da política destaca-se a utilização racional e integrada das águas, tendo como unidade de gerenciamento a bacia hidrográfica. Alguns estados possuem, além das leis estaduais de recursos hídricos, regulamentações dos instrumentos de outorga de direito de uso e cobrança pelo uso da água, bem como, normas que tratam da proteção das águas subterrâneas e da sua gestão. (MMA, 2017).

2.2.1 Valor econômico da água

Por tratar-se de um bem de domínio público, a água, um recurso natural finito e vulnerável, possui valor econômico em todos os seus usos. No passado, o não reconhecimento do valor econômico da água conduziu a sérios danos ambientais. A gestão da água como um bem econômico é uma importante forma de garantir uma eficiência e melhor distribuição no seu uso e de buscar sua conservação.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabeleceu, como objetivo da Política Nacional do Meio Ambiente, a imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização dos recursos ambientais com fins econômicos. Sendo a água um recurso ambiental, por força do disposto na própria lei mencionada, sua utilização será cobrada. (COSTA; SANTOS, 2000).

2.2.2 Resolução CONAMA nº 396/08

A Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. (MMA, 2008).

No capítulo II da Resolução CONAMA nº 396/08, em seu Art. 3º as águas subterrâneas são classificadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeológicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeológicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeológicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

2.2.3 A bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica é a região compreendida por um território e por diversos cursos d'água. Da chuva que cai no interior da bacia, parte escoar pela superfície e parte infiltra no solo. A água superficial escoar até um curso d'água (rio principal) ou um sistema conectado de cursos d'água afluentes; essas águas, normalmente, são descarregadas por meio de uma única foz (ou exutório) localizada no ponto mais baixo da região. Da parte infiltrada, uma parcela escoar para os leitos dos rios, outra parcela é evaporada por meio da transpiração da vegetação e outra é armazenada no subsolo compondo os aquíferos subterrâneos. (ANA, 2011).

De acordo com Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas são redes compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. O volume de água que uma certa bacia hidrográfica vai receber depende de alguns fatores, tais como o tamanho da área ocupada pela bacia hidrográfica e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, dentre outros.

Sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial de planejamento e gestão, o comitê de bacia hidrográfica - CBH - formado por pessoas com visões e atuações diferentes, atua de forma a elaborar estratégias direcionadas aos múltiplos usos da água da bacia hidrográfica.

Figura 4 - Ilustração de Comitê de Bacia Hidrográfica



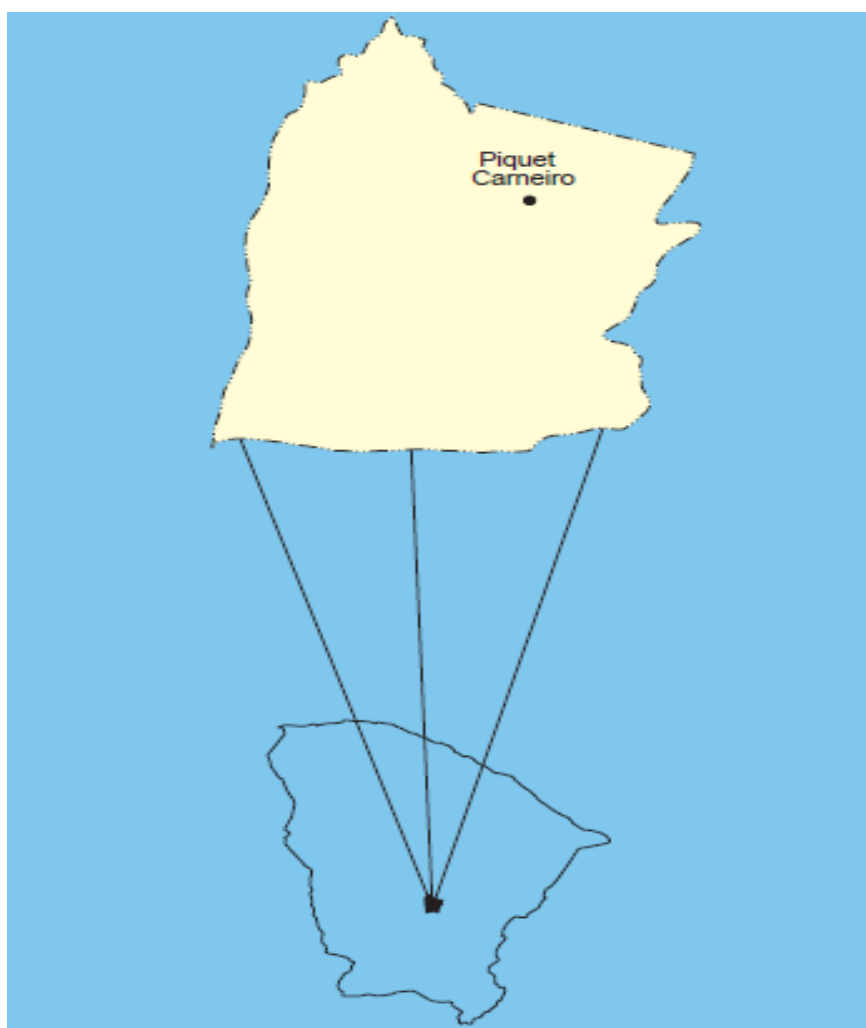
Fonte: Unesco *apud* ANA 2011.

2.3 Aspectos geoambientais do município

2.3.1 Localização, clima e vegetação

O município de Piquet Carneiro situa-se na macrorregião do Sertão Central e na microrregião do Sertão de Senador Pompeu, porção central do estado do Ceará. Limita-se com os municípios de Mombaça, a oeste, Senador Pompeu, a norte, Acopiara, a sul, e Deputado Irapuan Pinheiro, a leste. Compreende uma área de 587.9 km². Apresenta clima tropical quente semiárido, com chuvas de fevereiro a abril e uma vegetação com características típicas de uma caatinga arbustiva densa e floresta caducifólia espinhosa (IPECE, 2009).

Figura 5 - Localização de Piquet Carneiro



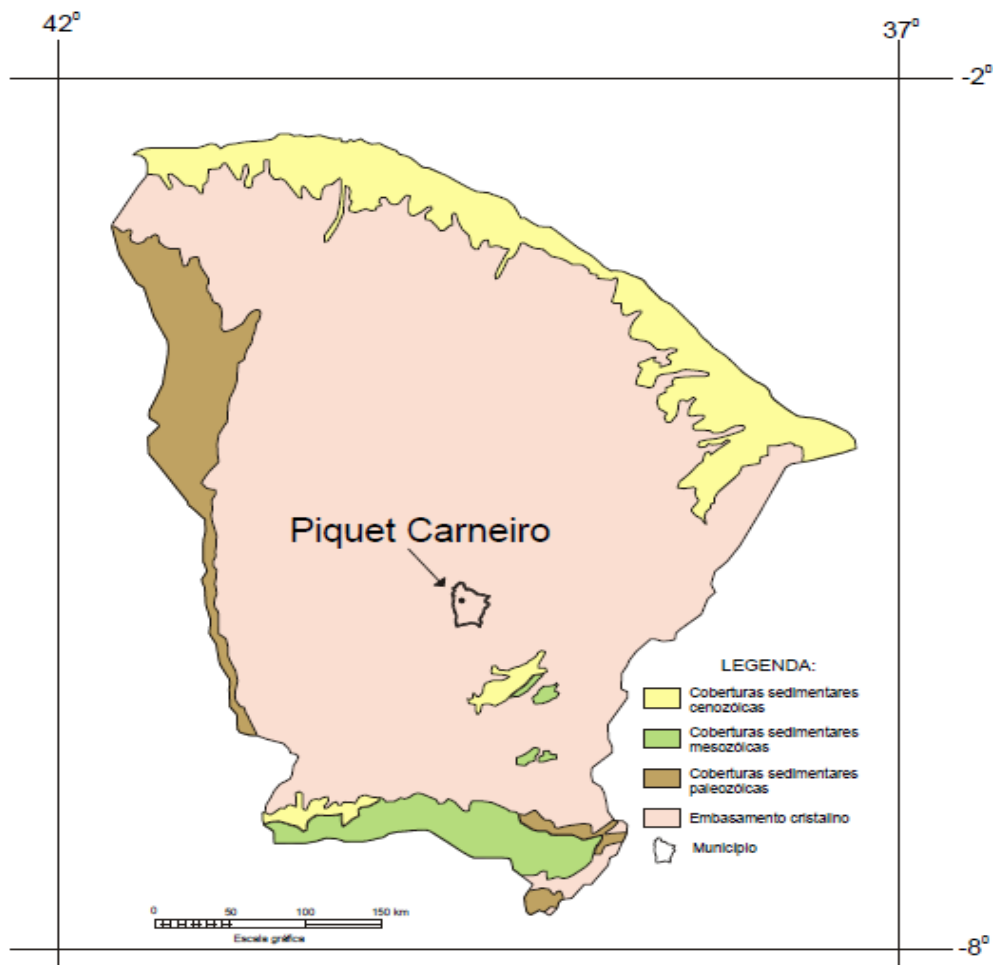
Fonte: CPRM (1998).

2.3.2 Aspectos hidrogeológicos

O CPRM (1998) afirma que o município de Piquet Carneiro está inserido na bacia hidrográfica do rio Banabuiú e do Médio Jaguaribe. Como principal drenagem superficial pode-se mencionar o rio Banabuiú e os riachos São Gonçalo e Cangati. Possui como reservatório de águas superficiais o açude São José II. No município de Piquet Carneiro pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas e depósitos aluvionares.

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. (CPRM, 1998).

Figura 6 - Localização do município em relação aos domínios rochosos.



Fonte: CPRM (1998).

Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem. Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas. (CPRM, 1998).

2.3.3 Tipos de Poços em Piquet Carneiro

De acordo com o Anuário do Ceará (2018-2019), o município de Piquet Carneiro possui um total de 42 poços, dos quais 34 são do tipo tubular profundo e 8 do tipo amazonas. Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, o CPRM (1998) afirmou que os poços tubulares encontram-se no domínio das rochas cristalinas, enquanto que os poços amazonas estão inseridos no contexto dos depósitos aluvionares.

Para Dacachi (1975), poços amazonas, serão aqueles poços escavados que possuem diâmetros superiores a 5 m e tenham um revestimento parcial ou total em sua parede, diferenciando - se dos poços do tipo cacimbão pelo diâmetro. Em contrapartida, o único modo eficiente para captação de água de uma formação aquífera é por meio de poços tubulares. Estes poços são classificados por causa de seu revestimento e são conhecidos popularmente como "poço artesiano" ou "poço profundo". (VASCONCELOS, 2014).

Tabela 1 - Poços em Piquet Carneiro, quanto ao aquífero e a construção.

Tipo de Aquífero	%	Tipos de Poços (%)	
		Tubular	Amazonas
Cristalino	81	100	-
Aluvionar	19	-	100

Fonte: CPRM (1998) e Anuário do Ceará (2018-2019). Elaborada pelo autor (2019).

2.4 Parâmetros físico - químicos

2.4.1 Cloretos

Cloretos provêm geralmente da dissolução de minerais (especialmente salgema, que é uma combinação entre cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de magnésio) ou da intrusão de águas do mar, mas também podem vir de contaminação com esgotos domésticos ou industriais. Sua presença é essencial para manutenção do metabolismo de diversos organismos, pois está relacionado com as trocas iônicas para os meios intra e extracelulares. (SUETÔNIO, 1997).

De acordo com Suetônio (1997), quando o cloreto encontra-se em altas concentrações pode conferir propriedades laxativas a águas e sabor salgado que causa repulsa ao consumidor. Esteves (2011) afirma que longos períodos sem precipitação pluviométrica aumentam as concentrações de cloreto e carbonatos nas águas, estudos realizados pelo autor relatam açudes onde a concentração de cloreto chegou a 2.100 mg/L durante períodos de estiagem.

2.4.2 Dureza total

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, sobretudo de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), e em menor magnitude alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e estrôncio (Sr^{+2}), e se manifesta pela resistência a reação de saponificação. Esta característica química acaba por refletir a natureza geológica da bacia hidrográfica, sendo mais evidente nas regiões de formação calcária e menos significativa em zonas de terrenos arenosos ou argilosos. A água de chuva em contato com o solo tem sua concentração de gás carbônico elevada e por conseguinte seu poder de dissolução das formações calcáreas. (LIBÂNIO, 2010).

Dureza em concentrações elevadas pode causar sabor desagradável e efeito laxativo, reduzir a formação de espumas (com conseqüente aumento no consumo de sabão) e provocar incrustações em tubulações e equipamentos (SUETÔNIO, 1997).

2.4.3 Ferro

O ferro é um dos elementos constituintes da composição química dos solos, das rochas e da matéria orgânica, sendo, portanto, muito abundante; pode tornar a água tóxica, mas somente se estiver em grandes concentrações, quando não seria apropriada para ingestão pelo seu sabor desagradável. O limite de 0,3 mg/L decorre exclusivamente do sabor que este metal confere à água e das manchas que ele pode produzir nas roupas e louças sanitárias. Nos

sistemas de abastecimento, a presença do ferro também é indesejável porque favorece o desenvolvimento de organismos filamentosos, denominados impropriamente de bactérias ferruginosas. (SALES ; GOUVEIA, 1997).

2.4.4 Nitratos, nitritos e amônia

O ciclo do nitrogênio, de forma simplificada, realiza-se por meio de bactérias nos processos denominados *nitrificação* e *desnitrificação*. O primeiro consiste da sucessiva oxidação do gás amônia (NH₃) a nitrito e posteriormente a nitrato, realizado sob condições aeróbias pelas bactérias nitrificantes do gênero *Nitrosomonas*, ao passo que o segundo refere-se a redução do nitrato a nitrogênio gasoso realizado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter* sob condições anóxicas (ausência de oxigênio livre). Desta maneira, as formas do nitrogênio traduzem o estágio da poluição do corpo d'água. Concentrações de nitrato e nitrito e as formas oxidadas indicam poluição remota, ao passo que nitrogênio orgânico ou amoniacal poluição recente. (LIBÂNIO, 2010).

A nitrificação é um processo de oxidação que ocorre em dois estágios; neste processo, a amônia é convertida em nitrito e depois em nitrato:



2.4.5 pH

O pH é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução. A sua medida representa a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade, e é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio (RICHTER & NETTO, 1991). $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

O padrão de potabilidade estabelece uma faixa de 6,0 a 9,5 para o pH de água para consumo, enquanto que para a manutenção da vida aquática autores recomendem uma faixa de 6,0 a 9,0 (SUETÔNIO, 1997; LIBÂNIO, 2010).

2.4.6 Salinidade e condutividade

A salinidade das águas naturais está relacionada à presença de sais minerais dissolvidos incluindo anions como cloreto, sulfato e bicarbonato e cátions como cálcio,

magnésio, potássio e sódio. Para Libânio (2010), a dificuldade inerente a determinação da concentração de cada sal - cujo somatório seria a mais precisa indicação da magnitude da salinidade - culminou com o usual emprego da concentração de cloretos como estimativa desta característica química. A concentração de cloretos como indicador da salinidade insere-se também, guardadas as especificidades de cada corpo d'água, a condutividade elétrica ou a concentração de sólidos totais dissolvidos. Como consequência, a determinação da condutividade elétrica constitui-se indicador confiável da salinidade do corpo d'água.

2.4.7 Sólidos totais dissolvidos

De acordo com Tundisi e Tundisi (2008), sólidos são todas as matérias que ficam como resíduo após evaporação da água e secagem a 103°C. Podem ser divididos em sólidos dissolvidos e sólidos suspensos. Os sólidos totais dissolvidos - STD - correspondem a todos os sais presentes na água e todos os componentes não iônicos, havendo uma correlação entre a condutividade e esse parâmetro. O conteúdo é obtido filtrando uma amostra, evaporando o filtro e medindo o peso seco do filtro. Excesso de sólidos dissolvidos pode alterar o sabor da água e causar problemas de corrosão; já excesso de sólidos em suspensão provoca turbidez e, conseqüentemente, menor aceitação da água pelos consumidores.

2.4.8 Sulfato

Em águas subterrâneas o sulfato surge através da dissolução de rochas que contenham gesso (CaSO_4) e sulfato de magnésio (MgSO_4) e pela oxidação de pirita e sulfeto ferroso, por exemplo). Em águas superficiais advém de esgotos domésticos (principalmente devido a degradação de proteínas) e efluentes industriais. Também pode estar presente em águas tratadas devido a utilização de agentes coagulantes como sulfato de alumínio, sulfato ferroso e sulfato férrico. (NETO, 2014).

2.4.9 Turbidez

A turbidez é definida como a dificuldade da água em transmitir a luz e está associada aos sólidos em suspensão, ou seja, é a presença de partículas de sujeira, principalmente argila e areia, que retiram o aspecto cristalino da água, deixando-a com uma aparência túrgida e opaca (GOMES, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta e armazenamento da água

A coleta, o armazenamento e o transporte das amostras de água dos poços foram realizadas por técnicos devidamente capacitados, sendo utilizados os dados dos anos relativos aos anos de estudo do presente trabalho, 2014 e 2018, de acordo com o seu respectivo cronograma de monitoramento.

Foram seguidas as recomendações de coletas específicas para poços de acordo com a PRC nº 05/2017 do MS estabelecidas no "Guia Nacional de Coleta e Preservação das Amostras" (MMA; CETESB; ANA, 2011):

a) antes da coleta, deve-se fazer a ambientação dos equipamentos e frascos com a própria água do local e coletar um volume suficiente de amostra para eventual necessidade de repetir algum ensaio.

b) usar os frascos adequados para aquele determinado parâmetro e efetuar as preservações recomendadas para cada tipo de ensaio. As técnicas de preservação têm por objetivo retardar a ação biológica e a alteração dos compostos químicos, reduzir a volatilidade ou precipitação dos constituintes e os efeitos da adsorção.

c) na etapa operacional, para poços profundos, equipados com bombas, a água do poço deve ser bombeada por tempo suficiente para eliminar a água estagnada na tubulação. a coleta deve ser realizada em uma torneira próxima da saída do poço ou na entrada do reservatório. Realizar a determinação de cloro residual livre se o poço for clorado. Para a coleta em poços sem a presença de bombas, a coleta deve ser realizada com auxílio de balde de aço inox e corda estéril. O conjunto balde e corda devem ser desembalados no momento da coleta, para evitar contaminação. Utilizar um conjunto para cada ponto de amostragem, para evitar a contaminação cruzada de um ponto de coleta para outro e, conseqüentemente, da própria amostra. Descer o balde até que afunde na água evitando-se o contato com as paredes do poço e da corda com a água. Após enchimento, retirá-lo com os mesmos cuidados. Da mesma forma, realizar a determinação de cloro residual livre se o poço for clorado.

d) fazer o preenchimento da ficha de coleta com todas as informações de campo, identificando cada frasco com o auxílio de uma etiqueta, colocar as amostras ao abrigo da luz, organizando os frascos contendo as amostras em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, atentando para o prazo máximo de transporte e execução das análises.

3.2 Localização dos poços

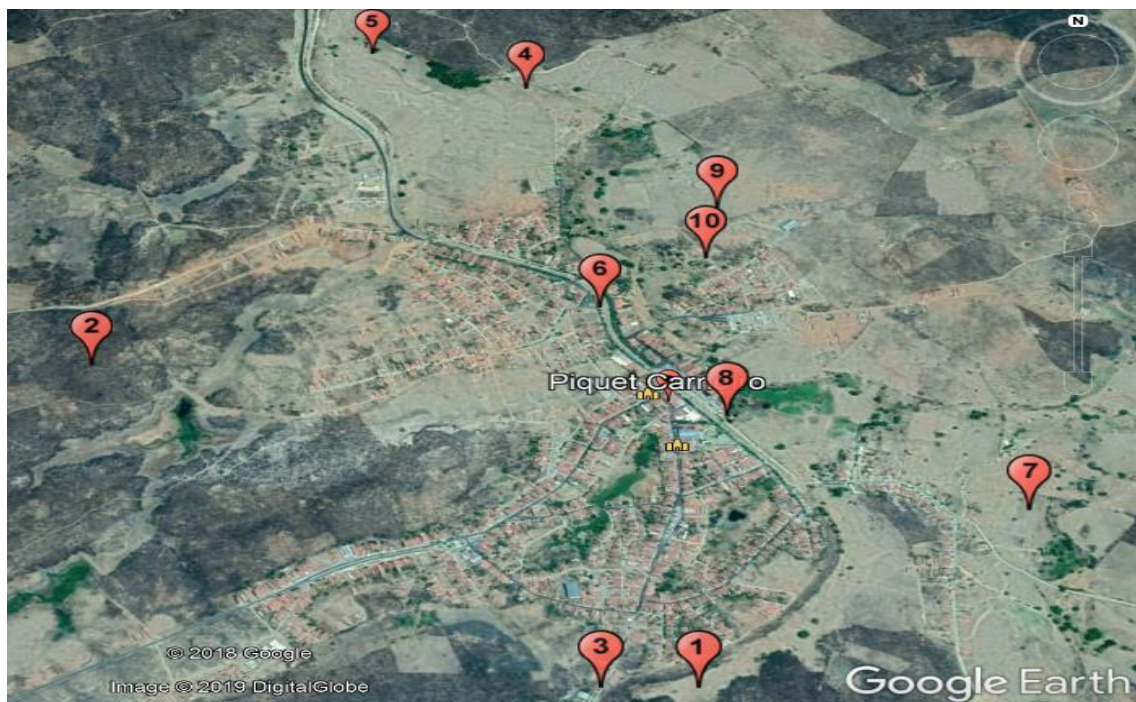
Foram escolhidos de forma aleatória dez poços localizados no município de Piquet Carneiro - CE para a realização das análises dos parâmetros físicos - químicos das águas de poços. A tabela e a figura a seguir apresentam, respectivamente, as coordenadas geográficas dos poços em estudo e a sua distribuição. A numeração de 1 a 10 faz referência aos 10 poços em questão.

Tabela 2 - Localização geográfica dos poços em estudo.

Poço	Coordenada Geográfica	
	Latitude (S)	Longitude (O)
1	5°48'44.0"	39°24'8.10"
2	5°48'10.5"	39°25'44.7"
3	5°48'44.0"	39°25'8.20"
4	5°47'38.0"	39°25'10.9"
5	5°47'33.6"	39°25'23.0"
6	5°48'3.90"	39°25'6.30"
7	5°48'26.0"	39°24'36.0"
8	5°48'16.2"	39°24'57.4"
9	5°47'52.4"	39°41'56.6"
10	5°47'58.3"	39°24'57.9"

Fonte: Adaptado de COGERH (2019).

Figura 7 - Distribuição geográfica dos poços em estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth © (2018).

3.3 Métodos empregados na análise dos parâmetros

Foram analisados os resultados dos mesmos dez poços escolhidos da seguinte forma, para critério de estudo. No ano de 2014, analisou-se esses dez poços em dois períodos do ano, março e novembro. No ano de 2018, para efeito comparativo, repetiu-se as análises para os mesmos dois períodos do ano. As análises foram conduzidas de acordo com as metodologias estabelecidas no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 2012).

Para avaliação das amostras de água desses poços foram analisados seis parâmetros: cloretos, dureza total, nitratos, pH à 25°C, sólidos totais dissolvidos e turbidez. A Tabela 3 mostra os parâmetros monitorados e seus respectivos reagentes e métodos empregados.

Tabela 3 - Parâmetros, reagentes e métodos empregados.

Parâmetros	Reagentes	Métodos
Cloretos (mg Cl ⁻ .L ⁻¹)	Solução padrão de AgNO ₃ 0.0141M Cromato de Potássio	4500 Cl ⁻ B (Argentimétrico) (APHA, 2012)
Dureza Total (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	EDTA 0.01M Solução Tampão pH10, Trietanolamina, Negro de Eriocromo T	2340 DT EDTA (APHA, 2012)
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ .L ⁻¹)	Salicilato de Sódio, Ácido Sulfúrico P.A, Tartarato de Sódio e Potássio, NaOH	(RODIER, 1990)
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Gravimetria	2540 B e C (APHA, 2012)
pH à 25°C	Solução Tampão pH 4 e 7	4500 H ⁺ B (Potenciométrico) (APHA, 2012)
Turbidez (NTU)	Padrões 0,1 a 1000 NTU	2130 B (Nefelométrico) (APHA, 2012)

Fonte : Elaborado pelo autor (2019).

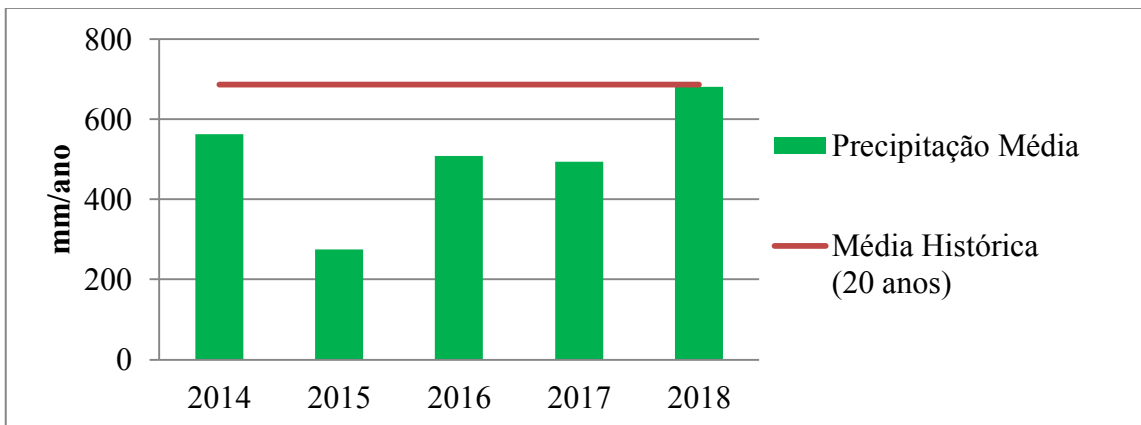
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação pluviométrica no município de Piquet Carneiro - CE

É de grande importância verificar os índices médios de precipitação pluviométrica, visto que é uma característica que pode exercer influência nos parâmetros em estudo. A chuva pode ser considerada como uma significativa entrada de nutrientes minerais para o ecossistema, pois, além de carrear elementos diretamente da atmosfera, atua também como agente de lixiviação dos nutrientes (BROWN *et al.*, 1989).

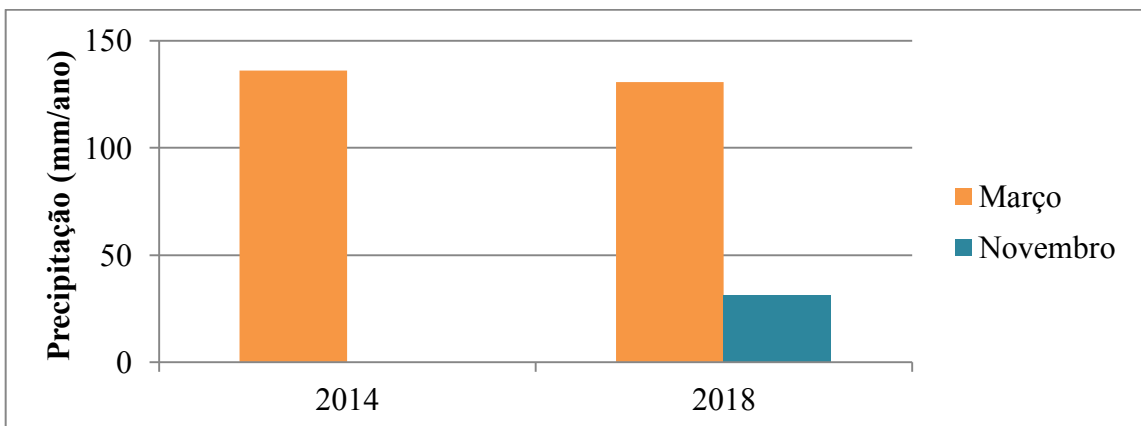
As figuras 8 e 9 mostram, respectivamente, as precipitações pluviométricas médias dos anos de 2014 a 2018 com uma média histórica dos últimos vinte anos e as precipitações pluviométricas médias dos meses de março e novembro de 2014 e 2018.

Figura 8 - Precipitação do município de Piquet Carneiro - CE.



Fonte: FUNCEME (2018).

Figura 9 - Precipitação de Março e Novembro de 2014 e 2018.



Fonte: FUNCEME (2018).

4.2 Análises dos parâmetros

A tabela 4 mostra inicialmente os valores médios com seus respectivos desvios-padrões de todos os parâmetros analisados com suas respectivas épocas do ano. As análises foram realizadas em duplicata.

Tabela 4 - Resultados médios dos parâmetros analisados.

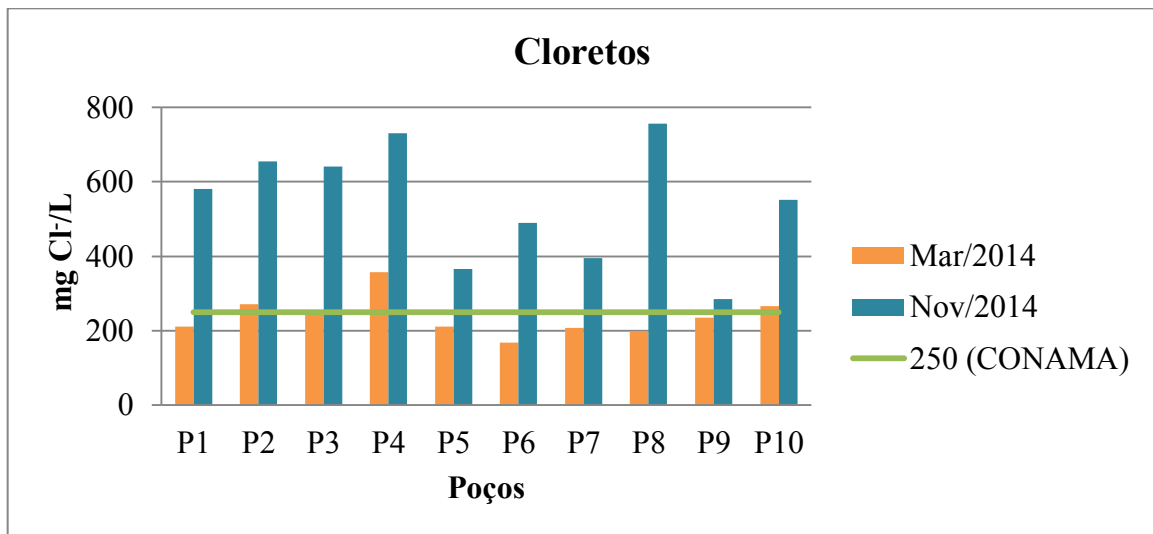
Amostras	Parâmetros	2014		2018		CONAMA nº 396/2008
		Março	Novembro	Março	Novembro	
Poços do município de Piquet Carneiro - CE	Cloretos (mg Cl/L)	238,01 ±0,2404	545,26 ±0,0707	363,55 ±0,176	781,35 ±0,410	≤ 250,0
	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	456,33 ±0,1556	682,31 ±0,3253	547,53 ±0,1626	835,34 ±0,1273	≤ 500,0 *
	Nitratos (mg NNO ₃ ⁻ /L)	15,57 ±0,1131	8,48 ±0,0990	7,348 ±0,1471	8,286 ±0,0226	≤ 10,0
	pH à 25°C	7,44 ±0,0219	7,72 ±0,0035	7,41 ±0,0021	7,55 ±0,0205	6,0 a 9,5 *
	STD (mg/L)	905,9 ±0,4313	1106,5 ±0,4101	1123,3 ±0,1344	1246,1 ±0,0212	≤ 1000,0
	Turbidez (NTU)	2,37 ±0,0071	2,22 ±0,0424	4,02 ±0,0212	1,37 ±0,0141	≤ 5,0 *

Fonte: próprio autor (2019). * PRC nº 05/2017 do MS.

Como foi mencionado anteriormente, será acompanhado os resultados das análises de seis parâmetros em dez poços. Inicialmente, será apresentado os valores obtidos para cloretos relativos ao ano de 2014 e 2018, verificando esses dados para os meses de março e novembro. Em seguida, será apresentado os poços que fornecem águas propícias ao consumo humano que atendem à Resolução CONAMA nº 396 de 2008, voltada às águas subterrâneas. O procedimento será repetido para a análise da dureza total, dos nitratos, do pH, sólidos totais dissolvidos e da turbidez.

4.2.1 Cloretos

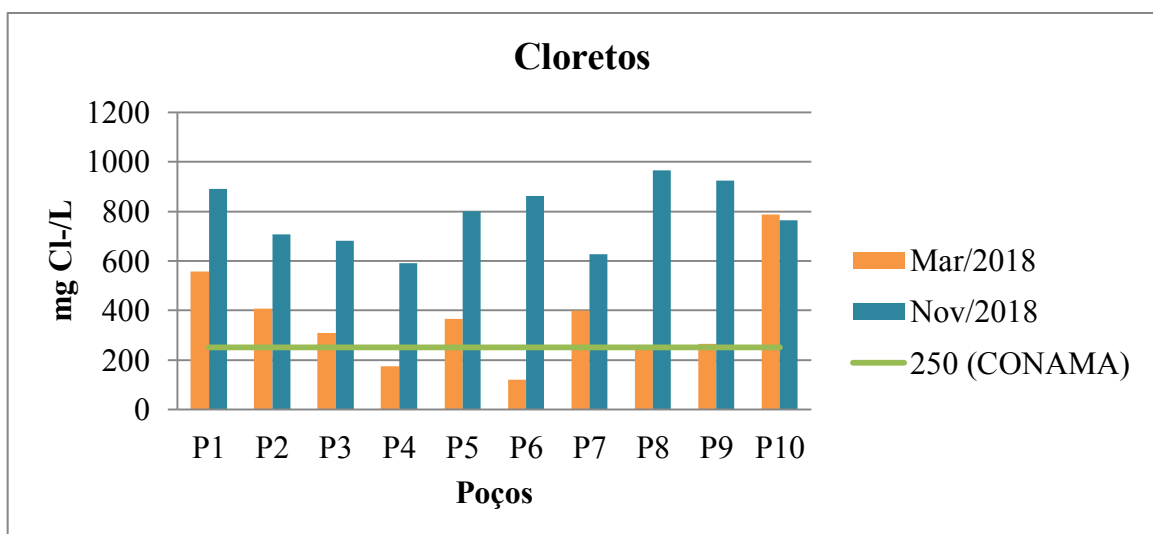
Figura 10 - Valores dos Cloretos para março e novembro de 2014.



Fonte: próprio autor (2019).

Para os cloretos o CONAMA nº 396 estabelece o valor de 250 mg Cl/L como valor limítrofe permitido. Pela figura 10, observada acima, verifica-se que no período de março os poços P1, P3, P5, P6, P7, P8 e P9 atenderam à resolução, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro todos os dez poços revelaram valores superiores ao limite para o parâmetro em questão. A figura 11, apresentada em seguida, traz os valores obtidos relacionados aos cloretos para o ano de 2018.

Figura 11 - Valores dos Cloretos para março e novembro de 2018.

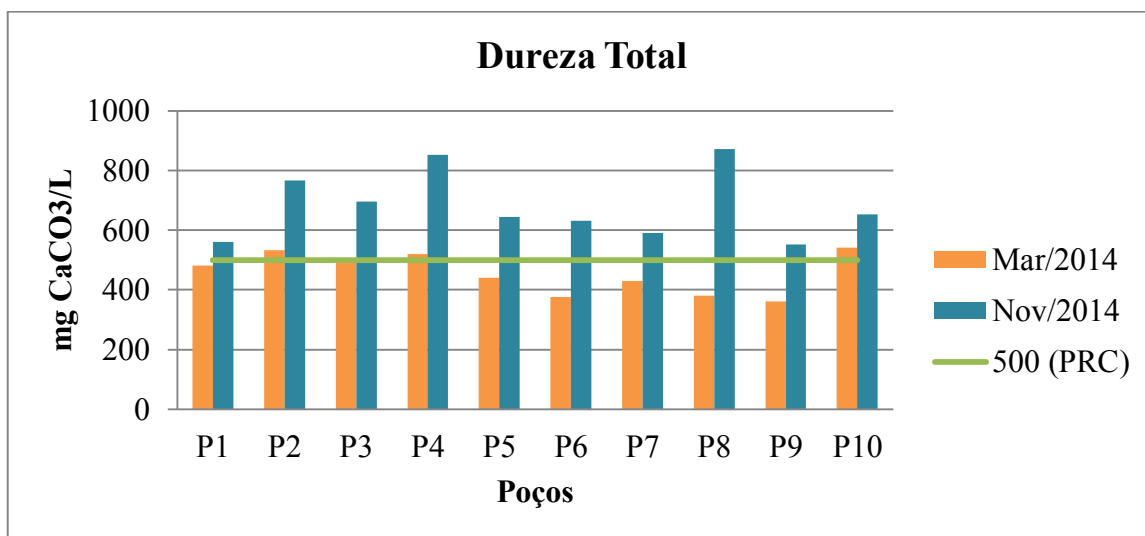


Fonte: próprio autor (2019).

Pelo gráfico observamos que no período de março os poços P4, P6, P8 e P9 atenderam à resolução, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro todos os dez poços revelaram valores superiores ao limite para o parâmetro em questão.

4.2.2 Dureza total

Figura 12 - Valores de Dureza Total para março e novembro de 2014.

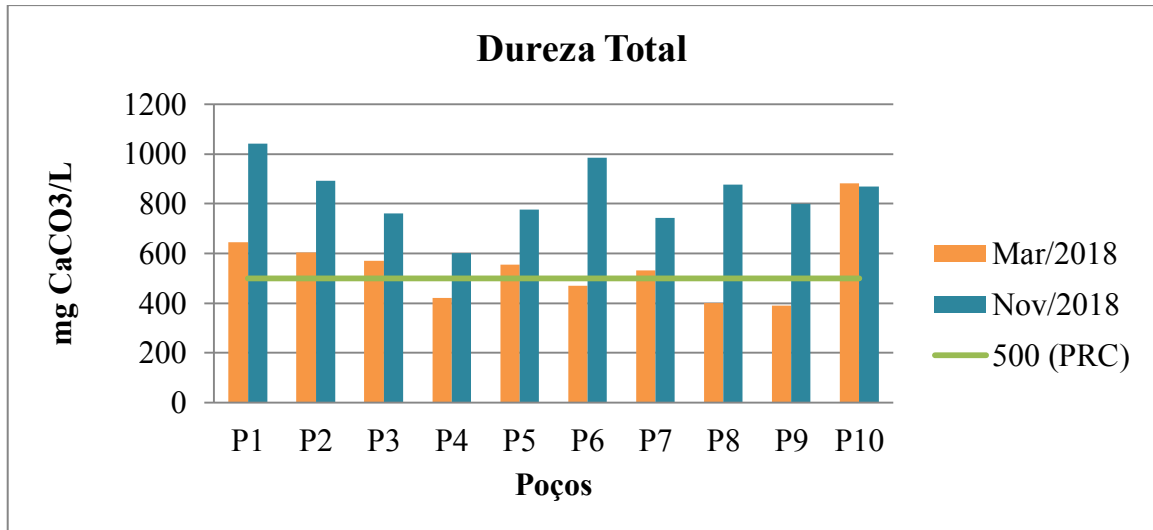


Fonte: próprio autor (2019).

Em relação à dureza total, visto que a resolução CONAMA n° 396 não estabelece valores limítrofes, adotou - se a PRC n° 05/2017 do MS que trata do padrão de qualidade da água para consumo humano, cujo valor de 500 mg CaCO₃/L é o valor limítrofe permitido. Pela figura 12 observamos que no período de março os poços P1, P3, P5, P6, P7, P8 e P9 atenderam à resolução, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro todos os dez poços revelaram valores superiores ao limite para o parâmetro em questão.

A figura 13, apresentada logo abaixo, mostra os valores obtidos relacionados à dureza total para o ano de 2018.

Figura 13 - Valores de Dureza Total para março e novembro de 2018.

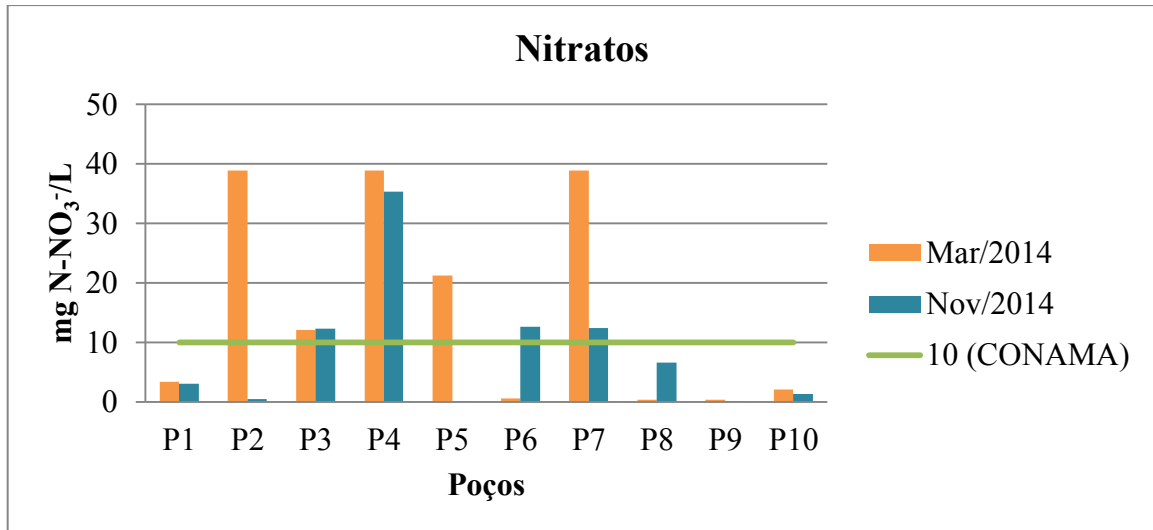


Pelo análise gráfica observamos que no período de março os poços P4, P6, P8 e P9 atenderam à Portaria, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro todos os dez poços revelaram valores superiores ao limite para o parâmetro em questão.

4.2.3 Nitratos

Em relação aos nitratos o CONAMA nº 396 estabelece o valor de 10 mg N-NO₃⁻/L como valor limítrofe permitido. Pelo análise da figura 14 observamos que no período de março os poços P1, P6, P8, P9, e P10 atenderam à resolução, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro os poços P1, P2, P5, P8, P9 e P10 atenderam à resolução.

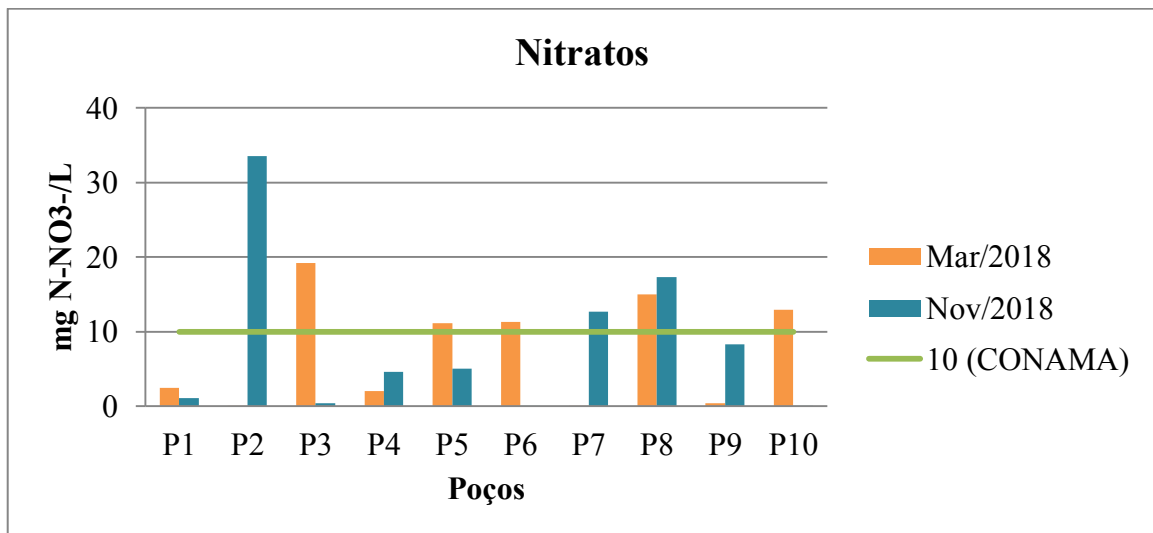
Figura 14 - Valores de Nitratos para março e novembro de 2014.



Fonte: próprio autor (2019).

A figura 15, apresentada em seguida, mostra os valores obtidos relacionados aos nitratos para 2018.

Figura 15 - Valores de Nitratos para março e novembro de 2018.



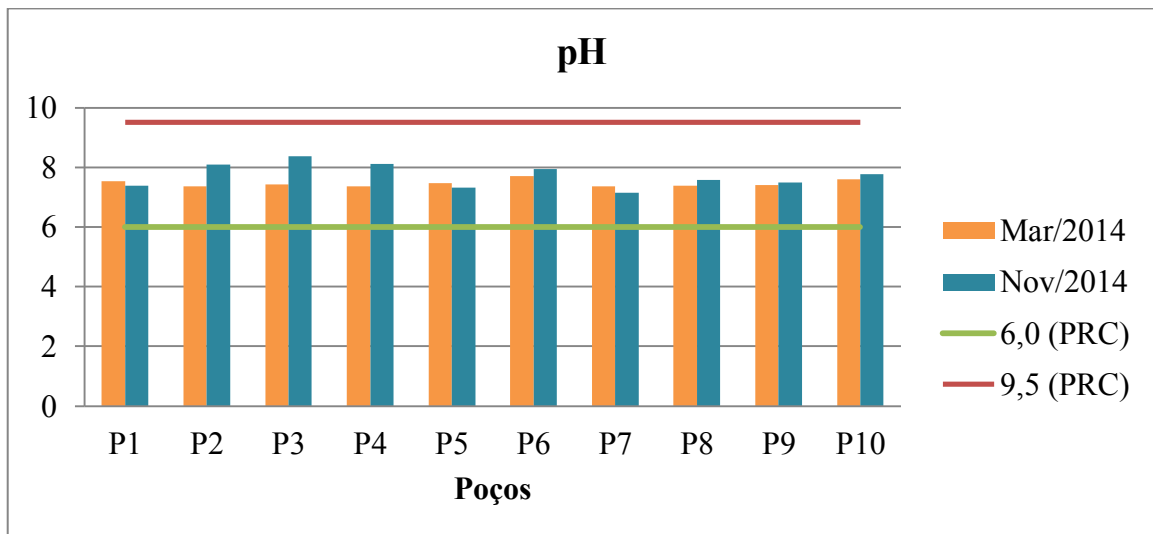
Fonte: próprio autor (2019).

Pelo análise do gráfico observamos que no período de março os poços P1, P2, P4, P7, e P9 atenderam à resolução, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro os poços P1, P3, P4, P5, P6, P9 e P10 atenderam à resolução.

4.2.4 pH

Já em relação ao pH à 25°C o CONAMA nº 396 não estabelece uma faixa de valores, adotando - se a PRC nº 05/2017 do MS que traz 6,0 e 9,5 como limites inferior e superior, respectivamente. Pela figura 16 todos os dez poço estão com valores entre 7 e 8,3 .

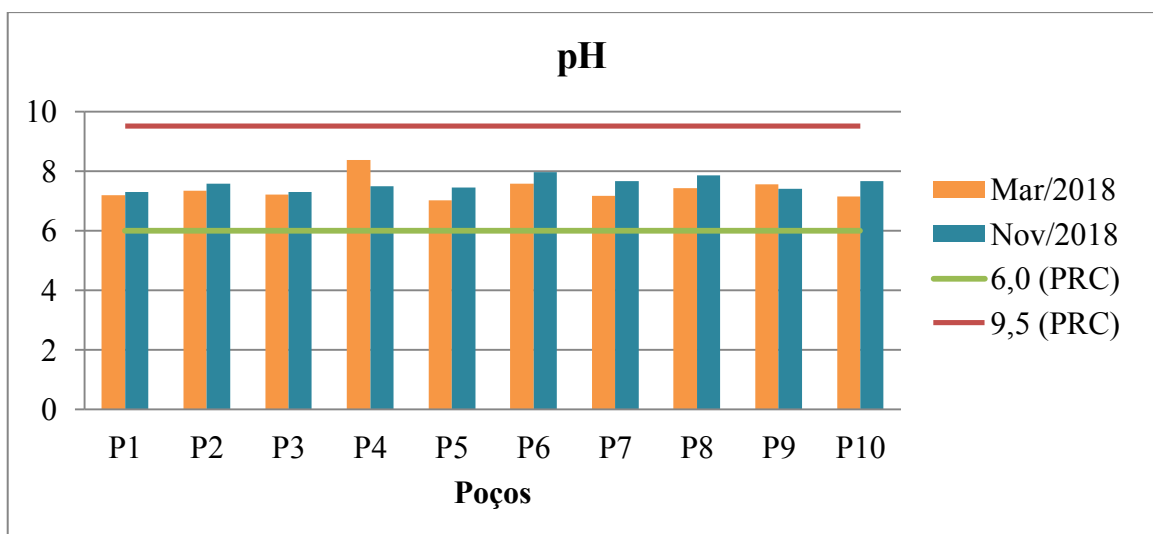
Figura 16 - Valores de pH para março e novembro de 2014.



Fonte: próprio autor (2019).

Pela figura 17, logo abaixo, referente ao ano de 2018, observamos que todos os dez poços em estudo apresentaram valores situados entre o intervalo de 7,0 a 8,5.

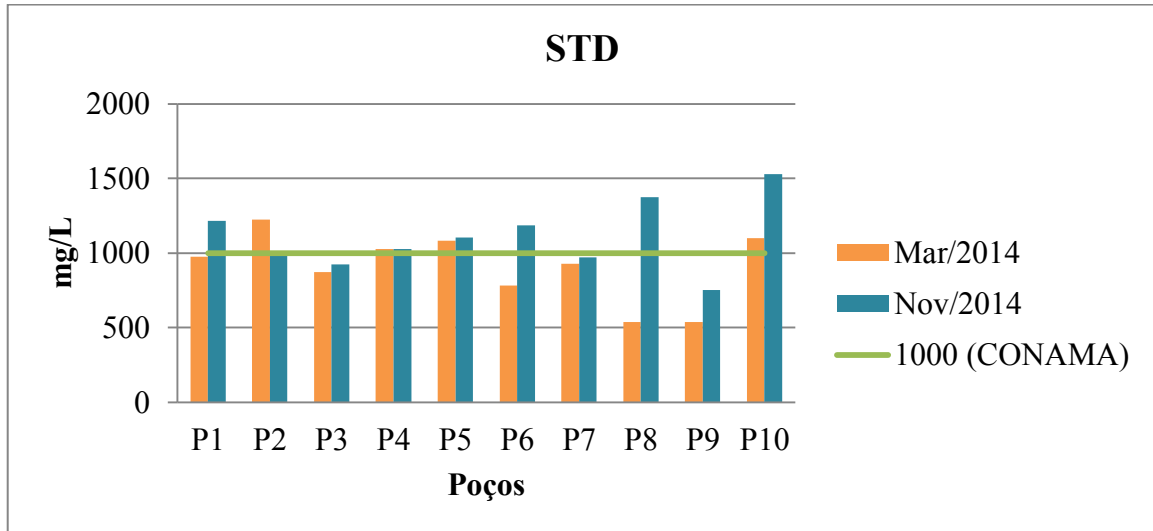
Figura 17 - Valores de pH para março e novembro de 2018.



Fonte: próprio autor (2019).

4.2.5 Sólidos totais dissolvidos

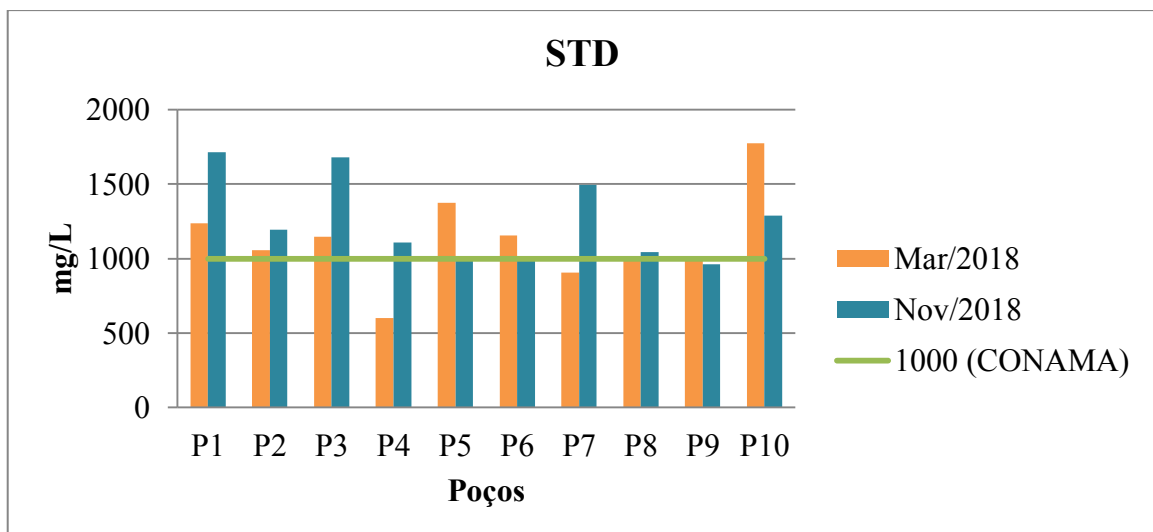
Figura 18 - Valores de Sólidos totais dissolvidos para março e novembro de 2014.



Fonte: próprio autor (2019).

Em relação aos STD, a resolução CONAMA n° 396 estabelece 1000 mg/L como o valor máximo permitido para o consumo humano. Na figura 18, apenas os poços P3, P4, P7 e P9 apresentaram em ambos os meses valores aceitáveis pela legislação, para os demais poços em algum dos meses, ou em ambos, esses valores excederam o limite. Logo abaixo, a figura 19 é apresentada trazendo os valores referentes a 2018. Nele observa-se que apenas o poço P9 apresentou tanto em março quanto em novembro valores permitidos.

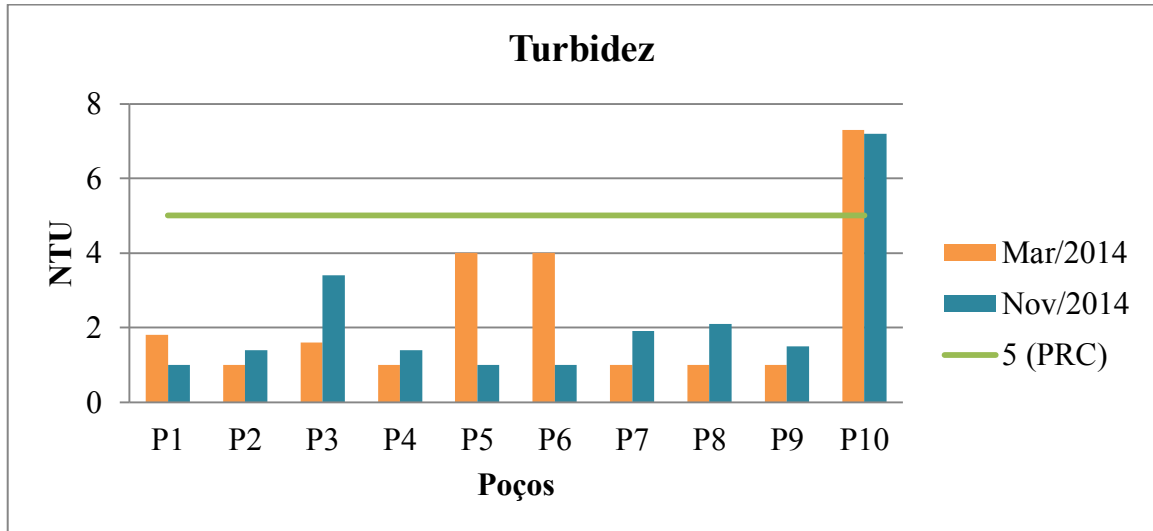
Figura 19 - Valores de Sólidos totais dissolvidos para março e novembro de 2018.



Fonte: próprio autor (2019).

4.2.6 Turbidez

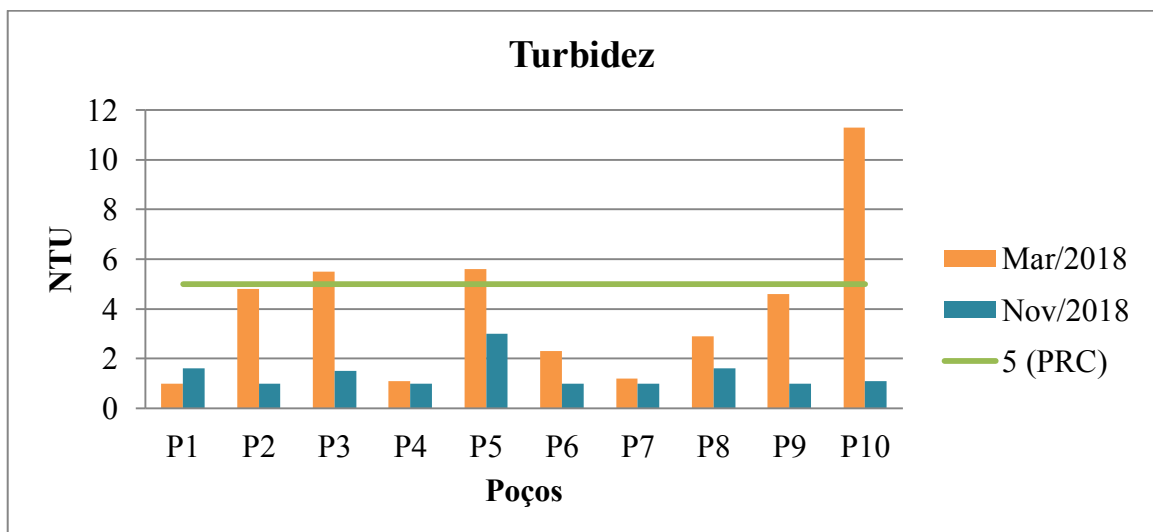
Figura 20 - Valores de Turbidez para março e novembro de 2014.



Fonte: próprio autor (2019).

Para a turbidez a PRC nº 05/2017 estabelece o valor de 5 NTU como valor limítrofe permitido. O CONAMA nº 396 não estabeleceu valor limítrofe. Pelo análise da figura 20, acima, observamos que todos os poços apresentaram valores permitidos pela Portaria, exceto o poço 10 que apresentou valores superiores nos dois períodos em estudo. A figura 21 apresenta os dados obtidos em relação a turbidez em NTU para o ano de 2018.

Figura 21 - Valores de Turbidez para março e novembro de 2018.



Fonte: próprio autor (2019).

Pelo análise do gráfico observamos que no período de março os poços P1, P2, P4, P6, P7, P8 e P9 atenderam à Portaria, visto que apresentaram valores inferiores ou iguais ao máximo permitido. No mesmo gráfico observamos que para o mês de novembro todos atenderam à Portaria.

4.3 Correlação dos índices pluviométricos com os resultados

Inicialmente, analisando as quantidades de chuvas fornecidas pela FUNCEME e os valores dos cloretos no ano de 2014, observa-se que no mês de março choveu 136 mm e sete poços atenderam à resolução. Já no mês de novembro, onde não se teve registro de precipitação, todos os dez poços apresentaram valores superiores àqueles de março, sugerindo, como uma das possibilidades para esse aumento nos valores, a redução no volume de chuvas. O mesmo ocorrendo para o ano de 2018, onde todos os poços, exceto o poço 10, tiveram para o mês de novembro valores superiores aos de março. O mês de março apresentou 130,7mm enquanto o mês de novembro apresentou 31,2mm para este ano.

Em relação a dureza total, no mês de março de 2014 sete poços atenderam à Portaria e no mês de novembro, onde não se verificou precipitação alguma, todos os dez poços, além de não atenderem à Portaria, apresentaram valores superiores àqueles de março. Em 2018 quatro dos dez poços atenderam à Portaria no mês de março, onde choveu 130,7 mm, como citado anteriormente, e no mês de novembro, todos os poços, exceto o poço 10, tiveram valores maiores que os do mês de março. A dureza total, assim como os cloretos, sofreram significativas variações nos meses de março e novembro dentro de um mesmo ano, onde os índices pluviométricos oscilaram bastante.

A contaminação ambiental pelo nitrato é resultado da sua lixiviação em solos, derivada do uso de fertilizantes, e também dos efluentes urbanos, que podem contribuir com até 40% dos nitratos presentes em águas superficiais. Outra fonte de contaminação é o descarte de efluentes de plantas de tratamento biológico nitrificante, que podem conter até 30 mg N-NO₃⁻/L (QUEIROZ, 2004). E para Franca (2006), os nitratos nas águas subterrâneas são originados principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto inorgânicos, como proveniente de esterco animal; deposição atmosférica; esgoto doméstico, bem como lixiviação de áreas agrícolas e lixões.

Para o pH os resultados mostraram que no ano de 2014, sete dos dez poços em questão apresentaram valores menores no mês de março em comparação ao mês de novembro. No ano de 2018, o padrão se manteve, no mês de maior índice pluviométrico entre

os dois em análise, o mês de março, oito dos dez poços apresentaram valores menores neste mês em relação ao mês de novembro.

Os sólidos totais dissolvidos são facilmente influenciados pela ação antrópica. Este comportamento pode estar relacionado com o escoamento superficial e os processos erosivos e também com a contaminação por esgoto doméstico (CALIJURI *et al.*, 2012). Para Braga *et al.* (2005), diversas práticas agrícolas atuam influenciando diretamente na concentração de sólidos de um manancial, sendo que as perdas de solo por erosão constituem uma das principais contribuições de sólidos do meio rural no Brasil. Em 2014, nove dos dez poços em questão apresentaram valores menores no mês de março quando comparado com o mês de novembro, como esses sólidos são formados por matéria orgânica e sais, provavelmente as chuvas maiores no mês de março causaram uma possível diluição nas águas desses poços. Já em 2018, o mês de novembro, diferentemente do mês de novembro de 2014, registrou precipitações e ao invés de uma redução dos valores deste mês, como resultado de uma possível diluição desses sais, verificou - se poços com marcações acima de 1600 mg/L, existindo a possibilidade dessas precipitações registradas terem ocasionado o carreamento de sedimentos, elevando esses valores.

A turbidez tende a elevar-se quando aumenta a precipitação, de acordo com Fritzsons *et al.* (2003), isto pode estar relacionado com as chuvas que causam vazões maiores provocarem graus diferentes de erosividade, afetando os terrenos das encostas e das margens dos mananciais. Para Von Sperling (1996) a turbidez pode ter origem natural como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microorganismos; e/ou origem antrópica como de despejos domésticos, despejos industriais, e erosão. Para o ano de 2014, nos meses de março e novembro, todos os poços apresentaram valores inferiores à Portaria, exceto o poço número 10 que apresentou valores superiores a 7 NTU em ambos os meses. Em 2018, no mês de março, apenas três poços ficaram com valores superiores a 5 NTU, limite estabelecido pela Portaria, enquanto que em novembro do mesmo ano, todos os dez poços tiveram valores inferiores ao limite estabelecido.

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, observamos que para os dez poços em estudo, e levando-se em conta apenas os parâmetros analisados, constatou-se baseado na Resolução CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do MS que as águas dos mesmos estão impróprias para o consumo humano, não significando que não possa ser usado para outros fins menos nobres.

Em alguns parâmetros como os cloretos, a dureza total, os nitratos, sólidos totais dissolvidos e a turbidez observa-se variações significativas dos valores quando comparados os meses de março e novembro. O pH apresentou valores aceitáveis dentro dos limites estabelecidos, sofrendo, na maioria dos poços, leves reduções em comparação ao mês de novembro. Não foi possível estabelecer um padrão de influência das precipitações sobre os resultados, apesar de se observar valores maiores para alguns parâmetros no mês teoricamente de baixo índice pluviométrico, como o de novembro. Contudo, há indícios da influência das precipitações sobre os resultados apresentados, principalmente, para os cloretos, dureza total, sólidos totais dissolvidos e turbidez. De acordo com Mahler *et al.* (2007), conforme o U.S. Public Health Service, crianças com menos de seis meses de idade podem apresentar a "síndrome do bebê azul" como consequência do acúmulo de nitratos, visto que elas apresentam o sistema gastrointestinal ainda em desenvolvimento. A criança apresenta-se azulada devido ao quadro de anaerobiose provocado pela ineficiência no transporte de O₂. Essas variações podem ter sido causadas por diversos fatores, dentre os quais possíveis atividades antrópicas no entorno desses poços.

Pesquisas e estudos no entorno desses poços são de fundamental importância para uma análise mais apurada e detalhada da situação local, verificando assim possíveis fontes poluidoras.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO DO CEARÁ - Guia das Cidades - Piquet Carneiro. **OPOVO online**, Fortaleza-ce, 2018-2019. Disponível em: <http://www.anuariodoceara.com.br/cidades/piquet-carneiro/>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- ANA. **Caderno de capacitação em recursos hídricos** - Comitê de bacia hidrográfica. Brasília, 2011. p.11. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and waste water**, 22st ed. Washington, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – ABAS. Educação. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php>. Acesso em: 23 out. 2018.
- BARROS, Carlos. PAULINO, Wilson R. **Ciências: o meio ambiente**. São Paulo: Ática 1999.
- BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aqüífero Guarani: A Verdadeira Integração dos Países do Mercosul**. Curitiba: Ed. Roberto Marinho, 2004.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed., São Paulo: Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BROWN, I. F.; SILVA FILHO, E. V. & OVALLE, A. R. C. 1989. **Measurement of bulk and acidic deposition at tree canopy level in a subtropical premontane wet forest**, RJ. *Biotropica* 21 (1), p. 15-19.
- CALIJURI, M. L.; COUTO, E. A.; CAMARGO, R. A.; SANTIAGO, A. F.; SILVA, M. D. F. M. . Evaluation of the Influence of Natural and Anthropogenic Processes on Water Quality in Karstic Region. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 223, n. 5, p. 2157-2168, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **O canal fluvial**. In. *Geomorfologia Fluvial*. 1. ed. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COGERH. **Portal hidrológico do Ceará**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/servicos/#>. Acesso em : 9 de abr. 2019.
- COSTA, Ana Cristina Moraes da; SANTOS, Marco Aurélio dos. **A Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil e a Questão da Água Subterrânea**. In: 1ST JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 2000, Fortaleza- ce. **Anais [...]**, 2000.
- CPRM. **Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 1988. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=36&infoid=588>. Acesso em: 2 set. 2018.

CPRM. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará: diagnóstico do município de Piquet Carneiro**. Fortaleza, 1998. 7-8 p. Disponível em:

<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16632/Rel_Piquet%20Carneiro.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 mar. 2019.

DACACH, N. G., 1975. **Sistemas Urbanos de Água**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 396p.

DA SILVA, F. J. A.; ALMEIDA, M. M.; ARAÚJO, L. F. P. **Indicadores hidroquímicos obtidos a partir da condutividade elétrica em alguns poços do Ceará**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2006.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. .. As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 8, n. 4, p. 239-248, out/dez 2003.

FUNCEME. **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. Fortaleza, 2018. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/406-chuvas-di%C3%A1rias>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

GOMES, M. C. R. 2006. **Qualidade das águas subterrâneas e superficiais no Campus Universitário do Pici (Fortaleza, Ceará)**, Relatório de Graduação (Departamento de Geologia/UFC), 122p.

GOMES, M. da C. R., **O Conhecimento Hidrogeológico como Instrumento de Gestão das Águas Subterrâneas no Campus do Pici/UFC, Fortaleza-Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

HAGER, F.P.V.; SILVA, J. R. da C.; DE ALMEIDA, W. M.; OLIVEIRA, W. de A.. **A Problemática da Gestão das Águas Subterrâneas no Brasil**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002, Florianópolis-sc. *Anais [...]*, 2002.

LEAL, Antônio de Souza. **As Águas Subterrâneas no Brasil**. O Estado das Águas no Brasil – Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos, Brasília-DF: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, p. 139-164. 1999.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, Editora Átomo, 3ª Ed, 2010.

MAHLER, R.L., COLTER, A. et al. Nitrate in Groundwater. University of Idaho - Extension, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Disponível:
<<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>.
Acesso em: 24 out. 2018.
www.mma.gov.br/estruturas/167/publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf
Acesso em: 12 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e Agência Nacional de Águas (ANA). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. Brasília – DF. 2011.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura**. Revista agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, p 33-38, outubro e dezembro de 2002.

NETO, Miguel Paulo Rodrigues. **Estudo da qualidade de águas de poços no Iguape - ce**. 2014. 29p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil-Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2014.

NETO, V. P. **Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho na Embrapa pecuária sudeste**. 2006. 40p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

QUEIROZ, E.T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: **Anais...Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas**, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

REBOUÇAS, A. da C., **Água na Região Nordeste: Desperdício e Escassez**. Estudos Avançados, 1997.

RICHTER, C.A. & NETTO, J.M.A. 1991. **Tratamento de água- Tecnologia Atualizada**. Editora Edgard Blücher LTDA. 3ª reimpressão- 2000. 132p.

RODIER, J. **Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua do mar**. Barcelona: Omega, 1990.

SALES, H.B & GOUVEIA, S. T. 1997. **Manual de técnicas analíticas para análise de águas**. Laboratório de Química Ambiental- LAQA. –UFC, 50p.

SUETÔNIO, M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro, ABES, 1ª Ed, 1997.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. **Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e propostas de nomenclatura**. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014, Belo Horizonte-MG. **Anais** [...], 2014.

VASCONCELOS SOBRINHO J. **A Ecologia na Gestão dos Recursos Hídricos para as Regiões Semi-áridas do Nordeste Brasileiro**. Revista Pernambucana de Desenvolvimento. V7,nº1, p.65-77, jan/jul, Recife.1980.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG,1996. 243p.