ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA A QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE ABASTECIMENTO EM ESCOLAS DO CAMPO DE UBERLÂNDIA-MG

MULTIVARIATE ANALYSIS APPLIED AT THE SCHOOL OF THE UBERLAND-AMERICAN FIELD OF CONSUMER UNDERGROUND WATER QUALITY

MEDEIROS, Maraína S.^{1*}; GOULART, Adilson C.²; PACHECO, Ingrid S.³; AMARAL, Fábio A. do³; CANOBRE, Sheila C.³

^{1,2} Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara, Departamento de áreas acadêmicas.

³ Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química, Departamento de Química.

* Autor correspondente
e-mail: maraliss@hotmail.com

Received 24 January 2019; received in revised form 13 July 2019; accepted 19 July 2019

RESUMO

A diminuição da água disponível para consumo humano está diretamente relacionada à ação desregrada e inconsciente do próprio homem. No meio rural, essa depreciação está relacionada às condições inadequadas dos poços artesianos que captam a água (poços velhos e mal vedados) e que geralmente estão próximos de fontes de poluição, como fossas sépticas e pastagens de animais. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de amostras de água subterrâneas disponibilizadas para o consumo em três escolas do campo próximas ao município de Uberlândia-MG. Metodologicamente, os dados foram tratados estatisticamente por meio de análise descritiva e multivariada (coeficiente de correlação de Pearson). Todas as escolas são abastecidas por um poço artesiano, sendo realizado tratamento simplificado (cloração como mecanismo de tratamento químico). Em apenas uma das escolas foi identificada a presença de uma fossa séptica como sistema de coleta de esgoto. Das amostras avaliadas, todas estavam em desacordo com as normas estabelecidas pelo Anexo XX da portaria Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (Antiga Lei 2.914/2011) em pelo menos um dos parâmetros avaliados. Portanto, os resultados refletem a possibilidade de contaminação biológica da água por áreas de pastagem localizadas na região próximas aos poços, bem como a necessidade de medidas emergentes, como limpeza regular e manutenção de sistemas de armazenamento e distribuição da água consumida nas instituições.

Palavras-chave: Água de abastecimento; Poço artesiano; Condições higiênico-sanitárias; Escolas rurais.

ABSTRACT

The decrease of the water available for human consumption is directly related to the unregulated and unconscious action from the man himself. In rural areas, this depreciation is related to inappropriate conditions of artesian wells that capture the water (old wells and poorly sealed) and which are usually close to sources of pollution, such as septic tanks and animal grazing. In this context, the objective of the present work was to evaluate the physico-chemical and microbiological quality of underground water samples made available for consumption in three schools in the field next to the municipality of Uberlândia-MG. Methodologically, the data were statistically processed by means of descriptive and multivariate analysis (Pearson correlation coefficient). All schools are supplied by an artesian well, being carried out simplified treatment (chlorination mechanism of chemical treatment). In only one of the schools was identified the presence of a septic tank sewage collection system. Of samples evaluated, all were at odds with the standards laid down in annex XX of the Consolidation Ordinance No. 5 of the Ministry of health (old law 2,914/2011) in at least one of the parameters evaluated. Therefore, the results reflect the possibility of biological contamination of the water by grazing areas located in the region close to the wells, as well as the need for emerging measures, such as regular cleaning and maintenance of storage systems and distribution of the water consumed in the institutions.

Keywords: Water for consumption; Artesian well; Hygienic-sanitary conditions; Rural schools.

1. INTRODUÇÃO

A diminuição da água disponível para consumo humano está diretamente relacionada à ação desregrada e inconsciente do próprio homem, comprometendo assim a sua própria existência (Olivo; Ishik, 2014; Brasil, 2018). No meio rural, essa depreciação do recurso natural está relacionada às condições inadequadas dos poços artesianos que captam a água (poços velhos e mal vedados) e que geralmente estão próximos de fontes de poluição, como fossas sépticas e pastagens de animais (Assunção et al, 2015). Segundo o inciso I do artigo 2º da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA n. 396, água subterrânea é aquela proveniente do subsolo que ocorre naturalmente ou artificialmente (Brasil, 2008). Portanto, para que águas captadas de poços artesianos (água subterrânea) e utilizadas para consumo humano sejam consideradas de qualidade é preciso realizar o diagnóstico qualitativo mediante análises físicas, químicas e microbiológicas, visando verificar se ela está dentro dos valores de referência estabelecidos pela legislação vigente. Ou seja, os parâmetros analíticos avaliados em uma amostra de água são determinados pela sua finalidade de uso e as qualidades necessárias (Santos; Vieira, 2019). Para isso, no Brasil, existem duas legislações que vigoram sobre a potabilidade da água para consumo humano e do enquadramento das águas subterrâneas, respectivamente, Anexo XX da portaria Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017, Antiga Lei 2.914/2011 (Brasil, 2017) e Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008, do CONAMA (Brasil, 2008).

As escolas do campo da Região de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, estão inseridas em localidades que predominam atividades agrícolas como produção de cana de açúcar, gado de corte, frutas e hortaliças, leite, piscicultura e suinocultura (Lisboa et al, 2015), fatores que podem contribuir para a contaminação dos recursos hídricos e, conseqüentemente, gerar problemas à saúde humana. De uma forma geral, os quatro fatores que influenciam na disseminação de doenças são: Saneamento básico; Qualidade da água; Higiene pessoal e; Higiene doméstica (Ribeiro; Rooke, 2010).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica em amostras de água subterrâneas disponibilizadas para o consumo em três escolas do campo localizadas no

município de Uberlândia, região oeste do Estado de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Georreferenciamento dos poços artesianos das escolas do campo

Os georreferenciamentos dos pontos de coleta foram realizados de acordo com as coordenadas geográficas sendo, portanto, utilizado um aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global). Em seguida, foram demarcados os pontos nas imagens geradas pelo Google Maps. Ressalta-se que por questões éticas, a identidade das escolas não será revelada neste estudo, desta forma, as coordenadas adotadas para o mapeamento é uma aproximação dos poços artesianos que abastece as escolas estudadas, visando verificar a distribuição e localização dos três poços das Escolas A, B e C. Ademais, com o propósito de averiguar questões inerentes ao uso e ocupação do solo, foi realizado um levantamento das características ambientais nos arredores de cada localidade dos poços artesianos. As observações foram feitas in loco e os registros foram feitos por observações e anotações das informações, referentes ao tipo de agricultura e agropecuária local e possíveis fontes de poluição, como resíduos sólidos e empresas.

2.2. Períodos de amostragem da água das escolas

Foram selecionadas três escolas do campo, identificadas como Escola do Campo A, B e C, sendo que, a identidade das escolas foi ocultada, com um quantitativo de 586 alunos, e que usufruem diretamente das águas analisadas. Em cada uma das escolas do campo avaliou-se às características externas inerentes, conforme formulário de caracterização elaborado e adaptado de Casali (2008). As amostragens da água consumida pelos alunos, funcionários e professores das escolas do campo foram realizadas em duas épocas do ano características da região de Uberlândia: entre os meses de março a junho (período em que predomina o verão chuvoso) e entre os meses de setembro a dezembro (período em que predomina o inverno seco). Portanto, para essas duas coletas realizadas foram adotados quatro pontos de coleta, sendo eles: Torneira da cozinha (Ponto 1); Bebedouro dos alunos (Ponto 2); Filtro (Ponto 3) e; Caixa d'água (Ponto 4), a fim de ter melhor confiabilidade nos resultados analíticos. Esses quatro pontos de amostragem

foram escolhidos no intuito de averiguar a qualidade da água desde o seu armazenamento até a sua distribuição.

Para cada ponto monitorado, quanto aos parâmetros físico-químicos, foi adotada a amostragem composta (NBR 9898) (ABNT, 1987), a qual consiste em coletar no mesmo ponto três frascos de água, para obtenção da amostra homogênea, e, assim, realizar três repetições em laboratório quanto aos parâmetros mencionados. Após a coleta, foram tampados e acondicionados imediatamente em caixa de isopor limpa contendo gelo. As amostras foram conduzidas, num período de até doze horas, até o Laboratório de Efluentes e Armazenamento de Energia (LAETE), Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA) e Laboratório de Saneamento da Engenharia Civil, para serem realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras.

2.3. Parâmetros físico-químicos

As análises de turbidez, pelo método turbidimétrico, foram realizadas no equipamento turbidímetro da marca HACH, modelo 2100 P. Nas análises de cor aparente, pelo método fotocolorimétrico, utilizou-se um colorímetro digital de bancada da marca AquaColor Cor – PoliControl. As análises de condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos e salinidade, pelo método espectrofotométrico de absorção molecular, foram realizadas mediante o medidor multiparâmetro portátil da marca HANNA®, modelo HI 9828. Os aparelhos utilizados foram previamente calibrados de acordo com os padrões de cada equipamento.

As análises de ferro total foram realizadas por meio do método de espectrofotometria UV/VIS, fazendo a leitura dos valores de absorbância das diferentes concentrações, mantendo-se o comprimento de onda fixado em 510 nm. As análises de dureza total foram realizadas pelo método de volumetria de complexação. A padronização da solução de EDTA 0,01 mol L⁻¹ foi realizada, utilizando-se uma solução de carbonato de cálcio de 0,01 mol L⁻¹ por titulação volumétrica. A determinação da dureza da água foi feita por titulação com EDTA após a amostra ter sido tamponada em pH 10. O indicador utilizado para magnésio foi o Erio T, sendo adequado para essa titulação.

As análises de carbono orgânico total (COT) foram realizadas mediante dois processos: oxidação catalítica do carbono total a 680 °C e deslocamento do equilíbrio do carbono

inorgânico total após adição de Ácido fosfórico à amostra. Portanto, o COT foi calculado pela diferença do CT (Carbono Total) e CIT (Carbono Inorgânico Total). Assim sendo, a mineralização do carbono orgânico total das amostras de água foi medida empregando-se um analisador de carbono TOC-VCPH/CPN da SHIMADZU, equipado com um Auto sampler Injector modelo ASI-V.

As análises de cloro residual livre foram realizadas com base no método colorimétrico visual, utilizando equipamento da marca GENCO®.

Os procedimentos analíticos dos parâmetros físico-químicos foram realizados conforme procedimento “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (Lenore et al, 2005).

2.4. Parâmetro microbiológico

As análises microbiológicas consistiram na determinação do número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes (*E. coli*) em águas de consumo das escolas selecionadas. Para tal, utilizou-se o método do substrato cromogênico (meio de cultura caldo lauril sulfato MUG) a $\pm 44,5$ °C por 24 h (temperatura apropriada para ocorrência da fermentação da lactose) (Fernandes; Gois, 2015). As coletas e análises laboratoriais das amostras para avaliação de coliformes termotolerantes foram realizadas conforme procedimento “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (Lenore et al, 2005).

2.5. Tratamento estatístico dos dados

Para o tratamento estatístico dos resultados obtidos neste estudo, foram adotadas duas formas para interpretação dos dados: Para as análises microbiológicas, os resultados positivos de cada série de diluição foram comparados à tabela do número mais provável (NMP) de coliformes em 100 mL (Lenore et al, 2005). Já os resultados dos parâmetros físico-químicos, foram adotados recursos básicos de estatística descritiva e métodos multivariados (correlação de Pearson), utilizando-se os softwares Action e IBM SPSS Statistic 20, respectivamente. O nível de significância obtido para a análise estatística dos dados foi de $p < 0,05$ (isto é, trata-se da probabilidade de que a estatística do teste tenha valor extremo em relação ao valor observado, sob a hipótese nula). Então, comparou-se os resultados de caracterização das escolas monitoradas com os

dados analíticos encontrados a fim de verificar se existia correlação.

Segundo Pinto et al. (2018), o uso de métodos estatísticos multivariados aplicados na determinação da qualidade da água tem se mostrado eficientes, pois permitem uma melhor avaliação e interpretação do conjunto de dados. Um dos objetivos desse método quando aplicado ao monitoramento da qualidade da água é, por exemplo, identificar e analisar as relações entre a química da água, uso e ocupação do solo e geologia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

2.1. Estudo da região de localização dos poços artesianos

Na Figura 1, verifica-se o estado de Minas Gerais e encontra-se ampliado o mapa com o município de Uberlândia. Na imagem observa-se em destaque cada poço artesiano onde as amostras de água foram coletadas.

O poço artesiano A, está localizado em uma região de predominância Rural, sendo que, ao redor do mesmo, estão situadas: grandes fazendas; uma propriedade rural em que se pratica a criação de aves para fins comerciais (granja); e lotes com plantio de cana-de-açúcar. O poço artesiano C, encontra-se oposto ao primeiro, porém também apresenta-se em uma região rural da cidade, estando próximo de: uma usina de compostagem, reflorestamento de eucaliptos e plantação de banana e milho. Já o poço artesiano B, situa-se em uma área próxima da região urbana, em relação aos outros dois poços, cercado de uma indústria de fertilizantes, reflorestamento de eucalipto e plantio de café. Ademais, próximo da região de todos os poços avaliados foram encontrados volumes de resíduos sólidos, tais como: de construção civil e lixo domésticos. Tais relatos foram também confirmados no estudo de Pavanin e Chuerubim (2016), os quais relataram a existência de muitas fazendas de grande porte destinadas à agricultura e pastagem e uma de menor porte destinada a criação de frangos na região rural de Uberlândia. Ademais, eles ainda afirmam que algumas pequenas propriedades rurais locais praticam o cultivo familiar de hortaliças e rebanho leiteiro para consumo interno.

2.2. Parâmetros físicos da água

As Figuras 2 e 3 mostram os valores médios de **turbidez** obtidos nas amostras de

água de cada escola nos períodos de seca e chuva do ano de 2016. Os Pontos 1, 2, 3 e 4 correspondem à torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d'água, respectivamente.

Figura 2. Valores médios de turbidez da água de consumo (período de seca) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Figura 3. Valores médios de turbidez da água de consumo (período de chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Os valores médios de turbidez obtidos nas amostras de água das escolas variaram entre 0,60 a 50,01 uT. Portanto, em alguns pontos de amostragem (caixa d'água e bebedouro principal da Escola do Campo A) a turbidez estava acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação vigente (Brasil, 2017). A turbidez elevada em poços artesianos pode estar

associada ao escoamento superficial de sólidos em suspensão, más condições do revestimento interno da parede do poço, ou ausência de limpeza e manutenção periódica (Casali, 2008).

Como é possível observar na Figuras 3, a turbidez no período de seca na Escola do Campo A foi alta nos pontos 2 e 4 (bebedouro dos alunos e caixa d'água, respectivamente), sendo que no bebedouro dos alunos a turbidez foi mais alta. Essa situação possivelmente está associada à sedimentação de partículas que estavam presentes na água da caixa d'água em função da tubulação do bebedouro, uma vez que o aumento da turbidez provoca o acúmulo de flocos pesados que, por sua vez, decantam rapidamente na tubulação, em função do movimento de escoamento da água ao longo da tubulação. Além disso, os valores baixos de turbidez no Ponto 3 (filtro) das escolas A e B são explicados por apresentarem o mecanismo de filtragem da água que, por sua vez, reduz os sólidos em suspensão presentes. Já a água da Escola do Campo C apresentou valor elevado de turbidez no filtro do que na caixa d'água, devido ao refil do filtro estava em más condições de uso (número elevado de sólidos em suspensão retidos na parede do refil), o que compromete o processo de filtração da água. Observou-se também mudanças significativas na turbidez da água em função da sazonalidade (turbidez alta no período seco e turbidez baixa no período chuvoso).

Os valores médios de **cor aparente** ficaram entre 81,33 a 102,67 uC em todas as três escolas do campo no período de seca, estando acima do valor máximo permitido pela legislação (15 uC), enquanto que no período de chuva houve um decréscimo significativo nos valores de cor aparente das três escolas. Valores elevados de cor aparente remetem a presença de substâncias dissolvidas e também envolve a matéria orgânica suspensa de origem vegetal e animal (Libânio, 2010).

No entanto, no período de chuva, os valores médios de cor aparente se mantiveram dentro do padrão preconizado pela legislação (entre 1,40 a 11,80 uC) em todas as escolas. Os Pontos 3 (filtro dos professores) e 4 (caixa d'água) da Escola do Campo B apresentaram valores de cor aparente maiores se comparado com as das outras escolas. Ademais, o filtro dessa mesma escola apresentou cor aparente maior do que a da caixa d'água, fator relacionado a falta de manutenção do filtro. Em contrapartida, os baixos valores de cor aparente nos Pontos 1 (torneira da cozinha) e 2 (bebedouro dos alunos)

da mesma escola podem ser explicados possivelmente pela decantação de substâncias dissolvidas nas tubulações.

Com relação a variável física **condutividade elétrica (CE)**, esta apresentou valores médios que variaram entre 133,67 a 341,33 $\mu\text{S cm}^{-1}$, nas escolas do campo A e C. Em contrapartida, na Escola do Campo B, os valores médios de condutividade variaram entre 40,70 e 57 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Ademais, os valores de pH e CE não sofreram alterações em função da sazonalidade como foi possível observar nas três escolas avaliadas (Figuras 4 e 5).

Figura 4. Valores médios de CE da água de consumo (período de seca) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Figura 5. Valores médios de CE da água de consumo (período de chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Na Escola do Campo C foram encontrados valores relativamente altos de dureza total, o que explica a elevada

condutividade elétrica da água dessa escola. Dentre as três escolas avaliadas, a Escola do Campo C apresentou valores de CE altos e semelhantes nos dois períodos avaliados, se comparado às Escolas do Campo A e B (Tabela 1). Provavelmente estes altos valores podem estar associados às características físicas da caixa d'água do poço artesiano, uma vez que apresenta alguns pontos de corrosão na sua estrutura metálica. Verificou-se, também, uma estreita relação entre o pH da água de consumo das escolas com a condutividade elétrica, uma vez que os valores de pH identificados abaixo de 7,0 apresentaram valores de CE abaixo de $138,00 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Em contrapartida, os valores de pH das águas acima de 9,0 apresentaram também valores de CE acima de $300,00 \mu\text{S cm}^{-1}$. Estes valores elevados de condutividade e pH da Escola do Campo C possivelmente está relacionado a um maior teor de sais dissolvidos na água, assim como do sistema de captação e armazenamento adotado. Já a Escola do Campo B apresentou os valores mais baixos de CE em relação às escolas A e C, possivelmente pelo pH neutro e temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) que impossibilita o processo de corrosão do material constituinte do reservatório, além do baixo teor de dureza total encontrado na água.

Escolas do Campo B e C foram observadas variâncias apenas no parâmetro "cor aparente" para todos os pontos de amostragem (torneira da cozinha, bebedouro dos alunos, filtro dos professores e caixa d'água). Conforme relatado acima, é possível inferir que a sazonalidade (mudança de estação) favoreceu a mudança significativa dos parâmetros de cor aparente e turbidez nas águas de consumo das escolas.

2.2. Parâmetros químicos

Os valores médios de pH das amostras de água das escolas do campo variaram entre 6,0 a 9,72, nos períodos de seca e chuva, sendo os valores de pH acima do limite permitido na Escola do Campo C. Segundo o anexo XX da consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), o valor do pH da água de consumo humano deve estar entre 6,0 a 9,5.

Quanto aos **sólidos totais dissolvidos**, as águas das três escolas apresentaram valores de STD que variam entre 20,33 a $169,33 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos de seca e chuva, o que demonstra que todas as amostras estão dentro do padrão

estabelecido pela legislação de até 1000 mg L^{-1} de STD (Figura 6). Os valores mais altos de sólidos totais dissolvidos foram identificados nas amostras de água da Escola do Campo C, enquanto que os menores valores foram encontrados na Escola do Campo B (Figura 7). Os altos valores de STD na água da Escola do Campo C estão correlacionados à alta condutividade elétrica, turbidez e dureza dessa água.

Figura 6. Valores médios de STD da água de consumo (período de seca) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Figura 7. Valores médios de STD da água de consumo (período de chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Nas amostras de água coletadas nas três escolas do campo de Uberlândia-MG, os valores médios de **salinidade** se mantiveram entre 0,02 e 0,16%. De acordo com a Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), quanto às águas doces utilizados para consumo humano, o valor máximo permitido para esse parâmetro é de 5% (ou 500 mg L^{-1}). Portanto, as águas de consumo

ofertadas pelas três escolas do campo estão em conformidade com o padrão da legislação. A água da Escola do Campo C tem salinidade maior do que das outras duas escolas possivelmente pela presença de alguns íons como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonato, potássio, cloreto e sulfato (Abdalla *et al*, 2010).

Quanto ao parâmetro químico **dureza total**, as águas das escolas do campo apresentaram valores médios que variaram entre 6,21 e 360,32 mg L⁻¹, nos dois períodos avaliados (seca e chuva). Embora a água de consumo da Escola do Campo A, tenha apresentado valores extremos de dureza, ainda assim está adequado ao padrão de potabilidade estabelecido pelo anexo XX, Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) de até 500 mg L⁻¹ de dureza em águas de consumo humano. A água de consumo da Escola do Campo A apresentou maiores valores de dureza total e menores valores de CE e salinidade do que as outras duas escolas. Ademais, a dureza total das três escolas não sofreu alterações em função da sazonalidade.

A presença de **ferro total** em águas de abastecimento ocorre em função do processo de dissolução desse elemento em tubulações utilizadas na rede de distribuição. Já em águas subterrâneas, captadas por poços artesianos, a presença de ferro ocorre em função das características químicas do próprio solo. Na região de Uberlândia-MG, por exemplo, existe uma maior frequência de solos do tipo latossolo vermelho amarelo em função do intemperismo sofrido pelas formações rochosas amareladas e avermelhadas dessa região (mudança do estado de oxidação do Ferro de 2⁺ para 3⁺) (Freitas *et al*, 2002).

Nas amostras de água das três escolas do campo, os valores médios de ferro total ficaram entre 0,04 e 0,69 mg L⁻¹. Segundo o anexo XX da consolidação nº 5 de 2017 (Brasil, 2017), o valor máximo permitido é de 0,30 mg L⁻¹, o que mostra que o ponto de coleta da caixa d'água da Escola do Campo A está acima do padrão permitido (esta caixa d'água é metálica e apresenta pontos de corrosão, se comparado as outras duas escolas). Ademais, essa quantidade de ferro liberada pode estar associada às condições favoráveis da água (pH ácido e/ou meio redutor) (Picanço *et al*, 2002). Ademais, Os Pontos 1 (torneira da cozinha) e 2 (bebedouro dos alunos) da mesma escola estão baixos em relação a caixa d'água possivelmente pela precipitação (decantação) do ferro.

Diversos estudos mostram que o **Carbono Orgânico Total (COT)** presente em água de consumo está diretamente relacionado à presença de matéria orgânica (Libânio, 2010). Assim sendo, uma das maiores preocupações quanto à etapa de cloração da água é a formação de subprodutos tóxicos (substâncias orgânicas halogenadas), devido à presença de matéria orgânica na água. As Figura 8 e 9 apresentam o teor de COT nas amostras de água subterrâneas coletadas nas três escolas do campo avaliadas.

Figura 8. Valores médios de COT da água de consumo (período de seca) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Figura 9. Valores médios de COT da água de consumo (período de chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

Nas águas das escolas do campo monitoradas neste trabalho foram identificados valores de COT que variavam entre 0,522 e 5,276 ppm. Na Portaria consolidação nº 5, anexo

XX, do Ministério da Saúde não há menção ao valor máximo permitido para esse parâmetro químico da água, entretanto, a literatura atribui para águas subterrâneas um índice de COT que varia entre 0,1 e 2,0 mg L⁻¹ (Lima, 2014). As escolas do campo A e C tiveram valores de COT acima do intervalo encontrado na literatura, coincidentemente são as mesmas escolas em que não foi possível identificar a localização das fossas sépticas. Provavelmente, as fossas sépticas dessas escolas podem estar próximas ao poço artesiano e contribuindo para elevação da carga orgânica da água de consumo proveniente dos efluentes gerados pela comunidade escolar.

Quanto aos valores médios de cloro residual nas águas das escolas do campo, estes se mantiveram entre 0,0 e 2,00 mg L⁻¹, conforme estabelece o padrão exigido pela legislação (até 2,00 mg L⁻¹) (Figura 10).

Conforme relatado no parágrafo anterior, o excesso de cloro residual em água de consumo aliada à alta concentração de matéria orgânica leva à formação de subprodutos como os trihalometanos que são prejudiciais à saúde dos seres humanos (Libânio, 2010). É possível observar nos pontos da rede de distribuição das escolas (bebedouro e torneira da cozinha) uma redução do teor de cloro na água.

Figura 10. Valores médios de cloro residual da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

A Tabela 1 (Anexo) apresenta a estatística descritiva (média e desvio-padrão) dos parâmetros químicos avaliados nas amostras de água de consumo das escolas do campo monitoradas. A análise descritiva das variáveis físicas permitiu identificar diferenças significativas entre os pontos de amostragem de

cada escola nos dois períodos de coleta adotados (estações chuvosa e seca).

Com base na estatística descritiva das variáveis químicas foi possível verificar diferenças significativas nos desvios-padrão e variâncias (medidas de dispersão dos resultados com relação à média) dos seguintes parâmetros: STD (Escola do Campo C para os pontos – torneira da cozinha, bebedouro e filtro) e; Dureza total (escolas A, B e C em todos os pontos, torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d'água). Tais variações podem estar associadas à sazonalidade, e condições físicas dos reservatórios. No entanto, as medidas que apresentaram confiabilidade foram os parâmetros salinidade (todas as escolas para todos os pontos – torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d'água) e ferro total (todas as escolas para todos os pontos – torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d'água), com desvios-padrão e variâncias próximas à zero.

2.3. Qualidade microbiológica

Para melhor confiabilidade dos resultados quanto à determinação do coliforme *E. coli* nas águas utilizadas para consumo das três escolas do campo, foram realizadas três análises em períodos distintos do ano de 2016. A presença de *E. coli* foi detectada nas águas das escolas do campo A (torneira da cozinha, bebedouro principal, bebedouro-filtro dos alunos e caixa d'água) e C (torneira da cozinha, bebedouro dos alunos e bebedouro-filtro dos professores) (Tabela 2), em pelo menos uma das três coletas realizadas. Ambas as contaminações ocorreram em períodos de chuva e temperaturas elevadas do presente ano, o que favorece a proliferação de patógenos (Cohn; Berger, 1999; Paludo, 2010). Tais contaminações revelam que 361 alunos matriculados nessas escolas, sem contar funcionários e professores, estão consumindo água fora dos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2017). Conforme versa esta portaria, em águas utilizadas para consumo, o patógeno *E. coli* deve estar ausente em todas as amostras de água analisadas, uma vez que o coliforme citado é um indicador de contaminação fecal e que gera prejuízos à saúde das pessoas. Já a Escola do Campo B não apresentou contaminação por *E. coli* em nenhuma das coletas realizadas.

Associa-se positivamente a contaminação microbiológica da água das duas escolas com a falta de manutenção e limpeza periódica dos

sistemas de captação e armazenamento da água, uma vez que funcionários relataram que há muitos anos não são realizados tais cuidados higiênicos e sanitários com a água captada, armazenada e distribuída nas escolas. Portanto, os resultados positivos de *E. coli* nas águas das duas escolas alertam para o potencial risco desses adultos e crianças que frequentam essas unidades de contrair doenças de veiculação hídrica, uma vez que usufruem dessas fontes em boa parte do dia. Como consequência, a frequência e a qualidade da aprendizagem dos alunos podem ficar comprometidas ao se adquirir doenças pela ingestão de água contaminada. Assim, ressalta-se a importância da comunidade escolar realizar limpezas periódicas do sistema de armazenamento de água, assim como a manutenção da canalização responsável pela captação e distribuição d'água para o consumo diário da comunidade local. Ribeiro et al (2018), em seus estudos, verificaram que para a melhora da qualidade da água ofertada em escolas da zona rural da Amazônia central, assim como a diminuição da vulnerabilidade da saúde das crianças está na aplicação de treinamentos, palestras educativas, instalação de equipamentos, materiais e suprimentos.

Em se tratando de sistemas alternativos de abastecimento de água na zona rural, Silva et al. (2018) apontam que ações vinculadas ao saneamento proporcionam ganhos na saúde pública preventiva, como, por exemplo, limpeza/desinfecção dos reservatórios dos poços e capacitação dos profissionais da educação destas localidades.

2.4. Análise multivariada das variáveis físicas, químicas e microbiológica

Avaliando os resultados analíticos obtidos nas amostras de água das três escolas do campo, por meio das correlações de Pearson (Tabela 3), podem ser observadas fortes correlações positivas entre as seguintes variáveis físico-químicas: CE x Temperatura; CE x STD; Temperatura x STD; Temperatura x Salinidade; Temperatura x COT; pH x CE; pH x COT; pH x salinidade; STD x salinidade; STD x COT; Salinidade x CE; Salinidade x COT; COT x CE. Nenhuma das variáveis correlacionadas tem relação direta com as análises microbiológicas, uma vez que a presença de *E. coli* em água é determinada pela alta turbidez e baixo teor de cloro residual livre. Possivelmente os resultados positivos de *E. coli* encontrados em algumas amostras de água podem estar associados erros de procedimento de coleta.

As correlações encontradas entre as variáveis estão diretamente associadas a fatores como a falta de manutenção da estrutura do poço, escoamento superficial, resíduos sólidos descartados inadequadamente, presença de fossas sépticas, e falta de condições higiênico-sanitárias no sistema de captação da água (Capp et al, 2012). Além das correlações positivas, também foi observada uma correlação negativa forte entre pH x Dureza total. Foi constatada também por meio da matriz de correlação de Pearson que as variáveis “turbidez” x “*E. coli*” e “dureza” x “*E. coli*” apresentaram relação não significativa (correlação muito fraca).’

4. CONCLUSÕES:

Com os resultados obtidos, tanto qualitativos quanto quantitativos, foi possível observar que o tratamento da água subterrânea, obtida por meio de poços artesianos e consumida nas três escolas campo está em desacordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Todas as amostras de água analisadas apresentaram pelo menos uma desconformidade com relação aos padrões químicos, físicos e/ou biológico estabelecidos pela portaria Consolidação nº 05 (Anexo XX) do Ministério da Saúde de 28/09/2017.

Para a Escolas do Campo A e C constatou-se a presença de altos teores dos parâmetros turbidez, cor aparente, CE, pH, dureza, ferro, carbono orgânico total e *E. coli*, já para a água da Escola do Campo B observou-se um alto teor de cor aparente. Ademais, por meio do diagnóstico do quadro higiênico-sanitário dos sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água das escolas, foi possível relacionar que o problema de contaminação é consequência da falta de manutenção periódica do sistema de armazenamento de água. Portanto, existe a necessidade de um trabalho de sensibilização de alunos, funcionários e professores que frequentam essas unidades de ensino em localidades rurais. Medidas emergentes devem ser tomadas pelas comunidades escolares, como a correta alocação da fossa séptica, manutenção e limpeza dos reservatórios de água periodicamente.

5. AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem aos órgãos de fomento FAPEMIG (processos número: APQ- 02249-14 e APQ- 03219-14), CNPq e Rede

Mineira pelos auxílios financeiros e bolsas concedidas.

6. REFERÊNCIAS

1. Abdalla, K.V.P.; Cavalcante, P.R.S.; Costa Neto, J.P.; Barbieri, R.; Mesquita Neto, M. C.; *XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, São Luís, Brasil, **2010**.
2. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas; NBR 9898: *preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*, Rio de Janeiro, jun. **1987**.
3. Assunção, A. W. de A.; Satake, F. M.; Lopes, L. G.; Amaral, L. A.; *Revista Biociências* **2015**, 21, 01.
4. BRASIL. Portaria Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 b. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade (Origem: Portaria MS/GM 2914/2011). Diário Oficial da União, Brasília, 2017.
5. _____; Ministério da Saúde: Brasília, Brasil **2018**.
6. Capp, N.; Ayach, L. R.; Santos, T. M. B. dos; Guimarães, S. T. de L. *Geografia Ensino e Pesquisa* **2012**, 16, 77.
7. Casali, C. A. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, **2008**.
8. Cohn, P. D.; Cox, M.; Berger, P. S.; *Water quality and Treatment* **1999**, 5.
9. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Resolução nº 396, Brasil, 2008.
10. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Resolução do nº 357, Brasil, **2005**.
11. Fernandes, L. L.; Gois, R. V.; *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente* **2015**, 06, 49.
12. Freitas, V.P.S.; Brígido, B. M.; Badolato, M. I. C.; Alaburda, J.; *Rev. Inst. Adolfo Lutz* **2002**, 61,51.
13. Lenore, S.; Clesceri, A.; Greenberg, E.; Andrew, D. E.; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th ed., American Public Health Association: Washington D.C, **2005**.
14. Libânio, M. Campinas: Átomo, **2010**. 494 p.
15. Lima, G. M.; *Tese de Mestrado*, Universidade de Ribeirão Preto, Brasil, **2014**.
16. Lisboa, F. C.; Medeiros, M. H.; Peixoto, J. L. M.; Gouveia, L. C.; Nascimento, W. R. do; *Revista Verde* **2015**, 10, 132.
17. Olivo, A. de M.; Ishik, H. M.; *Colloquium Humanarum* **2014**,11, 41.
18. Paludo, D. *Trabalho de Conclusão de Curso*, Centro Universitário Univates, Brasil, **2010**.
19. Pavanin, E. V.; Chuerubim, M. L. *Revista de Engenharia Civil IMED*, **2016**, 3, 2.
20. Picanço, F. E. L.; Lopes, E. C. S.; Souza, E. L.; *XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Florianópolis, Brasil, **2002**.
21. Pinto, C. C.; Almeida, K. de B.; Oliveira, S. C. *Periódico Tchê Química*, **2018**, 15, 30.
22. Ribeiro, J. W.; Rooke, J. M. S.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil, **2010**.
23. Ribeiro, M. R.; Abreu, L. C. de; Laporta, G. Z. *PeerJ*, **2018**. DOI 10.7717/peerj.4993
24. Santos, J. R. dos; Vieira, M. N. *Periódico Tchê Química*, **2019**, 16, 31.
25. Silva, B. H. de L.; Melo, M. A. B. de. *Quim. Nova*, **2015**, 38, 3.
26. Silva, D. R. R. da; Maciel, M. O. dos S.; Marta, B. B. F.; Bronharo, T. M.; Michelin, A. de F. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, **2018**.

Figura 1 - Localização dos poços artesianos de captação da água para abastecimento nas escolas analisadas e descrição do uso e ocupação dos solos próximos a cada poço.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis físicas das águas de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas.

Parâmetro Físico / VMP	ESCOLA DO CAMPO A				ESCOLA DO CAMPO B				ESCOLA DO CAMPO C			
	1ª	2ª	Média*	DP**	1ª	2ª	Média*	DP**	1ª	2ª	Média*	DP**
Turbidez / (5,0 uT)	Torneira da cozinha				Torneira da cozinha				Torneira da cozinha			
	1,90	1,20	1,55	0,49	0,54	0,66	0,60	0,08	1,13	0,20	0,66	0,66
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	98,83	1,19	50,01	69,04	0,90	1,10	1,00	0,14	3,70	0,24	1,97	2,45
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
Cor aparente / (15,0 uC)	0,43	1,27	0,85	0,59	0,47	1,50	0,98	0,73	2,00	0,24	1,12	1,24
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	15,50	1,20	8,35	10,11	1,23	0,95	1,09	0,20	1,27	0,21	0,74	0,75
	Torneira da cozinha				Torneira da cozinha				Torneira da cozinha			
	98,83	5,17	52,00	66,23	80,10	2,33	41,21	55,00	91,83	1,40	46,61	63,94
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	102,67	4,47	53,57	69,44	85,43	2,30	43,87	58,78	100,60	1,90	51,25	69,79
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	101,67	3,37	52,52	69,51	93,70	11,80	52,75	57,91	94,63	1,90	48,26	65,57
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	81,33	4,00	42,66	54,68	83,47	5,57	44,52	55,08	95,13	2,10	48,61	65,78
	Torneira da cozinha				Torneira da cozinha				Torneira da cozinha			
	134,33	139,33	136,83	3,53	57,00	44,67	50,83	8,72	338,00	313,70	325,85	17,18
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	135,33	136,00	135,66	0,47	56,67	44,33	50,50	8,72	339,00	315,00	327,00	16,97
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	135,33	138,33	136,83	2,12	56,00	45,33	50,66	7,54	341,33	314,00	327,66	19,32
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	135,67	133,67	134,67	1,41	40,70	43,00	41,85	1,63	325,00	318,00	321,50	4,95
Temperatura (°C)	Torneira da cozinha				Torneira da cozinha				Torneira da cozinha			
	24,23	16,93	20,58	5,16	22,84	13,85	18,34	6,36	22,95	21,01	21,98	1,37
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	23,67	17,13	20,40	4,62	22,97	13,03	18,00	7,03	20,04	19,99	20,01	0,03
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	22,63	17,08	19,85	3,92	22,83	14,31	18,57	6,02	22,76	19,03	20,89	2,64
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	25,06	18,65	21,85	4,53	23,16	16,64	19,90	4,61	23,54	22,69	23,11	0,60

Destaque em negrito: valores acima do permitido pela legislação. ***Média:** média das duas coletas.

****DP:** desvio-padrão.

Tabela 2. Estatística descritiva dos parâmetros químicos da água de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas.

Parâmetro químico/ VMP	ESCOLA DO CAMPO A				ESCOLA DO CAMPO B				ESCOLA DO CAMPO C			
	1ª	2ª	Média	DP	1ª	2ª	Média	DP	1ª	2ª	Média	DP
pH / (6,0 a 9,5)	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	7,42	7,12	7,27	0,21	7,92	7,03	7,47	0,63	9,72	9,29	9,50	0,30
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	7,41	7,20	7,30	0,15	8,19	6,97	7,58	0,86	9,74	9,26	9,50	0,34
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
Sólidos Totais Dissolvidos / (1000 mg L ⁻¹)	7,49	7,18	7,33	0,22	7,54	6,70	7,12	0,59	9,69	9,72	9,70	0,02
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	7,12	7,15	7,13	0,02	7,07	7,04	7,05	0,02	9,70	9,64	9,67	0,04
	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	67,00	74,00	70,50	4,95	28,00	22,00	25,00	4,24	168,67	156,30	162,48	8,75
Salinidade / (0,5% NaCl)	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	67,00	68,00	67,5	0,71	28,00	22,00	25,00	4,24	169,33	157,67	163,50	8,24
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	76,33	69,00	72,66	5,18	28,00	22,67	25,33	3,77	171,00	157,00	164,00	9,90
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
Dureza total / (500 mg L ⁻¹)	68,00	67,00	67,5	0,71	20,33	22,00	21,16	1,18	162,67	159,30	160,98	2,38
	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,16	0,15	0,15	0,01
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,16	0,15	0,15	0,01
Ferro total / (0,30 mg L ⁻¹)	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	0,07	0,07	0,07	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,16	0,15	0,15	0,01
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,16	0,15	0,15	0,01
	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
Carbono Orgânico Total / (0,1 a 2,0 ppm)	316,92	73,20	195,07	172,36	103,20	18,65	60,92	59,78	28,15	6,67	17,41	15,19
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	313,62	73,67	193,64	169,67	114,17	18,42	66,29	67,70	12,51	8,29	10,40	2,98
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	360,32	77,35	218,83	200,09	118,86	17,95	68,40	71,35	22,68	6,21	14,44	11,65
Cloro Residual Livre / (2,0 mg L ⁻¹)	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	340,31	73,90	207,10	188,38	100,09	17,96	59,02	58,07	21,89	6,45	14,17	10,92
	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	0,15	0,02	0,08	0,09	0,11	0,12	0,11	0,01	0,01	0,06	0,03	0,03
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
Cloro Residual Livre / (2,0 mg L ⁻¹)	0,00	-0,02	0,01	0,01	0,03	0,10	0,06	0,05	0,04	-0,02	0,01	0,04
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	0,15	-0,01	0,07	0,11	0,02	-0,04	-0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	0,69	0,04	0,36	0,46	0,19	0,02	0,10	0,12	0,16	0,03	0,09	0,09
Cloro Residual Livre / (2,0 mg L ⁻¹)	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	2,94	3,31	3,12	0,26	0,78	1,06	0,92	0,20	5,08	7,53	6,31	1,73
	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	2,78	2,82	2,80	0,03	0,84	0,64	0,74	0,14	5,28	7,28	6,28	1,42
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
Cloro Residual Livre / (2,0 mg L ⁻¹)	2,83	3,18	3,01	0,25	0,34	0,52	0,43	0,13	5,08	7,71	6,40	1,85
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	3,32	3,12	3,22	0,15	0,82	1,10	0,96	0,20	4,43	7,36	5,90	2,10
	Torreia da cozinha				Torreia da cozinha				Torreia da cozinha			
	2,00	-	-	-	1,00	-	-	-	0,50	-	-	-
Cloro Residual Livre / (2,0 mg L ⁻¹)	Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos				Bebedouro dos alunos			
	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	2,00	-	-	-
	Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores				Bebedouro – filtro dos professores			
	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-
	Caixa d'água				Caixa d'água				Caixa d'água			
	2,00	-	-	-	2,00	-	-	-	1,00	-	-	-

Tabela 3. Resultados das análises microbiológicas de amostras de água de consumo em três pontos de amostragem de três escolas do campo selecionadas para o estudo, em relação ao número de *Escherichia coli*.

Instituições educacionais	Pontos de amostragem	1ª Coleta (08/03/2016)				2ª Coleta (13/07/2016)				3ª Coleta (26/10/2016)			
		Diluição		NMP*		Diluição		NMP*		Diluição		NMP*	
		1:1	1:10	1:100		1:1	1:10	1:100		1:1	1:10	1:100	
ESCOLA DO CAMPO A	Torneira da cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	23
	Bebedouro principal	3	0	0	23	0	0	0	0	3	0	0	23
	Bebedouro – filtro dos alunos	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	23
	Caixa d'água	-	-	-	-	0	0	0	0	3	0	0	23
ESCOLA DO CAMPO B	Torneira da cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bebedouro dos alunos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bebedouro-filtro dos professores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caixa d'água	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
ESCOLA DO CAMPO C	Torneira da cozinha	0	0	0	0	3	0	0	23	2	0	0	9
	Bebedouro dos alunos	0	0	0	0	2	0	0	9	0	0	0	0
	Bebedouro – filtro dos professores	3	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caixa d'água	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

-Análise não realizada; ***NMP/100 mL**: Número Mais Provável de coliformes em 100 mL de amostra analisada.

Tabela 4. Correlações de Pearson (*r*) entre os parâmetros físicos, químicos e microbiológico analisados na água dos poços das três escolas do campo.

Parâmetros correlacionados	Coefficiente de Pearson (r)	p-valor (0,05)	Tipos de correlação
<i>E. coli</i> x Dureza	0,54	0,07	Muito fraca positiva
Turbidez x <i>E. coli</i>	0,34	0,27	Muito fraca positiva
CE x Temperatura	0,71	0,01	Moderada positiva
Temperatura x STD	0,71	0,01	Moderada positiva
Temperatura x Salinidade	0,72	0,01	Moderada positiva
Temperatura x COT	0,75	0,01	Moderada positiva
CE x STD	1,00	0,00	Muito forte positiva
pH x CE	0,94	0,0000065	Muito forte positiva
pH x STD	0,93	0,0000089	Muito forte positiva
pH x salinidade	0,93	0,0000096	Muito forte positiva
pH x COT	0,89	0,0001	Muito forte positiva
STD x Salinidade	1,00	$1,33 \times 10^{-16}$	Muito forte positiva
STD x COT	1,00	$4,4 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
Salinidade x C//E	1,00	$2,9 \times 10^{-14}$	Muito forte positiva
Salinidade x COT	1,00	$7,2 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
COT x CE	1,00	$8,4 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
pH x Dureza	-0,71	0,01	Moderada negativa