



I-415 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA POR CAMINHÕES-PIPA NO MUNICÍPIO DE CARUARU-PE

Thais Tainan Santos da Silva⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE.

José Francisco de Oliveira Neto⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE. Doutor em Engenharia Civil pela UFPE.

Eulina Menezes Maciel⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves⁽⁴⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil pela UFPE. Doutora em Engenharia Civil pela UFPE. Professora adjunta da UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Rua Marielle Franco, s/n - Km 59 – Nova - PE – Caruaru – Pernambuco - CEP: 55014 – 900 - Brasil - Tel: (81) 21039121 - e-mail: thais.tainan@ufpe.br

RESUMO

A garantia de acesso à água potável é um dos principais desafios enfrentados pela humanidade, e sua complexidade é agravada pelo crescimento das áreas urbanas e pela distribuição desigual desse recurso. No Brasil, em particular na região semiárida, as altas taxas de evaporação e a pressão sobre os recursos hídricos exacerbam essa situação, criando um cenário de vulnerabilidade para as comunidades locais diante de períodos de estiagem, o que leva a população a uma maior dependência de fontes alternativas de água para suprir suas necessidades básicas. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar amostras de água provenientes de caminhões-pipa em Caruaru-PE, município que enfrentou desafios significativos no abastecimento de água, sobretudo devido à escassez de chuvas e ao colapso da barragem de Jucazinho. As amostras foram coletadas em diferentes pontos da cidade com o objetivo de avaliar sua potabilidade, sendo então comparadas aos padrões estabelecidos na Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde. Os resultados indicaram que, embora os níveis de turbidez estivessem dentro dos limites aceitáveis, a cor aparente e a condutividade elétrica de várias amostras excederam os padrões, sugerindo presença de substâncias como ferro, manganês e matéria orgânica. Além disso, as análises microbiológicas revelaram coliformes totais e termotolerantes em níveis acima do permitido em algumas amostras, indicando riscos à saúde pública. Os achados destacam a necessidade de melhorias no processo de captação, desinfecção dos tanques dos caminhões e limpeza dos reservatórios para garantir a qualidade da água. A conscientização da população sobre os riscos de consumir água de qualidade inadequada e uma fiscalização rigorosa por parte das autoridades competentes são essenciais para assegurar a potabilidade da água fornecida por caminhões-pipa. O estudo conclui que a água em Caruaru, fornecida por caminhões-pipa, não atende plenamente aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira, necessitando de intervenções para melhorar sua qualidade e segurança para consumo humano.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável, crise hídrica, fiscalização, potabilidade, saúde pública.

INTRODUÇÃO

Dentre os grandes desafios estabelecidos para o futuro da humanidade, a disponibilidade de água potável e segura tem se destacado diante do crescimento urbano e distribuição desigual do recurso. Considerando que o acesso à água de boa qualidade e em quantidade suficiente tem relações diretas com o crescimento socioeconômico e as condições de saúde da população, o estresse hídrico pode acarretar no aumento da pobreza, de doenças diante de hábitos de higiene insuficientes e vulnerabilidades (JACOBI; EMPINOTTI; SCHMIDT, 2016). No Brasil, têm sido realizados esforços na implementação de infraestruturas destinadas a garantir o fornecimento de água para consumo humano. No entanto, tais esforços ainda se revelam limitados,



especialmente na região semiárida, devido às temperaturas elevadas que acarretam em altas taxas de evaporação e na pressão excessiva sobre os recursos hídricos (CIRILO, 2010).

Para atender as necessidades hídricas, a população é induzida a buscar meios alternativos de abastecimento de água. Tais soluções devem garantir acesso à água através de fontes como poços comunitários, cisternas, distribuição por veículos transportadores (MS, 2004). Embora haja a disponibilidade de técnicas diversas para o fornecimento de água, maior prioridade vem sendo dada a quantidade de água ofertada, enquanto a qualidade ainda tem requerido um expressivo avanço. As fontes alternativas podem ser contaminadas por fatores ligados à origem da água, pela vulnerabilidade a que a água está exposta, podendo haver o despejo de efluentes nos reservatórios utilizados para a captação, durante o transporte e pelas condições de higiene e limpeza dos veículos transportadores (ANDRADE et al., 2015).

Nos últimos anos, episódios de escassez de chuva e períodos de estiagem levou ao colapso de muitos reservatórios da região do semiárido. Diante das circunstâncias, o município de Caruaru, cidade de médio porte, recorreu ao abastecimento por caminhões-pipa como solução para a falta de água. O abastecimento por caminhões-pipas, mesmo sendo uma alternativa viável para o fornecimento de água em situações críticas, pode ser uma fonte de contaminação de água em potencial, especialmente quando a população e os distribuidores por falta de conhecimento, realizam o abastecimento e armazenamento de forma inadequada.

Nesse sentido, o estudo tem como objetivo analisar amostras de água de abastecimento por caminhões-pipa, cedidas por consumidores, estabelecimentos e proprietários do município de Caruaru, com o princípio de analisar e comparar parâmetros que determinam a potabilidade da água para consumo humano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Caruaru, situada a aproximadamente 140 km da capital do estado de Pernambuco, Recife. Considerada uma cidade de médio porte e um dos maiores centros industriais têxteis do Brasil, Caruaru possui uma população de 378.048 habitantes, distribuídos em um território de 923,150 km² (IBGE, 2022). O município situa-se em área de clima tropical do tipo semiárido, apresentando verões quentes e secos, invernos amenos e relativamente chuvosos. A temperatura média anual é de 27°C. O índice pluviométrico médio é de 484 mm (IBGE, 2010). Situado na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca e do Rio Capibaribe, o município tem sua área territorial cortada por rios perenes, de baixa vazão e baixo potencial de água subterrânea (CPRM/PRODEEM, 2005).

Em relação ao abastecimento de água, o município era abastecido pelo sistema de Jucazinho de 2005 até 2015. No entanto, a escassez de chuva no Agreste pernambucano levou ao colapso da barragem, localizada no município de Surubim. Com a diminuição do nível da barragem e sem chuvas, a Compesa retirou em setembro de 2015 três cidades do Sistema Jucazinho, incluindo Caruaru, que teve seu abastecimento exclusivamente pelo sistema da Barragem do Prata, localizada no município de Bonito (COMPESA, 2016). Dada a situação, o Caruaru passou a realizar rodízios no abastecimento de água, exigindo dos moradores uma maior procura por água de caminhões-pipa.

O presente estudo possui um desenho experimental laboratorial, onde amostras foram coletadas em áreas abastecidas exclusivamente por caminhões-pipa. As coletas foram realizadas no período de estudo entre agosto e setembro de 2019, sendo coletadas amostras de água obtidas de diferentes pontos no município de Caruaru.

Coleta e amostragem

Para a realização do estudo, seis amostras foram coletadas em diferentes dias e áreas de abastecimento no município. A coleta foi realizada em condomínios, estabelecimento hoteleiro e educacional, e residência privada. Todos os locais de coleta tinham abastecimento exclusivo por caminhão-pipa, devido à crise hídrica

na cidade no período de estudo e consequente descontinuidade de abastecimento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). A Tabela 1 apresenta a descrição dos pontos de coleta.

Tabela 1. Descrição das coletas, bairros e coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Amostras	Descrição da coleta	Bairro	Coordenadas Geográficas
P1	Caminhão-pipa credenciado da Compesa, coleta direta da torneira do caminhão.	Nova caruaru	Lat: S 8°13'30,5" Long: O 35°58'52,9"
P2	Exclusivo por caminhão-pipa, coleta da torneira mais próxima ao reservatório.	Maurício de Nassau	Lat: S 8°16'46,8" Long: O 35°58'3,7"
P3	Estabelecimento com abastecimento de água de fonte própria por caminhão-pipa, coleta da torneira mais próxima ao reservatório.	Maurício de Nassau	Lat: S 8°16'41,9" Long: O 35°58'14,5"
P4	Exclusivo por caminhão-pipa, coleta direta do reservatório inferior.	Jardim Boa vista	Lat: S 8°15'57,8" Long: O 35°59'57,1"
P5	Caminhão-pipa credenciado da Compesa, coleta direta da torneira do caminhão.	Indianópolis	Lat: S 8°17'18,6" Long: O 35°56'57,9"
P6	Diretamente da torneira do caminhão-pipa.	Malhada de Pedra	Lat: S 8°12'54,2" Long: O 35°54'54,5"

Para cada amostra foi utilizado um recipiente de polietileno, esterilizado em autoclave a 121°C por 15 minutos, para posterior realização das análises de coliformes totais e termotolerantes, e um recipiente de vidro âmbar para as demais análises. As amostras dos pontos P1, P5 e P6 foram coletadas diretamente do caminhão-pipa, através da torneira de liberação, deixando ser eliminado o primeiro jato. As amostras dos pontos P2 e P3 foram coletadas da torneira mais próxima ao reservatório superior das residências, o ponto P4 teve sua coleta realizada diretamente no reservatório inferior (P4), sendo eliminado o primeiro jato antes da coleta.

Os métodos de análise estavam de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) e os resultados das amostras de coleta foram comparados aos valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde, estabelecido na Portaria n° 888/21 (MS, 2021). As análises bacteriológicas foram realizadas em capela de fluxo laminar, fazendo-se uso do sistema Quanti-Tray. Os resultados foram expressos de acordo com a tabela NMP (número mais provável em 100 ml de água), onde uma cúpula positiva equivale a uma bactéria em 100 ml de água. As análises de coliformes totais e termotolerantes foram realizadas no mesmo dia da coleta, assim como, com a leitura 24h após a realização do procedimento. Os parâmetros de qualidade da água analisados no presente estudo estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Métodos e análises utilizados nas amostras.

Parâmetros	Unidade	Método de análise	Limites da Portaria MS n° 888/21	Código Standard Methods
Cor Aparente	mgPt-Co.L-1	Nefelométrico	15	2120 C
Turbidez	UT	Nefelométrico	5	2123 B
pH	*	pHmetro	6,0 – 9,5	4500 B
Condutividade elétrica	µS.cm-1	Condutivímetro	**	2510 B
Coliformes totais	UFC/100 mL	Soro Cromogênico	Ausência em 100 mL	9223
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	Soro Cromogênico	Ausência em 100 mL	9223

Fonte: MS (2017); *Adimensional; ** Não estipulado por Portaria n° 888/21.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de cor aparente dos seis pontos de coleta. O ponto P2 apresentou valor dentro do padrão permitido na legislação vigente, que é de 15 uH. Os pontos P1, P5 e P6 se destacam pelos altos valores obtidos, sendo no mínimo, cinco vezes superior ao permitido pela legislação brasileira. Os elevados valores de cor aparente, em relação à legislação nacional, podem ser decorrentes de substâncias em solução, como ferro, manganês, matéria orgânica ou por esgotos domésticos. No caso dos caminhões-pipas, é importante que haja desinfecção periódica, já que a água tratada pode ser contaminada ao entrar em contato com a superfície do tanque.

Para o parâmetro de turbidez, observa-se que todos os pontos apresentaram valores de acordo com o recomendado pela portaria nacional de potabilidade, que traz como limite o valor de 5,0 uT, aumentando a segurança sanitária da água. Isso significa que a água não apresenta excesso de materiais em suspensão. Vale destacar, que os pontos P1, P6 e P2 foram os que mais se aproximaram do valor limite de potabilidade (Figura 2). A importância da remoção do parâmetro de turbidez se dá porque os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos.

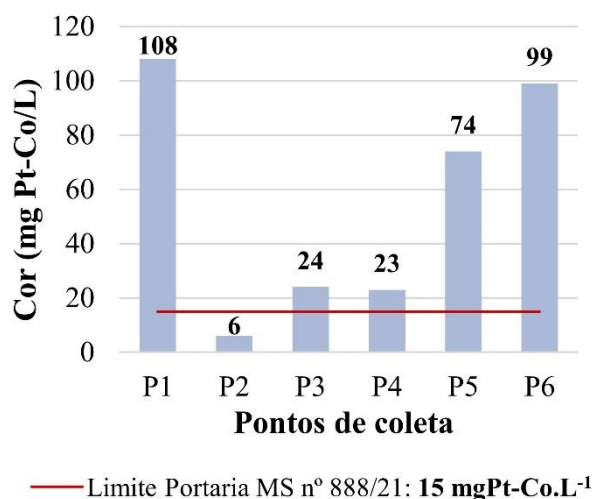


Figura 1. Resultados de cor aparente para os pontos de coleta.

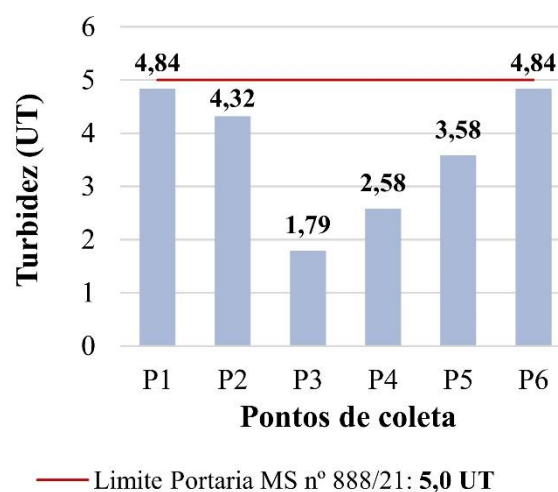
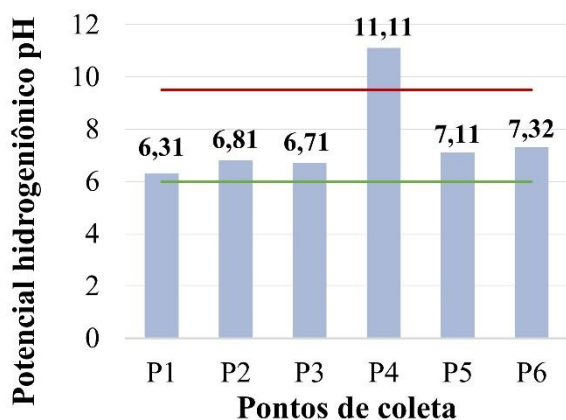


Figura 2. Resultados de turbidez para os pontos de coleta.

A Figura 3 apresenta valores de potencial hidrogeniônico (pH) para os seis pontos de coleta. Como pode ser observado, apenas o ponto P4 apresentou valor fora do intervalo permitido pela Portaria nº 888 (MS, 2021), que é entre 6,0 e 9,5. A amostra do ponto P4 apresentou valor de pH alcalino (11,11), enquanto a média dos demais pontos foi de aproximadamente 6,85. O pH representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas das águas. Segundo Souza et al. (2011), o contato da água com ácidos orgânicos naturais ou inorgânicos pode influenciar na variação dos valores do parâmetro. Com exceção do ponto P4, as demais amostras estavam dentro do intervalo ideal para consumo humano.

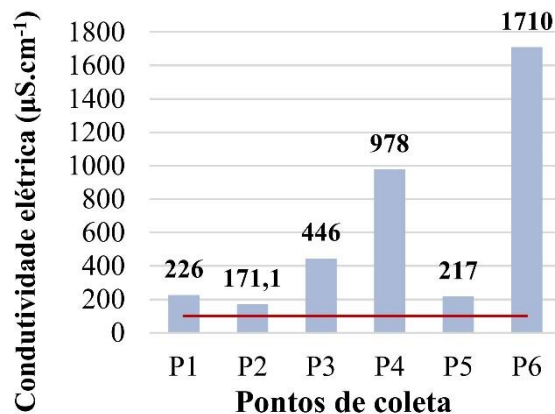
Com relação à condutividade elétrica, é possível observar que os valores das amostras de todos os pontos coletados variam no intervalo de 171,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 1710 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, sendo P2 e P6 os pontos que apresentaram o menor e maior valor, respectivamente. Na legislação nacional não há padrões deste parâmetro em corpos d'água, mas em geral níveis superiores a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados, valores acima 300 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ podem promover corrosão (LIBÂNEO, 2010). Todos os pontos de coleta atingiram níveis superiores a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, enquanto os pontos P3, P4 e P6 apresentam valores superiores a 300 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Figura 4). O parâmetro condutividade elétrica está relacionado à presença de íons livres em solução. Diversos íons podem estar presentes nos materiais que entram em contato com a água, como o tanque do caminhão-pipa, tubulações de saída d'água e nos materiais de construção dos reservatórios, podendo solubilizar-se na água e contribuir na alteração dos valores. Para corpos hídricos que recebem efluentes, a condutividade pode atingir 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

(LIBÂNEO, 2010). Percebe-se que os pontos P4 e P6 apresentam elevados valores, próximos ao valor de corpos hídricos contaminados.



— Limite mínimo Portaria MS nº 888/21: 6,0
— Limite máximo Portaria MS nº 888/21: 9,5

Figura 3. Resultados de potencial hidrogeniônico para os pontos de coleta.



— Limite adotado como indicador: 100 µS.cm⁻¹

Figura 3. Resultados de condutividade elétrica para os pontos de coleta.

Para os parâmetros microbiológicos, foram considerados os microrganismos coliformes totais e termotolerantes (Figura 5). A Portaria nº 888 (MS, 2021) estabelece o padrão microbiológico da água para consumo humano e determina a ausência de microrganismos coliformes totais e termotolerantes por 100 ml de amostras de água analisadas. As amostras P2 e P3 apresentaram valores acima do permitido pela legislação brasileira, sendo consideradas impróprias para consumo humano.

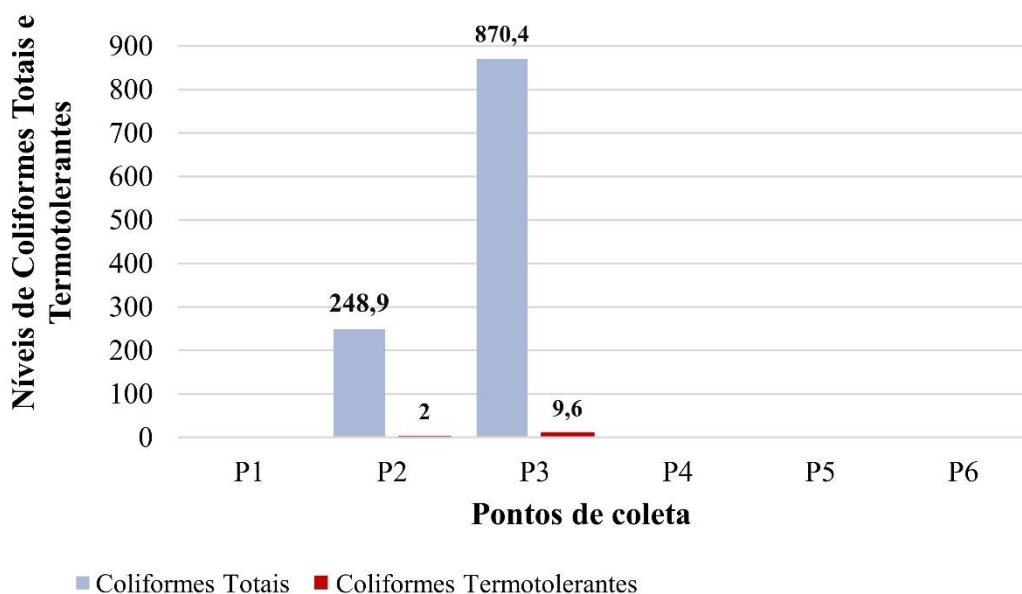


Figura 4. Valores obtidos para coliformes totais e coliformes termotolerantes.

A análise microbiológica é importante devido a sua relação com a incidência de doenças gastrointestinais, especialmente ao considerar que a água de caminhão-pipa é frequentemente utilizada para fins potáveis. Os dados do estudo fornecem discussões em relação ao tratamento, transporte e armazenamento da água, assim



como mostra a necessidade de maior manutenção e fiscalização. Andrade et al. (2017) detectou coliformes totais (seis amostras) e termotolerantes (uma amostra) na água de caminhões-pipa da Cidade de São Caetano/PE. Um estudo realizado em Caruaru (MENDONÇA et al., 2017) indicou a presença dos grupos bacterianos (coliformes e bactérias heterotróficas) na maioria das amostras analisadas. O estudo apontou o tempo que a água fica armazenada no interior dos caminhões, como um fator contribuinte para o aumento do índice de contaminação, fator também considerado no trabalho de Wang et al. (2014).

CONCLUSÕES

De acordo com as análises realizadas em cada ponto de coleta, a água consumida no município de Caruaru-PE, oriundo de abastecimento através de caminhão-pipa, não cumpre com todos os parâmetros da legislação brasileira de potabilidade. Sendo os pontos P2 e P3 os mais críticos, por apresentarem coliformes totais e termotolerantes em uma quantidade muito acima do permitido, sendo imprópria para consumo humano.

Com este presente estudo fica comprovada a falta de fiscalização nesta forma de abastecimento, assim como comprova que a água de caminhão-pipa comercializada no município não apresenta o tratamento devido antes de sua distribuição. A qualidade da água pode ser aprimorada mediante a consideração de elementos cruciais, tais como a melhoria do processo de captação no manancial, a desinfecção dos tanques dos caminhões antes da coleta, a rigorosa limpeza dos reservatórios e a frequente substituição das tubulações utilizadas para a captação do manancial. Esses fatores desempenham um papel fundamental na elevação dos padrões de qualidade hídrica.

Além disso, a conscientização dos consumidores, sobre os riscos de consumir uma água de qualidade duvidosa, tem um papel determinante para ampliar a exigência dos resultados das análises realizadas que comprovem a potabilidade da água para consumo humano. Uma das medidas de controle da qualidade da água de caminhão-pipa seria uma maior fiscalização dos órgãos competentes para que sejam cumpridas as normas de potabilidade recomendadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, A. M. C.; SILVA, D. A.; ARAÚJO, N. M. C.; SOUSA, L. F. C. Análise da qualidade da água vendida por caminhões-pipa para consumo na cidade de São Caetano-PE. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/11/I-300.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2019.
2. ANDRADE, T.S.; NÓBREGA, R. L. B.; RIBEIRO NETO, A.; GALVÃO, C. de O. Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro. *Climacom Cultura Científica - Pesquisa, Jornalismo e Arte*, v. 2, n. 2, 2015.
3. APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2017.
4. CIRILO, J.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAMPOS, J.N.B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL M.C.B. (org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, p. 81 – 91.
5. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Caruaru. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
6. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades federativas com data de referência em 1 de julho de 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 12 dez 2022.
7. JACOBI, P.R.; EMPINOTTI, V.L. SCHMIDT, L. Water Scarcity and Human Rights. *Ambiente & Sociedade Journal*. v. 19, n.1, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOCeditorialV1912016>



8. LIBÂNEO, M. Fundamento de qualidade e tratamento de água. 3. ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 494 p., 2010.
9. MENDONÇA, M.H.M.; ROSENO, S.A.M; CACHOEIRA, T.R.L.; SILVA, A.F.S.; JÁCOME, P.R.LA.; JÁCUME JUNIOR, A.T. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. Revista Ambiente e Água. v 12; n.3, 2017. doi:10.4136/ambi-agua.1934
10. MS – Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2017.
11. MS - Ministério da Saúde. Portaria MS nº 518/2004. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.
12. SOUZA, S.H.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, S.M.; PESSOA, S.G.S. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, p. 81 – 93, 2011.
13. WANG, H.; MASTERS, S.; EDWARDS, M. A.; FALKINHAM III, J. O.; PRUDEN, A. Effect of disinfectant, water age, and pipe materials on bacterial and eukaryotic community structure in drinking water biofilm. Environmental science & technology, v. 48, n. 3, p. 1426-1435, 2014. <http://dx.doi.org/10.1021/es402636u>