

Variação espaço/temporal da qualidade da água subterrânea do Município Juazeiro do Norte – Ceará

Variation space/temporal of the underground water quality of the Municipality Juazeiro do Norte – Ceará

Variación espacio / temporal de la calidad del agua subterránea del Municipio Juazeiro do Norte - Ceará

Recebido: 20/07/2020 | Revisado: 09/08/2020 | Aceito: 19/08/2020 | Publicado: 23/08/2020

Aliane Cristiane de Sousa Formiga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0094-4266>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: alianeformiga@gmail.com

Caio Franklin Vieira de Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0364-164X>

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

E-mail: caiovieirafigueiredo@gmail.com

Francisco Fabrício Damião de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8950-4568>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: fabricao_kunnga@hotmail.com

Glaucio de Meneses Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5708-7010>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: glauciops1@hotmail.com

Saul Ramos de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2804-6671>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: saul.oliveira.ramos@hotmail.com

Francisco Cristiano Candido Santana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1125-7074>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: prof.cristiano07@gmail.com

Pierre Alexandre Travasso de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1478-2379>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: pierretravasso10@gmail.com

Rodolpho Luiz Barros de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9497-2008>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: rodolpholuiz42@gmail.com

Resumo

A água potável para consumo humano tornou-se um bem escasso e valioso, sendo necessária uma avaliação de sua qualidade para os diversos usos. Objetivou-se, portanto, verificar a qualidade da água subterrânea de do Município de Juazeiro do Norte, oriundas de poços tubulares operados pela CAGECE, na bacia do Rio Salgado, sob aspectos físico-químico, referentes a variação espaço/temporal. Os parâmetros foram estudados no período de estiagem, referentes a 33 poços de patrimônio da CAGECE, totalizando 124 amostras, divididas nos 4 períodos. Para o fator espacial, destaca-se variações significativas nos níveis de 5%, de probabilidade nos parâmetros pH, alcalinidade, cálcio, cloreto, ferro, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica (CE). “Níveis de 1% e 0,1%” foram detectados em todos os poços com o Nitrato, através do teste de Tukey. As águas subterrâneas apresentaram em sua maioria características de mista bicarbonatada. A água do município foi considerada potável, porém algumas áreas de acordo com a pesquisa apresentam indícios de contaminação em relação ao parâmetro nitrato e ferro, verificados em poços traçados neste estudo.

Palavras-chave: Consumo humano; Parâmetros; Poços.

Abstract

Drinking water for human consumption has become a scarce and valuable asset, requiring an assessment of its quality for different uses. The objective, therefore, was to verify the quality of groundwater in the municipality of Juazeiro do Norte, from tubular wells operated by CAGECE, in the Rio Salgado basin, under physical-chemical aspects, referring to space / time variation. The parameters were studied in the dry season, referring to 33 CAGECE heritage wells, totaling 124 samples, divided into 4 periods. For the spatial factor, there are significant variations in the levels of 5%, probability in the parameters pH, alkalinity, calcium, chloride, iron, total dissolved solids (STD) and electrical conductivity (EC). “Levels of 1% and 0.1%”

were detected in all wells with Nitrate, using the Tukey test. The groundwater mostly presented characteristics of mixed bicarbonate. The water in the municipality was considered potable, but some areas according to the research show signs of contamination in relation to the nitrate and iron parameter, verified in wells traced in this study.

Keywords: Human consumption; Parameters; Wells.

Resumen

El agua potable para consumo humano se ha convertido en un activo escaso y valioso, que requiere una evaluación de su calidad para diferentes usos. El objetivo, por lo tanto, era verificar la calidad del agua subterránea en el municipio de Juazeiro do Norte, de pozos tubulares operados por CAGECE, en la cuenca del Río Salgado, bajo aspectos físico-químicos, en referencia a la variación espacio / tiempo. Los parámetros se estudiaron en la estación seca, en referencia a 33 pozos patrimoniales de CAGECE, totalizando 124 muestras, divididas en 4 períodos. Para el factor espacial, hay variaciones significativas en los niveles de 5%, probabilidad en los parámetros pH, alcalinidad, calcio, cloruro, hierro, sólidos disueltos totales (ETS) y conductividad eléctrica (CE). Se detectaron "niveles de 1% y 0.1%" en todos los pozos con nitrato, utilizando la prueba de Tukey. El agua subterránea presentó principalmente características de bicarbonato mixto. El agua en el municipio se consideraba potable, pero algunas áreas según la investigación muestran signos de contaminación en relación con el parámetro de nitrato y hierro, verificado en pozos trazados en este estudio.

Palabras clave: Consumo humano; Parámetros; Pozos.

1. Introdução

Modelos de desenvolvimento não sustentáveis vêm propiciando a degradação ambiental, devido a alterações consideráveis no meio natural e liquidação de diversos ecossistemas (dentre os quais se ressaltam os aquáticos), que carregam a mudanças nos padrões de disseminação de doenças e nos níveis de saúde dos inúmeros grupos populacionais (Medeiros et al., 2016). A água, durante recurso natural, necessita ser utilizada de maneira correta, para que se possa ter equilíbrio entre a disponibilidade desse recurso e a sua demanda, diminuindo com isso, as questões pelo seu uso (Capellari & Capellari, 2018).

As águas destinadas para fins de distribuição pública estão cada vez mais visadas quanto a sua qualidade e quantidade, até mesmo as subterrâneas que possuem a presença do solo como proteção está mais exposta aos poluentes ambientais originários de fontes

antropogênicas como despejos domésticos, industriais, lixiviação de chorume de aterros sanitários (Azevedo et al., 2016; Medeiros et al., 2016).

A análise temporal permite aos gestores a tomada de medidas mais rápidas e eficientes sobre o bom uso da água e tal ação implica no levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados, tendo por finalidade acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, garantindo sua manutenção futura. A análise espacial visa avaliar o comportamento de um determinado parâmetro de qualidade para pontos situados ao longo de um mesmo corpo hídrico. Conforme Santos et al. (2018) por meio da avaliação espacial é possível identificar trechos críticos, em que a qualidade da água esteja comprometida e ainda contribuir no gerenciamento dos recursos hídricos, não se restringindo apenas aos gestores envolvidos com a bacia, mas também a qualquer pessoa interessada em desenvolver ações que visem à preservação e à gestão das águas.

Diante da problemática vivenciada no Brasil e em todo mundo e tomando como base o município de Juazeiro do Norte no estado do Ceará (CE), onde o abastecimento para população ocorre através da distribuição de água do manancial subterrâneo, uma vez que a região é rica em quantidade de aquíferos e toda sua formação geológica subterrânea favorece a capacidade de armazenar água, possuindo permeabilidade suficiente para permitir que essa se movimente. Despertou-se a necessidade de avaliar a qualidade das águas subterrâneas, através do monitoramento ao longo do tempo e do espaço de poços que abastecem a população da referida cidade.

Assim, com o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade da água subterrânea da região de mananciais do município de Juazeiro do Norte (CE), sob os aspectos físico-químicos, referentes à sua variação espaço/temporal e classificando-a sob o aspecto hidrogeoquímico.

2. Metodologia

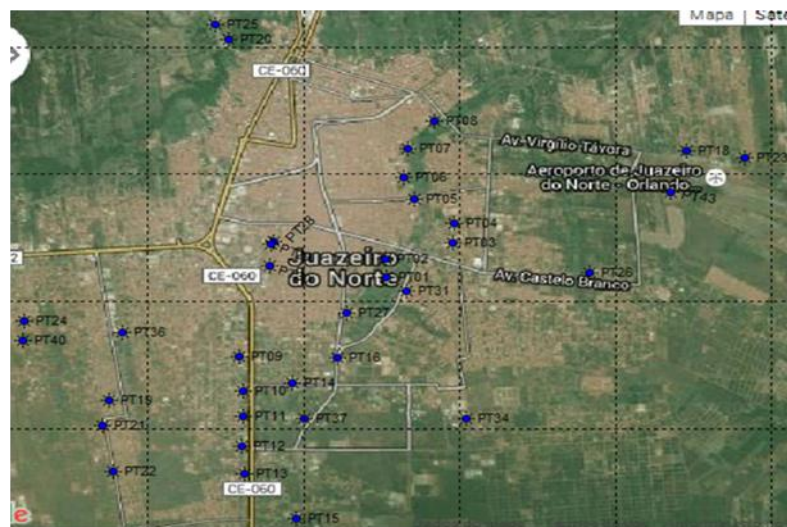
Área de estudo

A Área de estudo fica localizada na sub-bacia do Salgado que corresponde a uma área total de 13.275 Km², onde está inserido o reservatório de água subterrânea do município de Juazeiro do Norte, situado na região do Cariri, porção sudoeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Caririáçu, Missão Velha, Barbalha e Crato. Compreendendo uma área de 248,832 km² de altitude de 377,33 m, latitude 7° 12' 47' e longitude 39° 18' 55'.

Delimitação da Área de Estudo

Tendo em vista o tamanho considerável da área de estudo, para a caracterização da qualidade de água bruta do município através de análises dos parâmetros físico-químicos estudados, delimitou-se um quantitativo de 33 poços os quais são monitorados pela CAGECE. A Figura 1 mostra a localização dos poços que foram utilizados no estudo.

Figura 1. Mapa de localização dos poços analisados.



Fonte: Google Earth adaptado.

Coleta e Processamento dos dados

Neste trabalho foi empregada a abordagem qualitativa para identificar os fatores que poderiam interferir na qualidade da água dos locais examinados. Já a abordagem quantitativa foi utilizada para a análise dos parâmetros físico-químicos da água. A pesquisa quantitativa utiliza métodos estatísticos, partindo do princípio que tudo pode ser quantificado, transformando em números as informações e as opiniões para, posteriormente, classificá-las e analisá-las (Botelho & Cruz, 2013; Pereira et al., 2018).

Os dados foram coletados no ano de 2013 e 2014 nos meses de maio e novembro. No total foram utilizados dados de 124 amostras distribuídas, entre os quatro semestres: primeiro semestre de 2013 (27 amostras); segundo semestre de 2013 (31 amostras), primeiro e segundo semestre de 2014 (33 amostras), sendo os resultados organizados em tabelas referentes aos quatro períodos: maio/2013, novembro/2013, maio/2014 e novembro/2014.

A marcha analítica foi realizada conforme metodologia descrita por Chambers (2019) no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, cujos métodos utilizados para cada parâmetro encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Metodologia de análise dos parâmetros físico-químicos.

Parâmetros	Metodologia
Turbidez	Nefelometria
pH	Potenciometria
Alcalinidade	Titrimetria ácido-base
Cálcio	Titrimetria complexometria com EDTA
Magnésio	Medida indireta
Condutividade elétrica	Condutimetria
Cloreto	Titrimetria argentometria
Sulfato	Espectrofotometria
Nitrito	Espectrofotometria diazotização
Sulfato	Espectrofotometria
Nitrato	Espectrofotometria coluna redutora cd-cu
Ferro total	Espectrofotometria ortofenantrolina
Sólidos totais dissolvidos	Condutimetria
Sódio	Fotometria de chama
Potássio	Fotometria de chama

Fonte: Autores.

Análise estatística

Utilizando-se software estatístico e gerenciador de banco de dados, foram realizados testes estatísticos paramétricos e não paramétricos, a fim de verificar a similaridade entre as concentrações dos parâmetros analisados, os dados foram processados no SPSS (2001).

Após a conclusão das análises dos dados, a pesquisa teve sua caracterização voltada para classificar a qualidade das águas dos poços, de forma hidrogeoquímica, por meio dos resultados apresentados pela concentração de ânions e cátions presentes nas amostras. Utilizou-se o Software *Qualigraf* (FUNCEME, 2015) que através do diagrama de Piper classifica as águas de acordo com a quantidade dos íons apresentados.

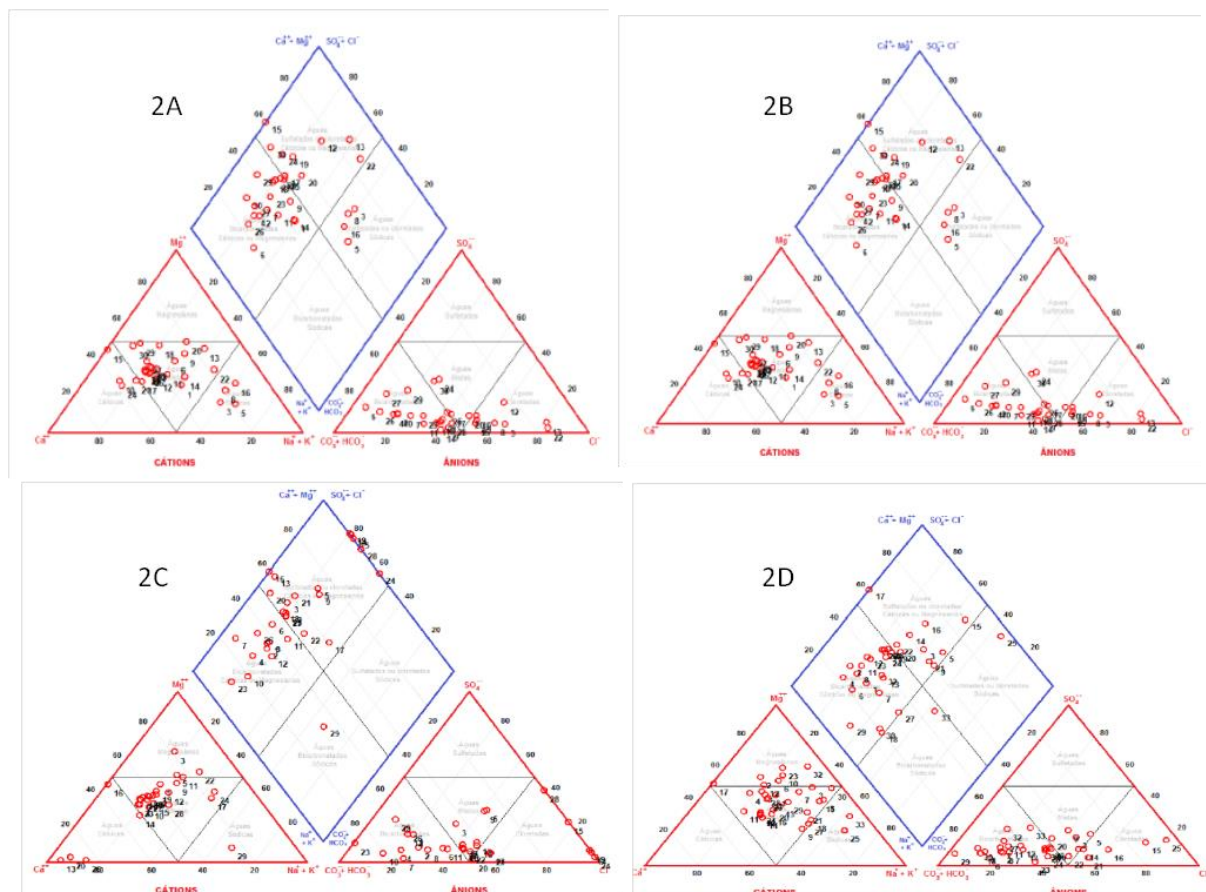
Para verificação da variabilidade temporal, os resultados dos parâmetros referentes aos

33 poços estudados, foram comparados através de análises de variância, utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 5%. Enquanto que, para a verificação da variabilidade espacial, os resultados dos quatro períodos, foram comparados segundo teste de Dunn (análise não paramétrica de variância) com 5%.

3. Resultados e Discussão

Utilizando o diagrama de Piper plotou-se a tabela para ser utilizada no software Qualigraf, que apresentou a classificação das águas de acordo com a Figura 2.

Figura 2. Diagramas de Piper para (2A) maio/2013 (2B) outubro/2013 (2C) maio/2014 (2D) outubro/2014



Fonte: Autores.

Conforme os resultados apresentados no diagrama de *Piper* (Figura 2) observa-se que alguns poços não tiveram classificação, isto porquê à ausência de determinados parâmetros essenciais para determinação da classificação das águas segundo o diagrama, não foram dispostos. Porém não inviabilizou o estudo, visto que a maioria dos poços pôde estabelecer a

classificação da qualidade das águas, de acordo com os íons presentes, e classificando-as durante os períodos.

Observa-se que as águas são de boa qualidade de acordo com poços estudados, com predomínio de águas do tipo bicarbonatada mista em todos os períodos (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação das águas Conforme Diagrama de Piper.

Classes das águas	2013				2014			
	Maio		Novembro		Maio		Novembro	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Sódicas	2	7	4	13	2	6	2	6
Cálcicas	1	4	4	13	6	19	0	0
Magnesianas	7	26	1	3	5	16	7	21
Mista (cátions)	17	63	21	70	19	59	24	73
Cloretadas	3	11	9	30	8	25	5	15
Bicarbonatadas	10	37	17	57	13	41	22	67
Sulfatadas	1	4	0	0	1	3	0	0
Mista (ânions)	13	48	4	13	10	31	6	18
Sódica cloretada	1	4	4	13	0	0	1	3
Sódica bicarbonatada	0	0	0	0	1	3	1	3
Sódica sulfatada	1	4	0	0	1	3	0	0
Sódica mista	0	0	0	0	0	0	0	0
Cálcica cloretada	0	0	1	3	2	6	0	0
Cálcica bicarbonatada	1	4	2	7	2	6	0	0
Cálcica sulfatada	0	0	0	0	0	0	0	0
Cálcica mista	0	0	1	3	2	6	0	0
Magnesiana cloretada	0	0	0	0	0	0	0	0
Magnesiana bicarbonatada	1	4	0	0	2	6	6	18
Magnesiana sulfatada	0	0	0	0	0	0	0	0
Magnesiana mista	6	22	1	3	3	9	1	3
Cloretada mista	2	7	4	15	6	19	4	12
Bicarbonatada mista	8	30	15	50	8	25	15	45
Sulfatada mista	0	0	0	0	0	0	0	0
Mistas	7	26	2	7	5	16	5	15

Fonte: Autores.

Ocorre a presença de 11 tipologias na classificação das águas desta localidade, com traços acentuados de águas cloretados. No período de maio/2013, constatou-se a presença de apenas uma amostra para cátions e ânions, (cálcica e sulfatada, respectivamente), as demais amostras classificaram-se como mistas para os dois tipos de íons. Na classificação geral de 2013, o percentual de 30% das amostras classificou-se como bicarbonatadas mistas. No segundo período do mesmo ano (novembro/2013), analisou-se os ânions, e as amostras classificaram-se como bicarbonatadas 57% e cloretadas 30%. Já de acordo com os cátions, permaneceram mistas 70%, com apenas um magnesiana.

Nos resultados do período de maio/2014, não ocorreram mudanças com relação ao ano anterior, tendo em vista que para os cátions 59% foram mistas e em relação aos ânions 41% bicarbonatadas. Para o segundo semestre (novembro/2014) do mesmo ano não houve presença de amostras sulfatadas e cálcicas; permanecendo a maioria mista para os cátions 73% e bicarbonatadas 67% para os ânions conforme período anterior. Nos dois períodos de 2014, a classificação geral da maior parte das amostras permaneceu bicarbonatadas mistas com 25 e 45%, respectivamente.

No geral, verificou-se que água do município de acordo com os dados apresentados possui um índice majoritário de água bicarbonatada mista, um fator indicativo presente em águas subterrâneas. Pereira et al., (2006) estudando a qualidade das águas superficiais na bacia da Gameleira, município de Aiuaba, Ceará; observaram que segundo o diagrama de Piper, a maioria das águas tiveram classificação do tipo bicarbonatada mista, indicando a presença de águas novas provenientes de chuvas.

Barroso et al., (2010), estudando as águas subterrâneas da região do Baixo Jaguaribe, Ceará, observaram, segundo o diagrama de Piper, que as águas tiveram classificação geral em 47,5% das mesmas e se encontram na classe de águas bicarbonatadas sódicas e 40,0% como águas cloretadas sódicas; e entretanto, o sódio prevaleceu sobre os demais cátions e os bicarbonatos sobre os demais ânions. Masquetto; Silva (2013) avaliaram a classificação de águas subterrâneas no Município de Maringá- PR com o uso do diagrama de Piper e observaram que estas águas possuem pH levemente básico, com valor médio de 7,66, com odor e sabor não objetáveis (sem exceção), pouca matéria orgânica (média de 0,499 mg/l), boa condutividade elétrica (valor médio de 296,612 $\mu\text{S}/\text{cm}$), boas concentrações de íons bicarbonato, cálcio e magnésio (116,164 mg/l CaCO_3 , 95,99 mg/l CaCO_3 e 35,215 mg/l CaCO_3 , respectivamente) e sem a presença de compostos amoniacais.

A Tabela 3 apresenta as médias dos valores físico-químicos e os resultados da análise estatística referentes às variações espacial e temporal, respectivamente, dos poços durante os quatro períodos.

Tabela 3. Média das análises físico-química de cada parâmetro nos 04 períodos para comparação estatística entre os diversos poços considerados.

Poços	Turb. (NTU)	pH	HCO ₃ ⁻ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	CE mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Fe ²⁺ T mg/L	STD mg/L
PT15a	23,6 ns	6,3 ns	54,5 ns	25,8 ns	7,4 ns	1,4***	138,7ne	0,0 ns	12,0ns	14,3 ns	0,3ns	76,3 ns
PT13b	2,3 ns	6,6 ns	85,5 ns	36,2 ns	11,0 ns	3,0***	184,5 ne	0,0 ns	12,0 ns	5,8 ns	0,3 ns	101,7 ns
PT22c	1,6 ns	6,0 ns	25,3 ns	12,3 ns	8,7 ns	0,8***	105,3* z	0,0 ns	20,4 ns	14,8 ns	0,0 ns	57,9 ns
PT12d	2,7 ns	6,6 ns	89,8 ns	38,0 ns	10,8 ns	2,5***	234,0 ne	0,0 ns	11,2 ns	7,8 ns	0,1 ns	129,0 ns
PT21e	1,6 ns	5,8* x	14,4 ns	8,0* tu	5,4 ns	1,9***	83,8* tu** z	0,0 ns	11,5 ns	13,8 ns	0,0 ns	46,1*sz
PT37f	1,7 ns	6,2 ns	60,4 ns	26,1 ns	9,5 ns	0,2***	163,4 ne	0,0 ns	12,6 ns	5,3 ns	0,0 ns	90,1 ns
PT34g	2,6 ns	6,5 ns	40,0 ns	18,4 ns	5,3 ns	1,7***	101,0* t** z	0,0 ns	7,2* rt	13,3 ns	0,1 ns	58,6*sz
PT11h	1,8 ns	6,6 ns	51,7 ns	22,9 ns	8,2 ns	2,4***	141,9 ne	0,0 ns	11,7 ns	4,5 ns	0,0 ns	78,3 ns
PT19i	1,7 ns	6,1 ns	21,4 ns	10,9 ns	5,5 ns	2,5***	366,5 ne	0,0 ns	16,2 ns	15,5 ns	0,0 ns	53,6* z
PT10j	2,0 ns	6,5 ns	66,7 ns	28,7 ns	8,3 ns	0,9***	158,3 ne	0,0 ns	16,5 ns	13,0 ns	0,0 ns	89,4 ns
PT14k	1,8 ns	6,6 ns	77,3 ns	38,7 ns	10,3 ns	1,9***	230,7 ne	0,0 ns	15,2 ns	9,0 ns	0,0 ns	127,1 ns
PT16l	22,4 ns	6,3 ns	92,4 ns	40,3 ns	8,4 ns	2,7***	3499,8 ne	0,4 ns	23,0 ns	99,0 ns	3,9* p	1924,9 ns
PT09m	1,8 ns	6,4 ns	50,0 ns	22,2 ns	7,3 ns	8,2***	140,7 ne	0,0 ns	12,7 ns	13,5 ns	0,0 ns	75,9 ns
PT40n	1,8 ns	6,3 ns	48,7 ns	22,3 ns	7,8 ns	5,7***	299,9 ne	0,0 ns	45,2 ns	23,8 ns	0,0 ns	161,0 ns
PT36o	15,5 ns	6,2 ns	13,0* vx	8,7 ns	8,9 ns	2,7***	164,9 ne	0,0 ns	41,1 ns	14,0 ns	0,1 ns	186,3 ns
PT27p	1,8 ns	6,2 ns	38,5 ns	17,7 ns	10,0 ns	12,1***	248,9 ne	0,0 ns	26,8 ns	14,3 ns	0,0*1	137,2 ns
PT31q	2,0 ns	5,9* x	42,3 ns	19,1 ns	7,4 ns	1,7***	151,7 ne	0,0 ns	17,7 ns	4,8 ns	0,0 ns	83,7 ns
PT01r	1,9 ns	6,5 ns	94,2 ns	39,5 ns	16,2 ns	4,6***	434,8 ne	0,0 ns	48,8* g	14,0 ns	0,0 ns	239,1 ns
PT26s	2,1 ns	6,2 ns	43,3 ns	19,7 ns	7,8 ns	20,0***	178,0 ne	0,1 ns	17,9 ns	5,7 ns	0,0 ns	250,1*eg
PT02t	1,8 ns	6,5 ns	70,5 ns	30,2* e	17,0 ns	2,8***	454,7* eg	0,0 ns	49,8* g	7,8 ns	0,0 ns	105,1 ns
PT03u	1,9 ns	6,7 ns	35,8 ns	16,8* e	16,4 ns	14,0***	442,1* e	0,0 ns	44,6 ns	9,0 ns	0,2 ns	243,4 ns
PT28v	1,8 ns	5,2** xz	102,3* o	42,1 ns	5,9 ns	12,1***	152,4 ne	0,0 ns	22,2 ns	10,5 ns	0,0 ns	81,8 ns
PT04w	1,8 ns	6,6 ns	93,7 ns	39,4 ns	18,5 ns	1,4***	404,3 ne	0,0 ns	39,8 ns	10,8 ns	0,0 ns	222,6 ns
PT43x	10,7 ns	7,5* eqv	113,8* o	48,2 ns	7,9 ns	13,9***	368,7 ne	0,0 ns	20,7 ns	38,8 ns	0,0 ns	199,2 ns
PT06y	1,8 ns	6,6 ns	91,8 ns	38,6 ns	16,9 ns	10,7***	457,2 ne	0,0 ns	42,3 ns	12,8 ns	0,0 ns	238,0 ns
PT20z	2,1 ns	7,1** v	152 se	70,9 ns	38,5 ns	0,2***	554,5* c** eg	0,0 ns	29,5 ns	44,5 ns	0,0 ns	305,5*egi

ns, *, **, *** indicam: não significativo, significativo a $p < 0,05$, muito significativo a $p < 0,01$ e extremamente significativo a $p < 0,001$, respectivamente, a diferença do parâmetro entre os poços pelo teste não paramétrico de Dunn. Fonte: Autores.

Os valores de turbidez e magnésio não apresentaram diferença estatística ($P>0,05$) entre os poços estudados. O valor de pH apresentou variações maiores entre os poços PT31, PT43, PT21, PT28 e PT20 ($P<0,05$). Já entre os demais períodos, não ocorrem variações significativas ($P>0,05$) entre os poços em si. Os poços PT20, PT21 e PT28 apresentam diferença significativa ($P<0,0001$) para dureza e os poços PT03, PT2, PT19 e PT20 apresentam diferença significativa ($P<0,05$) para esse mesmo parâmetro. O Nitrato foi o único em que todos os poços avaliados apresentaram diferenças significativas (5%, 1% e 0,1%). Com relação a alcalinidade observa-se que os PT36, PT28, PT43; e PT20, PT26 e PT21 apresentaram diferença significativa ($P<0,05$) (Tabela 3).

Santos et al. (2019) estudaram o sistema de água e esgoto na comunidade rural de Capela Branca em Bela Vista / MG e observaram que as análises físico-químicas quanto aos parâmetros cor, pH e turbidez, constataram que a cor e a turbidez não estão de acordo com os padrões de potabilidade. O teste microbiológico comprovou presença de coliformes totais e *Escherichia coli* na água de abastecimento. Tal fato pode estar interferindo na saúde da população local, uma vez que a água não passa por tratamentos prévios. Segundo moradores já foi confirmado um caso de esquistossomose e há presença de sintomas de outras doenças de transmissão hídrica, porém sem confirmação.

Turbidez, alcalinidade, cálcio, nitrato, nitrito, CE, cloreto, sulfato, ferro e STD não apresentaram diferença estatística ($P>0,05$) entre os anos de estudo. O valor de pH apresentou variação significativa ($P<0,05$) nos períodos novembro/2013 e novembro/2014. Já com relação aos quatro períodos avaliados, não ocorre variações significativas ($P>0,05$). Com relação ao fluoreto observa-se uma diferença significativa ($P<0,0001$) no que diz respeito ao período de novembro/2014 em relação aos outros três períodos. Observa-se que não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre os quatro períodos para dureza (Tabela 4).

Tabela 4. Média das análises dos parâmetros físico-químicos observados nos diversos poços por período.

Parâmetros	2013		2014	
	Maio	Novembro	Maio	Novembro
Turbidez (NTU)	4,01 ^{ns}	5,96 ^{ns}	1,72 ^{ns}	6,19 ^{ns}
PH	6,44 ^{ns}	6,61 ^{*d}	6,30 ^{ns}	6,19 ^{*b}
Alcalinidade (mg/L)	60,51 ^{ns}	63,16 ^{ns}	64,87 ^{ns}	70,84 ^{ns}
Cálcio (mg/L)	15,11 ^{ns}	17,92 ^{ns}	40,64 ^{ns}	16,10 ^{ns}
Magnésio (mg/L)	9,03 ^{*d}	8,88 ^{*d}	10,91 ^{ns}	14,17 ^{*ab}
Nitrato (mg/L)	7,63 ^{ns}	5,41 ^{ns}	4,81 ^{ns}	4,96 ^{ns}
Nitrito (mg/L)	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CE (mg/L)	245,53 ^{ns}	261,32 ^{ns}	729,84 ^{ns}	289,09 ^{ns}
Cloreto (mg/L)	24,72 ^{ns}	25,43 ^{ns}	24,73 ^{ns}	22,09 ^{ns}
Sulfato (mg/L)	23,44 ^{ns}	10,20 ^{ns}	22,88 ^{ns}	11,69 ^{ns}
Ferro (mg/L)	0,36 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}
STD (mg/L)	134,70 ^{ns}	143,32 ^{ns}	469,72 ^{ns}	135,51 ^{ns}

Sólido totais dissolvidos = STD; ns, *, ** indicam respectivamente: não significativo, significativo a $p < 0,05$; muito significativo a $p < 0,01$; a diferença do parâmetro entre os períodos pelo teste paramétrico de Tukey. Fonte: Autores.

Silva et al. (2018) analisaram a eficiência de filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na Zona Rural de Passabém – MG e após a água passar pelo sistema de filtração lenta o valor de sólidos totais situaram -se entre 0,003 mg/L e 0,036mg/L, alcançados, respectivamente, nas amostras coletadas nos meses de setembro e junho de 2017), indicando uma eficiência entre 75 e 95% na remoção de sólidos totais. O parâmetro pH (potencial hidrogeniônico) expressa a acidez ou basicidade de uma determinada solução. Assim, considerando o abastecimento de água, valores muito baixos de pH implicam em água corrosiva a alguns metais e, até mesmo paredes de concreto; já uma água com pH alto pode causar incrustações nas tubulações e reservatórios (Silva et al., 2018).

Avalia-se que essas interferências possivelmente possam ter ocorrido por ações antrópica, já que os poços que apresentaram maior índices de nitrato encontram-se bem próximos a uma região central e bem povoada do município, e numa região onde inexistente rede de coleta de esgoto. Sabe-se que a formação de nitrato é oriunda da decomposição de matéria orgânica (Zoppas et al., 2016).

Os valores para turbidez considerando os poços que foram estudados e os meses do ano são apresentados na Figura 3 e 4, os valores da concentração de turbidez observados nos 33 poços referente aos 4 períodos considerados no estudo.

Figura 3. Variação de turbidez em cada período, considerando todos os poços

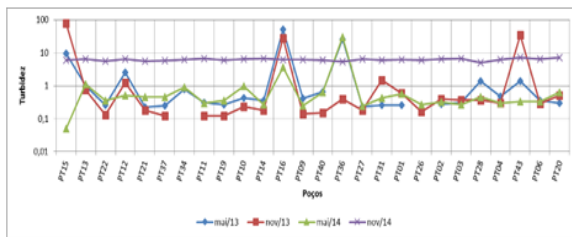
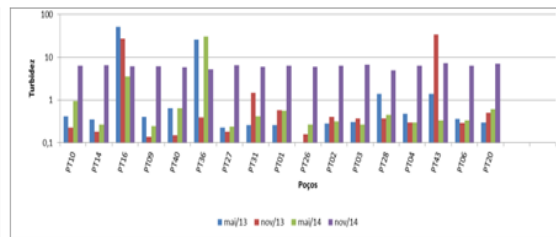


Figura 4. Variação de turbidez em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14



Fonte: Autores.

Os valores de turbidez apresentados mostram-se discrepantes nos poços PT15, PT36 e PT43. Já no poço PT16, os valores da turbidez encontram-se bem próximos entre si, porém bem mais elevados do que os demais. Observa-se ainda que os valores da turbidez sejam praticamente iguais em todos os poços, para o período novembro/14, enquanto que nos demais períodos existe variação da turbidez nos diversos poços.

A variação no valor do pH nos poços estudados e durante os períodos dos anos são mostrados nas Figuras 5 e 6, verificam-se variações pouco significativas, tanto com relação aos períodos, como em relação aos poços.

Figura 5. Variação do PH em cada período, considerando todos os poços

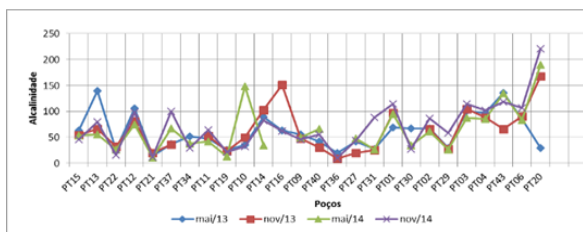
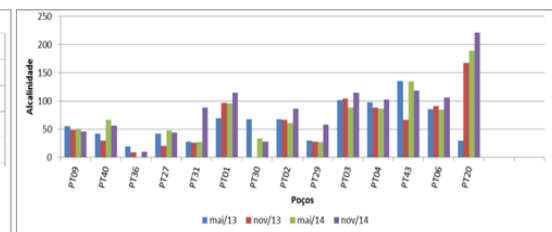


Figura 6. Variação de pH em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Os valores de pH encontram-se praticamente na mesma faixa em todos os períodos (Figura 5 e 6). Porém em todos os poços observados, o pH não ultrapassou o valor máximo permitido (VMP) de 9,5 regulamentado pela Portaria 2914/11 consolidada pela nº5 de 28/07/17 - MS de controle e qualidade da água.

A alcalinidade apresenta valores discrepantes nos poços PT16, PT20 e PT10, no PT20, por exemplo, nota-se um aumento considerável durante os quatro períodos (Figura 7 e 8).

Figura 7. Variação de alcalinidade em cada período, considerando todos os

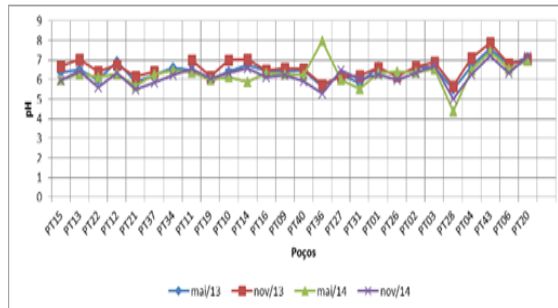
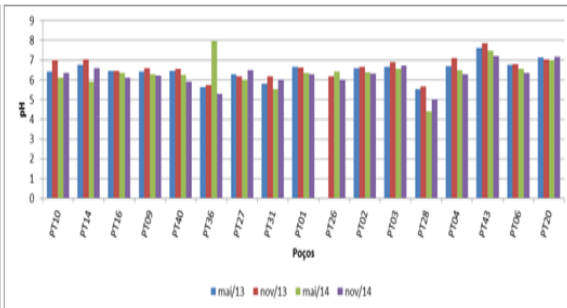


Figura 8. Variação de alcalinidade em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Os poços que variaram significativamente entre si em nível de probabilidade de 5% foram PT36, PT28, PT43; e PT20, PT26 e PT21 (Figura 7). Com relação os quatro períodos avaliados não ocorrem variações significativas ao longo destes (Figura 8).

Nas Figuras 9 e 10 esta apresentada a relação entre os valores de cálcio observados nos 33 poços referente aos 4 períodos considerados no estudo.

Figura 9. Variação de cálcio em cada período, considerando todos os poços

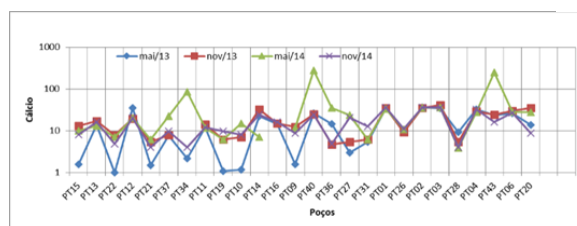
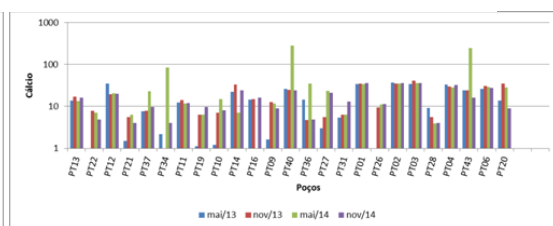


Figura 10. Variação de cálcio em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Os valores de cálcio exibidos nas Figuras 9 e 10 apresentam-se mais elevados nos poços PT40 e PT43 em novembro/2014, e mais baixos nos poços PT19 e PT10 em maio/2013. Observa-se uma diferença significativa ($P < 0,05$) no valor de cálcio entre os poços PT21, PT02 e PT03 (Tabela 3). Variações significativas temporais ao longo dos 4 períodos estudados não são observadas ($P > 0,05$) (Tabela 4).

De acordo com as Figuras 11 e 12 observa-se que o poço PT20 apresentou a concentração mais elevada de magnésio, e que aumentam conforme os dois anos do estudo. Os poços não apresentam diferença entre si ($P > 0,05$) para a concentração de magnésio (Tabela 3). Ocorre um aumento na concentração de magnésio em maio/2013 para novembro/2014 (Tabela 4).

Figura 11. Variação de magnésio em cada período, considerando todos os poços

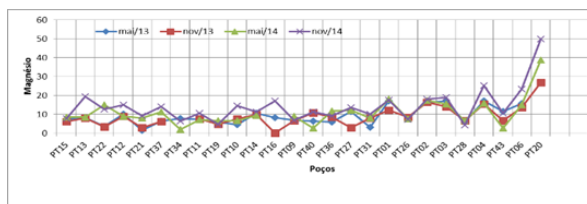
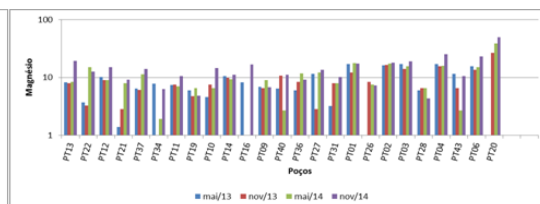


Figura 12. Variação de magnésio em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

E com relação à variabilidade entre os poços na região de estudo observa-se que não apresentam variações significativas ente entre os mesmos de acordo com a tabela 4

Os valores de Condutividade Elétrica apresentam discrepância com relação ao PT16 em maio/2014, o valor ultrapassa os limites de 10.000mg/ (Figura 13 A e B).

Figura 13 A. Variação de CE em cada período, considerando todos os poços

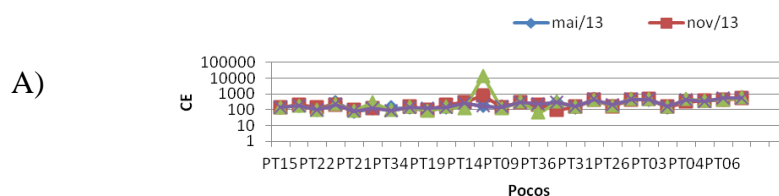
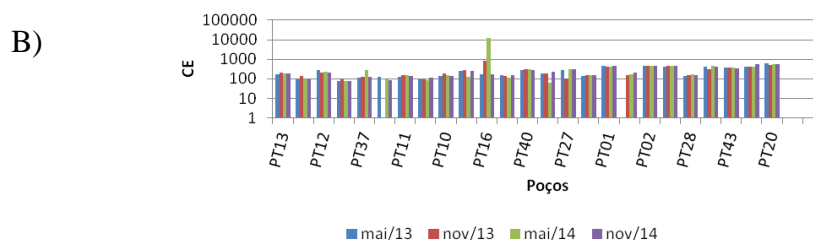


Figura 13 B. Variação de CE em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Observa-se que não ocorreu interferências significativas ao longo dos quatro períodos de estudos para este parâmetro. Porém os poços PT22, PT20, PT21, PT02, PT03 e PT34, apresentaram variações significativas aos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

Nas Figuras 14 e 15 mostram as variações do parâmetro nitrato ao longo dos quatro períodos em estudo para todos os poços avaliados, nota-se que não houve variações significativas durante os períodos.

Figura 14. Variação de nitrato em cada período, considerando todos os poços

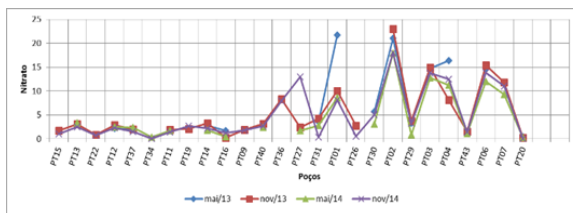
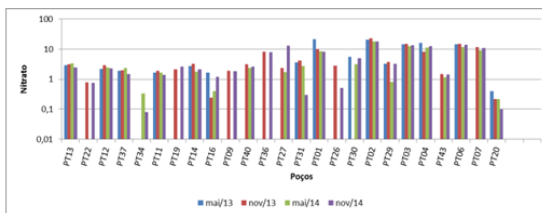


Figura 15. Variação de nitrato em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

O mesmo não ocorre quando se compara os poços entre si, tendo em vista que diferente de todos os outros parâmetros observados, o nitrato foi o único em que todos os poços avaliados apresentaram interferências significativas aos níveis de probabilidade de 5%, 1% e 0,1%. Variações extremamente significativas ocorrem com os poços em relação ao nitrato. Avalia-se que essas interferências possivelmente possam ter ocorrido por ações antrópicas, já que os poços que apresentaram maior índices de nitrato encontram-se bem próximos em uma região central e bem povoada do município, e numa região onde inexistente rede de coleta de esgoto. Como se sabe a formação de nitrato é oriunda da decomposição de matéria orgânica, no entanto provavelmente exista a possibilidade de tal contaminação seja devida estas ações.

Os valores de nitrito, apresentados através das Figuras 16 e 17, se mostram discrepantes nos poços PT16, PT26 e PT20.

Figura 16. Variação de nitrito em cada período, considerando todos os poços

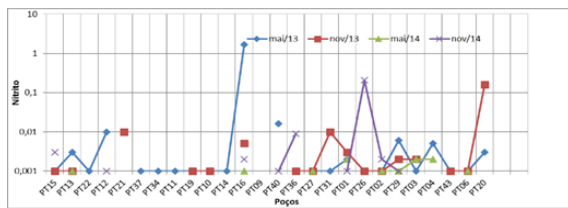
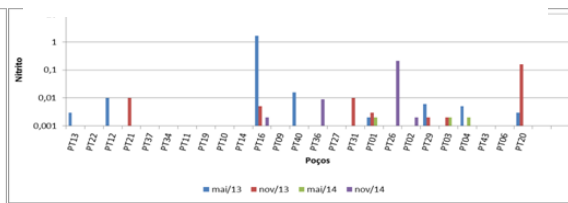


Figura 17. Variação de nitrito em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

No poço PT16 o valor de nitrito ultrapassou o limite de água para consumo humano de 1,0mg/L, no período de maio/2013. Observa-se ainda nestas figuras, que os valores de nitrito apresentaram pequenas variações entre os períodos, estando, portanto, na faixa de 0,001 a 0,1mg/L.

O poço PT36 em maio/2014 foi o que apresentou maior concentração de cloreto durante os períodos analisados, já o PT37 em novembro/2013 apresentou a menor concentração (Figura 18 e 19).

Figura 18. Variação de cloreto em cada período, considerando todos os poços

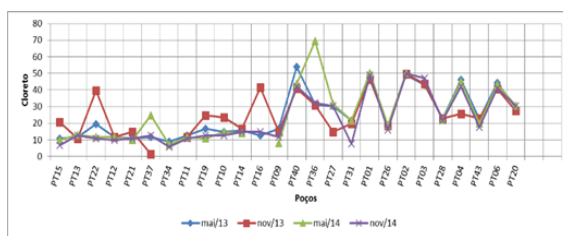
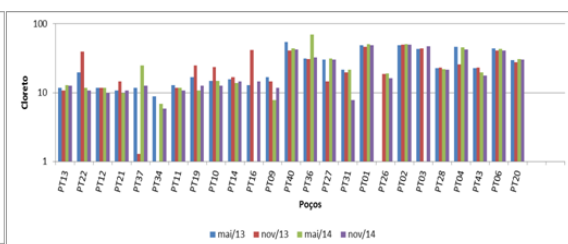


Figura 19. Variação de cloreto em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Houve uma variação significativa ($P < 0,05$) na concentração de cloreto entre os poços PT34, PT 01, PT02. Porém ao longo dos quatro períodos em estudo, não se verificam diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os valores dos poços.

O poço PT16 no período de maio/2014 apresentou concentração de sulfato acima de 300 mg/L. Porém, nos demais períodos os valores para todos os poços apresentaram variações entre 1,0 e 10,0mg/L, sem ultrapassar a 100mg/L (Figura 20 e 21).

Figura 20. Variação de sulfato em cada período, considerando todos os poços

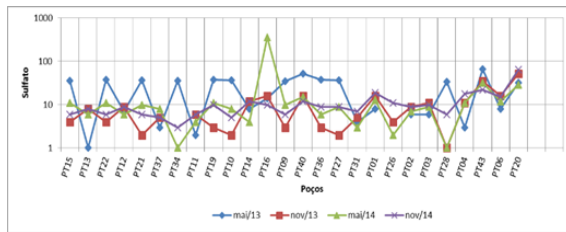
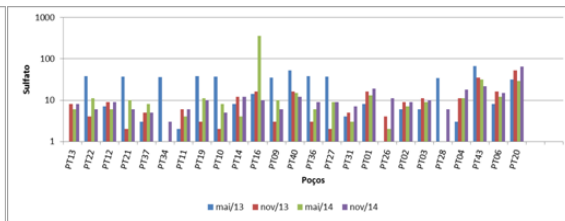


Figura 21. Variação de sulfato em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Apesar disso, seus valores não emitiram diferenças significativas para os poços monitorados durante os quatro períodos considerados (Figura 20 e 21).

Para os valores de ferro apresentados nas Figuras 22 e 23, verifica-se uma acentuada discrepância em relação ao poço PT 16.

Figura 22. Variação de ferro em cada período, considerando todos os poços

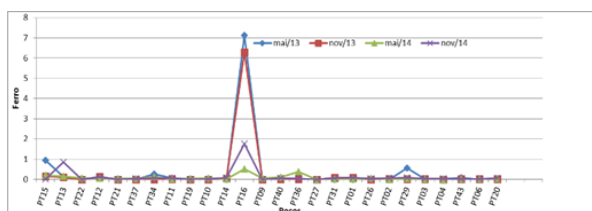
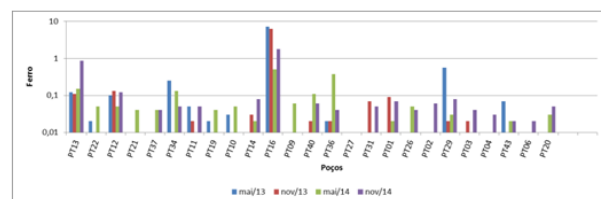


Figura 23. Variação de ferro em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Diante desta acentuada diferença, observa-se uma variação significativa ($P < 0,05$) deste em relação ao PT27. Com relação aos 4 períodos avaliados, observa-se segundo a tabela 5 que não ocorrem variações temporais para os poços monitorados neste estudo

Nas Figuras 24 e 25 que apresentam os resultados de STD observa-se uma de discrepância com o PT16 no período de maio/2014. O PT16 no período de maio/2014 apresentou a maior concentração de STD.

Figura 24. Variação de STD em cada período, considerando todos os poços

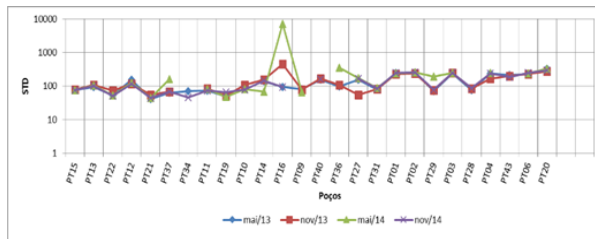
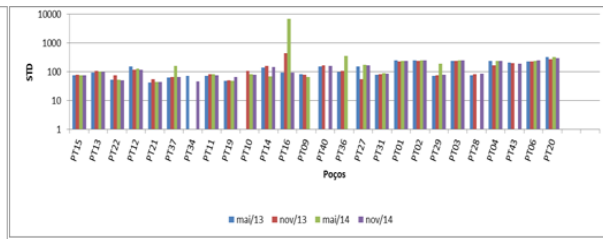


Figura 25. Variação de STD em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Fonte: Autores.

Não se observa interferências ao longo dos quatro períodos para este parâmetro. Porém, entre os poços avaliados, ocorrem variações ao nível de 5% e 1% com os poços PT19, PT20, PT21, PT26 e PT34

4. Considerações Finais

O estudo procurou mostrar a variação da qualidade da água durante quatro períodos, entre os anos de 2013 e 2014 (períodos considerados de estiagem), em determinados pontos do território municipal de Juazeiro do Norte, onde foram fornecidos dados pela CAGECE (Companhia que faz a distribuição e tratamento da água para a população local) referentes à análises físico-químicas de 19 Parâmetros, distribuídos entre 33 Poços Tubulares, somando um total de 124 amostras.

Através da classificação iônica usando o diagrama de Piper, as águas indicaram a existência de 11 tipologias, com a predominância de bicarbonatada mista para todos os períodos.

De acordo com os dados estatísticos, o pH foi o único parâmetro que apresentou variações significativas ao nível de 5% de probabilidade, tanto espacial como temporal e o Nitrato foi o único que apresentou variações com todos os poços em nível de significância entre 1% e 0,1%.

O Nitrato também em determinados poços exibiu valores altamente elevados. Observou-se através deste fato, que estes poços com índices elevados se localizavam bem próximos e numa determinada porção do município. Acredita-se, no entanto, que esta região possivelmente possa estar sendo contaminada por ações antrópicas, visto que esse íon se forma a partir da decomposição de matérias biológicas e o município não é detentor de uma

rede de coleta e saneamento de esgotos domésticos e industriais. Fato este que pode futuramente, sem a implantação desse sistema e de acordo com os dados aqui observados através do alto índice apresentado por este íon, vir a comprometer a qualidade da água potável do município.

Constatou-se ainda que o Poço Tubular 16 (PT 16) destacou-se com os piores índices de qualidade de água potável, com variabilidade e aumento das concentrações no decorrer dos períodos do estudo, principalmente em relação ao parâmetro ferro onde as concentrações foram superiores a 7,0 mg/L.

Por fim, pode-se concluir que a água do aquífero de Juazeiro do Norte - CE é de boa qualidade para consumo humano, porém algumas áreas encontram-se provavelmente contaminadas por apresentarem alto teor de nitrato, possivelmente, devido às ações antrópicas ou até mesmo a falta de saneamento básico, presença forte de ferro e manganês na região certamente também ocorra devido a instalação de grandes indústrias de galvanoplastia presentes no município.

Recomenda-se a elaboração de um plano de trabalho que contemple um planejamento pautado no desenvolvimento da atividade em bases sustentáveis, baseado no equilíbrio das características ambientais, culturais e econômicas do município, visando fomentar o desenvolvimento econômico local aliado a conservação dos recursos naturais. Nesta perspectiva, sugere-se a realização de trabalhos futuros na região envolvendo o monitoramento da qualidade das águas e programas de educação ambiental.

Referências

Agência Nacional das Águas (ANA). *Abastecimento*. (2017) Recuperado de <<https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/abastecimento>>.

Azevedo, P. S., Pereira, F. W. L., & Paiva, S. A. R. *Água, Hidratação e Saúde*. (2016) *Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*. Recuperado de <http://sban.cloudpainel.com.br/source/Agua-HidrataAAo-e-SaAde_Nestle_.pdf>

Barroso, A. A. F., Ness, R. L. L., Filho, R. R. G., Silva, F. L., Chaves, M. J. L., & Lima, C. A. (2010). Avaliação qualitativa das águas subterrâneas para irrigação na região do Baixo Jaguaribe – Ceará. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. 4, 150–155

Capellari, A., & Capellari, M. B. A água como bem jurídico, econômico e social: A necessidade de proteção das nascentes. (2018). *Cidades, Comunidades e Territórios*, 36, 1-16.

Chamber, P. (2019). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed. Tech Press.

Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH). (2019). *Comitês de Bacias Hidrográficas*. Recuperado de < <http://portal.cogerh.com.br/salgado/> >.

Daniel, M. H. B., & Cabral, A. R. A. (2011). Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM). *Caderno da Saúde Coletividade*, 19(4), 487-492

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. *Atlas Digital dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Juazeiro do Norte*. Recuperado de <http://www.cprm.gov.br/>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2015). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil*. Recuperado de <<http://www2.ibge.gov.br/pub/>>

Masquetto, G. B., & Silva, H. V. (2013). Uso do diagrama de piper para classificação de águas subterrâneas ao Município de Maringá-PR. Anais... In: VII EPCC Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá- PR

Medeiros, A. C. (2016). Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, 695-708.

Pereira, L., Santiago M. M. F., Frischkorn, H., Araújo, J. C., & Lima, J. O. G. A salinidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia da Gameleira, município de Aiuaba, Ceará. (2006). *Revista Águas Subterrâneas*, 20, 9-18.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado

de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Santos, R. C., Lima, Á. S., Cavalcanti, E. B., Melo, C. M., & Marques, M. N. (2018). Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. *Revista da Engenharia Sanitária*. 23(1).

Santos, A. R. A., Cruz, L. A., & Gontijo, H. M. (2019). Estudos dos sistemas de água e esgoto na comunidade rural de Capela Branca em Bela Vista Minas – MG. *Research, Society and Development*, 8(2), e4782740

Silva, D. E., Cordeiro, J., Calazans, G. M., Vieira, E. D., & Pereira, S. L. C. S. (2018). Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG. *Research, Society and Development*. 7(6), 01-25.

Zoppa, F. M., Bernardes, A. M., & Meneguzzi, A. (2016). Parâmetros ambientais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. *Revista da Engenharia Sanitária Ambiental*. 21(1),29-42.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Aliane Cristiane de Sousa Formiga – 60%

Caio Franklin Vieira de Figueiredo – 10%

Francisco Fabrício Damiano de Oliveira – 5%

Glauco de Meneses Sousa – 5%

Saul Ramos de Oliveira – 5%

Francisco Cristiano Candido Santana – 5%

Pierre Alexandre Travasso de Oliveira – 5%

Rodolpho Luiz Barros de Medeiros – 5%