

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

**VULNERABILIDADES NO ACESSO À ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES
RURAIS: ESTUDO DE CASO EM TRÊS LAGOAS,
AMARGOSA (BA)**

Hérica Cruz Nascimento¹
* Rosa Alencar Santana de Almeida¹
Gilmara Fernandes Eça¹
Floricea Magalhães Araújo²

**DRINKING WATER VULNERABILITIES IN RURAL
COMMUNITIES: CASE STUDY IN TRÊS LAGOAS,
AMARGOSA (BA)**

Recibido el 11 de abril de 2019; Aceptado el 6 de febrero de 2020

Abstract

Rural communities are the most affected in terms to quality water, due to the frequent use of alternative sources to supply the many uses. The reasons are the most diverse, from the absence of water supply system, as well the intermittent services, the lack of inspection and the lack of knowledge of consumer rights. A rural community in the municipality of Amargosa, in the state of Bahia, uses three modalities for obtaining water: public distribution network, cisterns and a lagoon ("the font"). This study revealed that the water quality provided by the public system complies with the potability standards established by the current legislation. However, the water quality of the cisterns and the lagoon ("fount") trespass the standards, and may pose a risk to the health of the residents. For this reason its use should be discouraged. Water analysis (Physical, Chemical and Bacteriological) were carried to prove this scenario, and Water Quality Indexes (WQI) were calculated to demonstrate the results.

Keywords: e-IQUAS, rural sanitation, water quality, water quality index.

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, Brasil.

² Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Bahia, Brasil.

* *Autor correspondente:* Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Universitário. Rua Rui Barbosa, 710 - Centro, Cruz das Almas, Bahia. 44380-380, Brasil. Email: rosaalencar@ufrb.edu.br

Resumo

As comunidades rurais são as mais atingidas no acesso à água de qualidade, devido à frequente utilização de fontes alternativas para provimento dos diversos usos. Os motivos são os mais diversos, desde a inexistência de soluções para abastecimento até a intermitência dos serviços, como também a falta de fiscalização e o desconhecimento dos direitos pelos consumidores. Uma comunidade rural do município de Amargosa, no estado da Bahia, utiliza três modalidades para obtenção de água: rede pública de distribuição, cisternas e um tanque escavado (“fonte”). Este estudo mostrou que a qualidade da água fornecida pelo sistema público está em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Entretanto, a água das cisternas e da “fonte” não atendem aos padrões, podendo colocar em risco a saúde dos moradores. Por este motivo deve ter seu uso desencorajado. Foram realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas que comprovam este cenário e foram calculados Índices de Qualidade de Água (e-IQUAS) para demonstrar os resultados.

Palavras chave: e-IQUAS, índice de qualidade de água, qualidade da água, saneamento rural.

Introdução

De modo geral, os dados sobre a cobertura de saneamento rural no Brasil são desanimadores. Silva, Morejon e Less (2014) ao realizarem prospecção sobre o panorama do saneamento rural no Brasil constataram que, segundo dados do IBGE publicados em 2009, somente 32.8% dos domicílios rurais estavam ligados à rede de distribuição de água e os 63% restantes utilizavam fontes alternativas, tais como poços e nascentes. De acordo com a Agência Nacional de Águas, a precariedade das infraestruturas de saneamento nas comunidades rurais se deve, em certa medida, às características espaciais destas localidades, com moradias dispersas, ausência de estruturas auxiliares, más condições das vias de acesso (ANA, 2013). Em estudos mais recentes Resende *et al.* (2018) acrescentam que, os entraves relacionados ao baixo nível de informação sanitária da população e o descaso das políticas públicas são fatores adicionais para a manutenção deste cenário.

Portanto, em concordância com as pesquisas supracitadas, a utilização de fontes alternativas como poços, cisternas de captação de água de chuva, barragens subterrâneas são de grande importância nestas regiões, uma vez que as dificuldades da implantação de redes de distribuição inviabilizam a sua adesão (Brasil, 2015).

Todavia as soluções alternativas de abastecimento de água podem apresentar riscos à saúde dos consumidores. As fontes alternativas, principalmente aquelas de domínio individual, têm sua qualidade condicionada às práticas sanitárias às quais são submetidas, e muitas vezes estas condições são inadequadas. Rocha *et al.* (2006) ao estudarem a qualidade da água em aglomerados rurais de Lavras (MG), constataram a falta de noções de higiene. Também comprovaram a carência de informações sobre o saneamento e sua vinculação à incidência de doenças transmitidas pela água. Ademais, concluíram que a qualidade sanitária rural pode afetar a saúde das populações urbanas, pois, os hortifrutigranjeiros produzidos em região rurais

também são comercializados nas áreas urbanas e muitas vezes consumidos *in natura* (Rocha *et al.*, 2006).

No âmbito deste trabalho foram realizadas análises bacteriológicas e físico-químicas em amostras de água do sistema público de abastecimento, coletadas diretamente na rede de distribuição e em reservatórios domiciliares, como também amostras de água provenientes de dois mananciais alternativos. Além disso, foram utilizados resultados secundários de análises de qualidade da água do sistema de abastecimento, cedidos pela concessionária de serviços de saneamento que atende à localidade estudada. Para efeito comparativo, os dados foram tabulados para apresentação na forma de Índices de Qualidade de Água (IQA).

Com esta pesquisa objetivou-se conhecer a qualidade da água consumida na comunidade rural de Três Lagoas, distrito do município de Amargosa, no estado da Bahia (Brasil), com a finalidade de demonstrar a importância do acesso a fontes comprovadamente seguras para o abastecimento de água em comunidades rurais.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

A localidade rural de Três Lagoas fica a cerca de 8 km da sede do município de Amargosa, localizado na região semiárida do Estado da Bahia, como mostrado na Figura 1.

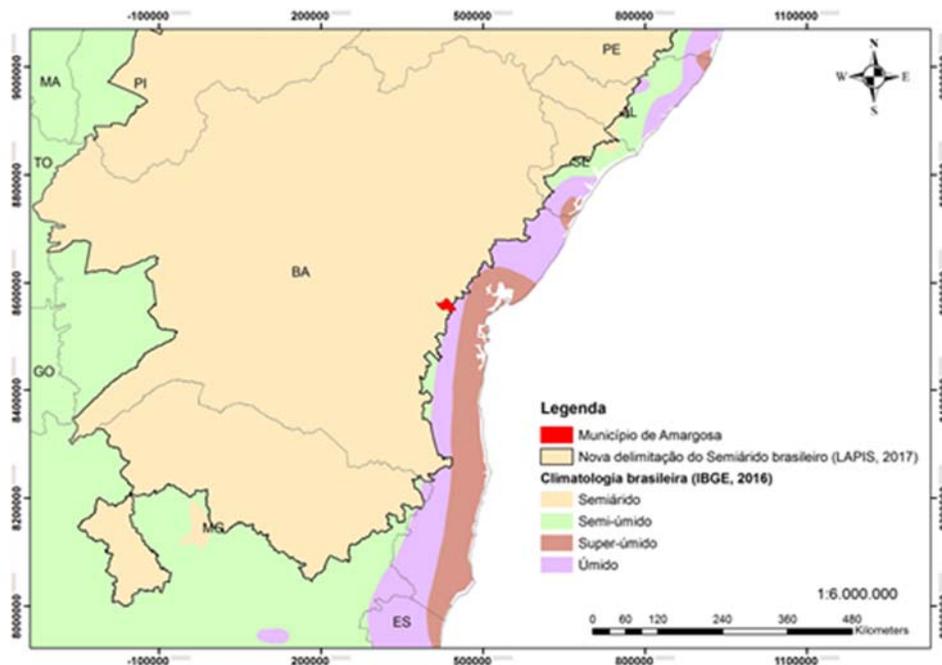


Figura 1. Localização da área de estudo.

Com população estimada em 160 famílias, predominantemente de ascendência africana, sugere-se a hipótese de que a comunidade seja um remanescente quilombola (Galvão, 2012). Segundo Galvão (2012), devido à forte ligação com sua história, Três Lagoas apresenta aspectos culturais típicos, em particular as práticas religiosas, os hábitos e costumes da população, e as atividades econômicas locais, estas voltadas às atividades agrícolas.

Três Marias foi escolhida após a aplicação de questionários e entrevistas que denunciaram a utilização de três modalidades de abastecimento de água, sendo duas delas de qualidade desconhecida, provenientes de fontes alternativas: cisternas de domínio individual para captação de água de chuva e um tanque escavado, sem qualquer revestimento ou outro equipamento protetivo, chamado de "fonte" pelos moradores. Por se tratar de pesquisa com seres humanos, todos os procedimentos foram submetidos ao comitê de ética em pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e estão registrados na Plataforma Brasil com o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) Nº 72507417.1.0000.0056.

Dados secundários da qualidade da água distribuída

Foram fornecidos pela operadora de serviços de abastecimento de água na comunidade, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA. São resultados de análises realizadas pelo Laboratório Central da companhia em atenção aos requisitos estabelecidos pela legislação para controle e vigilância da qualidade da água fornecida à população.

Determinação do tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi definido por meio da metodologia de cálculo amostral aleatório simples, com 90% de confiança e 9% de erro amostral. Tal estimativa resultou em um conjunto de 70 famílias, que representa cerca de 44% dos núcleos familiares da comunidade (160 famílias). Todavia, por limitações temporais e dificuldades de logística, foi necessário restringir o grupo amostrado. Novas aproximações foram feitas, observando-se a presença ou não de reservatórios domiciliares, e obtiveram-se os resultados apontados no Quadro 1.

Quadro 1. Cálculo da amostra para realização das análises de água.

Situação	Domicílios	Amostras		
		Coletadas	Descartadas	Realizadas
Possui Reservatório domiciliar	24	17	1	16
Pontos de consumo direto	11	11	0	7
Total	35	24	1	23

Para análise das fontes alternativas de abastecimento, optou-se por realizar análises da água em um ponto do tanque escavado (“fonte”) e em uma das cisternas unifamiliares. A cisterna foi escolhida aleatoriamente, sem que fosse registrada nenhuma ocorrência específica para a seleção.

Programação das coletas

Para a programação da coleta das amostras adotou-se o método de amostragem simples, o qual admite a possibilidade de realizar somente uma coleta em cada ponto analisado, pois segundo Machado *et al.* (1998), a água de abastecimento urbano, fornecida pelo sistema de abastecimento de água, apresenta características constantes ao longo do tempo. Para as fontes alternativas seguiram-se metodologias apropriadas para cada tipo de fonte: três pontos de coleta para o tanque escavado (“fonte”) e um ponto na cisterna, sem considerar a variação temporal.

Seleção dos parâmetros

A seleção dos parâmetros para avaliação da qualidade da água buscou atender aos critérios recomendados na literatura, especificamente as recomendações de Von Sperling (1996) para águas tratadas, e às exigências da Portaria da Consolidação Nº 5, ANEXO XX (Brasil, 2017). Entretanto, também pautou-se nas restrições impostas pela infraestrutura disponível para realização das análises. O Quadro 2 expõe os parâmetros selecionados e as metodologias adotadas para realização das análises.

Quadro 2. Metodologias empregadas para as análises.

Parâmetro	Métodos	Fonte
Cor	Comparação visual	Modificado de Instituto Adolfo Lutz, 1985
Cloreto	Método de Morh	Mendham et al, 2006
pH	pHmetro e fita medidora	-
Dureza	Volumetria de complexação	Mendham et al, 2006
Ferro	Espectrofotometria	Mendham et al, 2006
Amônia	Método Salicilato	Krom, 1980
Nitrato	Espectrofotometria	Schenetger e Lehnert, 2014
Nitrito	Espectrofotometria	Grasshoff, Erhardt e Kremling, 1999
Turbidez	Turbidímetro	-
Microbiológico	Teste rápido (Colipaper)	-

Para a coleta das amostras seguiu-se os procedimentos operacionais padrão (POP) indicadas no Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água, elaborado pelo Ministério Público de Santa Catarina (Santa Catarina, 2009).

Cálculo dos Índices de Qualidade de Água (IQA)

Os índices de qualidade de água (IQA) são uma das ferramentas utilizadas para expressar a qualidade de um compartimento hídrico. É um recurso simples, cujas maiores vantagens encontram-se: na facilidade de aplicação, no poder de síntese, na simplicidade em comunicar ao público em geral e aos tomadores de decisão. Entretanto os índices não fornecem informações sobre as concentrações e propriedades individuais de cada parâmetro. O índice representa o entrelaçamento de todos os parâmetros envolvidos; ele não avisa quais parâmetros têm efeitos positivo ou negativos sobre o índice. São mecanismos importantes para comunicação, sobretudo em reforço a outros métodos avaliativos.

Um dos índices mais utilizados no Brasil para exprimir a qualidade geral da água, o IQA CETESB, foi desenvolvido em 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em adaptação ao Water Quality Index (WQI) formulado pela *National Sanitation Foundation* (NSF), também conhecido como “Índice de Brown”. Depois dele, várias outras propostas foram formuladas (Stoner, 1978; Bhargava, 1985; Smith, 1990; CCME, 2001), de modo que, existem diversos índices apropriados para exprimir a qualidade geral da água.

Entre esses índices está o Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e-IQUAS), que, como o próprio nome anuncia, foi originalmente aplicado ao compartimento subterrâneo. Todavia, e-IQUAS foi escolhido devido à sua simplicidade, flexibilidade e acessibilidade aos parâmetros que são necessários para avaliar a qualidade da água de qualquer origem.

Na formulação do e-IQUAS os parâmetros estão agrupados em Grupos de Alteração que refletem o tipo de intemperismo relacionado à presença de cada parâmetro. A nota de cada parâmetro é calculada em função do teor da substância na amostra, comparado com as concentrações recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2017) ou estabelecidas pela Portaria de Potabilidade vigente. A nota de cada Grupo de Alteração é definida pelo operador mínimo, adotando-se a menor nota entre os parâmetros analisados no grupo. E de forma análoga, o índice final (e-IQUAS) representa a menor nota entre os grupos de alteração (Almeida, 2012).

Resultados e discussão

No primeiro tópico são apresentados os resultados secundários fornecidos pela EMBASA. Nos tópicos seguintes, estão os dados primários, obtidos no âmbito desta pesquisa. Estes estão separados conforme as modalidades de obtenção da água, ou seja: sistema público de abastecimento de água (reservatório domiciliar ou diretamente da rede) e fontes alternativas (poço escavado / “fonte” e cisternas). Ao final, está o resultado do cálculo dos índices de qualidade de água (e-IQUAS).

Dados secundários do sistema público de abastecimento de água

A Tabela 1 apresenta os resultados da EMBASA, relevantes ao desenvolvimento deste trabalho. Os dados referem-se à análises realizadas, no dia 25 de Abril de 2018, na saída do tratamento da ETA Amargosa, fornecedora da água distribuída em Três Lagoas. E em um ponto de coleta da rede de distribuição, localizado na Escola Municipal de Três Lagoas, no dia 5 de Maio de 2018. Estes dados foram utilizados para determinação do Índice de Qualidade da água distribuída.

Tabela 1. Dados do sistema de abastecimento SIAA Amargosa.

Local da Coleta	Parâmetro	Resultado
ETA Amargosa	Alumínio (mg/L)	410.00
ETA Amargosa	Amônia (mg/L)	0.117
ETA Amargosa	Cálcio (mg/L)	5.20
ETA Amargosa	Cloreto (mg/L)	10.70
Rede – Escola Municipal Três Lagoas	Cor	5.00
Rede – Escola Municipal Três Lagoas	CRL ((mg/L))	1.50
ETA Amargosa	Dureza (mg/L)	15.40
ETA Amargosa	Ferro (mg/L)	148.00
ETA Amargosa	Manganês (mg/L)	79.60
ETA Amargosa	Nitrato (mg/L)	<0.5
ETA Amargosa	Nitrito (mg/L)	<0.05
ETA Amargosa	Sulfato (mg/L)	10.80
Rede – Escola Municipal Três Lagoas	Turbidez (UNT)	0.10

Além dos parâmetros descritos na Tabela 1, também foram analisados na ETA Amargosa os indicadores bacteriológicos: coliformes totais, *Escherichia Coli* e Organismos Heterotróficos. Todos eles “ausentes” nas amostras analisadas.

Análises físico-químicas do sistema público de abastecimento de água

Potencial Hidrogeniônico (pH)

As determinações do pH foram realizadas no momento da coleta, utilizando-se fita medidora ou pHmetro portátil. Todas as amostras avaliadas por meio da fita medidora apresentaram pH abaixo do valor mínimo recomendado pela legislação para águas destinadas ao consumo humano (6.0 – 9.5), apresentando condição ácida. De certa forma, esses resultados podem ser atribuídos à fragilidade do método, até porque, em todos os pontos avaliados com pHmetro, os valores estão conformes às recomendações. O Gráfico 1 mostra a variação dos valores de pH.

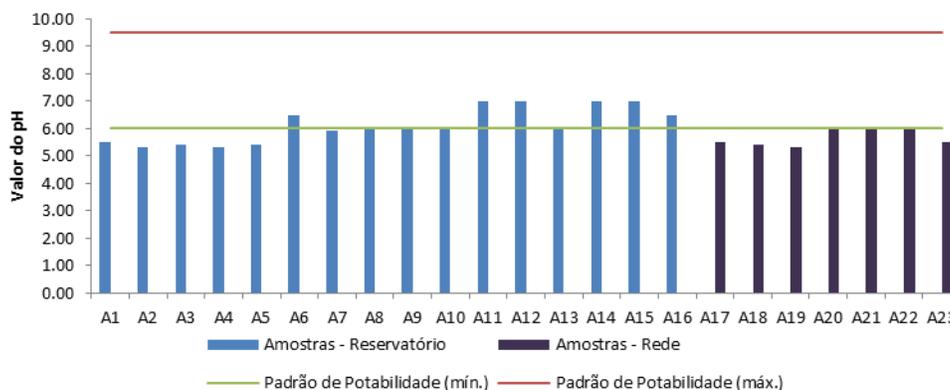


Gráfico 1. Resultado das análises de pH.

Segundo Von Sperling (1996), águas com valores de pH abaixo das recomendações podem agredir tubulações e equipamentos hidráulicos. Não obstante, o mesmo autor afirma que não há graves implicações na saúde relacionadas à variação dos valores do pH, a menos que sejam extremamente baixos, podendo causar irritações a pele ou olhos (Von Sperling, 1996). Logo, conclui-se que os valores obtidos, mesmo aqueles na condição ácida, não interferem na saúde da população.

Turbidez

As coletas foram realizadas em 23 pontos, todavia algumas externalidades, relacionadas à indisponibilidade operacional do laboratório, impediram a realização das análises de turbidez em 10 amostras de reservatórios: pontos de A1 a A7 e de uso direto da rede: A17 a A19. Os valores analisados para este parâmetro encontram-se expressos no Gráfico 2.

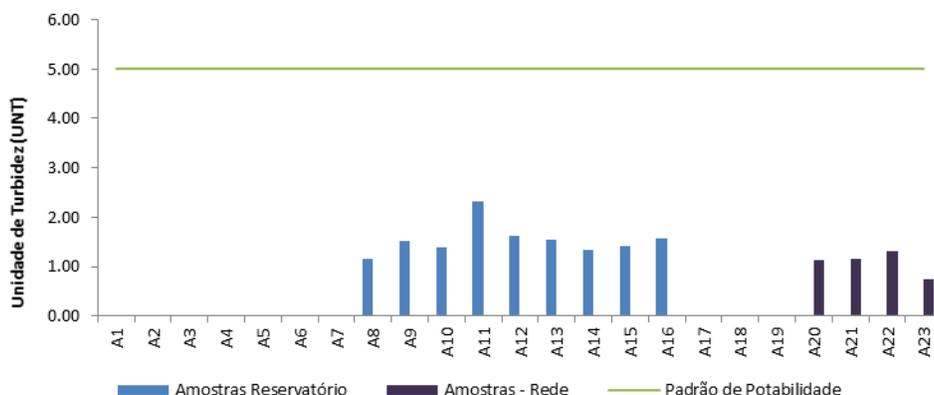


Gráfico 2. Resultado das análises de turbidez.

Todas as amostras analisadas estavam em conformidade com a legislação, não obstante aquelas coletadas em torneiras diretas da rede apresentaram teores menores em relação às coletadas nos reservatórios. A turbidez pode ser considerada um parâmetro de integridade do sistema de abastecimento, visto que as tubulações são susceptíveis à penetração de impurezas diversas, inclusive partículas de solo.

Cor

Os resultados não apresentaram a precisão necessária para efetuar a comparação entre as amostras. Garantiu-se apenas que todas elas possuíam cor menor que 15uH, mostrando-se adequada ao padrão de potabilidade.

Ferro

Os dados foram obtidos em concentração de Fe^{2+} em mg/L, e todas as amostras estavam em conformidade com o padrão estabelecido na portaria (< 0.30 mg/L).

Como a origem de ferro em água pode ser proveniente da dissolução de compostos do solo (Von Sperling, 1996), os valores mais elevados nos reservatórios podem refletir o acúmulo de partículas de solo dentro do recipiente, propiciado pelo efeito de pressão negativa sobre o sistema de abastecimento consequente da intermitência do serviço, supondo que a limpeza destes equipamentos não tem sido realizada de forma adequada.

A presença de ferro, mesmo que em pequenas quantidades, pode conferir cor e sabor a água, provocando mancha em equipamentos sanitários e repulsa de consumo, respectivamente (Piveli, 2001). Além disso, conforme o mesmo autor, o ferro é passível de contribuir para contaminação biológica da água na própria rede de distribuição, por meio do seu depósito na tubulação, e favorecer o crescimento das ferrobactérias.

Cloreto

Todas as amostras estão em conformidade ao padrão estabelecido na legislação, resultando em valores próximos à 50.0 mg/L de Cl, além do que os resultados das amostras dos reservatórios não diferiram em escala evidente das amostras oriundas diretamente da rede.

Dois pontos (A11 e A23) divergiram discretamente dos demais sem motivo aparente, uma vez que o cloreto em água é proveniente da dissolução de minerais ou por intrusão salina (Von Sperling, 1996), situações não observadas nos locais de coleta. No ponto A11 foi medida concentração de 85.05 mg/L e no ponto A23 foi apurado o teor de 102.73 mg/L.

Dureza

A dureza total foi determinada por meio das concentrações dos íons de cálcio e magnésio, utilizando-se a titulação com EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético). Os teores encontrados foram baixos e apresentaram constância entre as amostras.

A dureza não é considerada um interveniente sanitário, entretanto em ambientes domésticos valores elevados dificultam a formação de espuma, por provocar a dissolução de íons alcalino-terrosos, contribuindo também para incrustações nas tubulações (Piveli, 2001). Para saúde pública há indícios da possibilidade de um aumento na incidência de cálculo renal em cidades abastecidas com águas duras (Piveli, 2001)

Nitrogênio nas formas Amônia, Nitrito e Nitrato

Dentre as formas de nitrogênio presentes na água, foram analisadas as ocorrências de amônia, nitrito e nitrato, por meio do cálculo da concentração das amostras com base em curvas de calibração contendo padrões pré-definidos de cada parâmetro.

Na água, o nitrogênio é um importante indicador de contaminação por efluentes, pois estes possuem cargas elevadas de nutrientes, de 20 à 35 mg/L de NH_3 segundo von Sperling (1996). Além disso, a presença de um determinado composto do seu processo de decomposição infere de forma temporal sobre o momento da degradação da qualidade da reserva de água. Sendo a amônia o parâmetro indicativo de contaminação recente, nitrito estágio intermediário e o nitrato sugere uma incidência remota (Mota e Von Sperling, 2009).

As amostras analisadas apresentaram valores conformes à legislação referente a potabilidade: abaixo de 1.5 mg/L de NH_3 para amônia, de 1.0 mg/L de N para nitrito e de 10.0 mg/L de N para nitrato, respectivamente. O Gráfico 3 expressa os resultados para amônia,

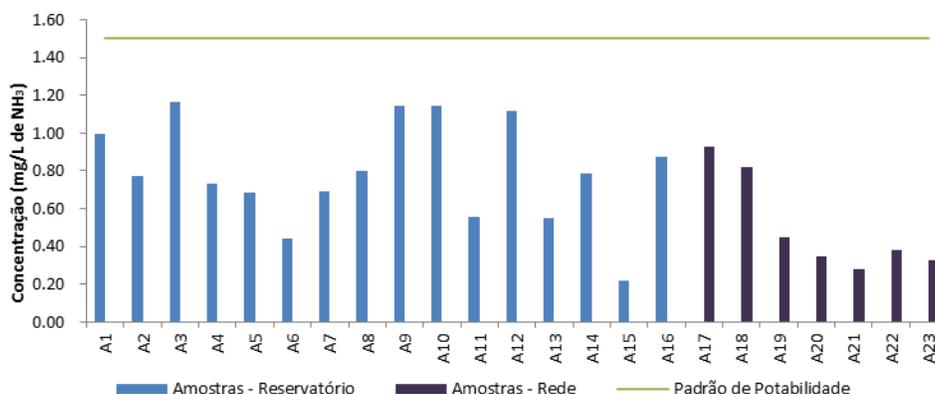


Gráfico 3. Resultados das análises de amônia.

Observou-se que as variações nas concentrações de amônia não obedeceram aos critérios esperados. Por exemplo, não podem ser justificadas em função do local da coleta, pois oscilaram em pontos de reservatório como também em pontos diretos da rede, embora os maiores teores tenham sido medidos nos reservatórios.

Todavia, pode-se atribuir que este aporte seja resultante da intrusão de compostos a base de nutrientes nas instalações hidráulicas residenciais por meio do próprio reservatório ou das canalizações, muitas vezes expostas à condições adversas, como observado em campo. Nestas condições, as tubulações estão em contato com as fontes de poluição, no terreno ou nos próprios pontos de utilização, incorporando as impurezas ao sistema, sob ação da pressão negativa.

Ademais, a maioria das amostras foi coletada em pontos de usos localizados em torneiras da cozinha ou da lavanderia. Nestes locais são utilizados produtos de limpeza, que podem liberar compostos de amônia (Bueno, 1995 apud Florentino, 2006). Além disso, sugere-se que a proximidade com resíduos de banheiro, ou efluentes de forma geral, também contribua para a concentração das diversas formas de nitrogênio detectadas.

Assim, tais características podem contribuir para a concentração de amônia observada nas amostras coletadas em residências com formas distintas de abastecimento. Ou seja, estes locais, indistintamente, sofrem os impactos da amônia impregnada em acessórios hidráulicos.

Os teores para nitrogênio nas formas de nitrito e nitrato também atenderam os padrões preconizados na portaria de potabilidade. Para o nitrito, nenhum dos resultados superou a marca de 0.2 mg/L. Para o nitrato as concentrações foram ínfimas, variando de 0.010 mg/L à 0.054 mg/L de N-NO₃.

Análises microbiológicas do sistema público de abastecimento de água

Os parâmetros microbiológicos, coliformes totais e *Escherichia coli*, foram analisados pelo teste rápido com uso do *colipaper*. Todos os pontos residenciais apresentaram resultados satisfatórios para a análise microbiológica, detectando ausência das bactérias indicadoras.

Este resultado pode ter sofrido influência do cloro residual na água distribuída. Observou-se a presença da substância nas características visuais e olfativas da água, no momento da coleta. Além disso, segundo Freitas *et al.* (2001, apud Álvares, 2005), valores de pH na água inferiores a 7.0, como apresentado na maioria das residências analisadas, favorecem o aumento da ação bactericida do cloro residual, devido a formação dos compostos de ácido hipocloroso (HClO), o qual eleva a eficiência do substância sobre os microrganismos.

Influência da presença do reservatório intradomiciliar

A Tabela 2 mostra a mediana dos teores encontrados nas residências com "reservatório domiciliar" e aquelas que utilizam "pontos de consumo direto". Buscou-se com esta comparação observar a depleção da qualidade da água nos reservatórios domiciliares. Ficou constatado que as amostras oriundas do reservatório decaíram de qualidade nos parâmetros turbidez (aumento de 33.6%) e amônia (aumento de 103.4%).

Tabela 2. Influência da presença do reservatório na variação dos parâmetros.

Parâmetro	Medianas		Variação (%)
	Pontos de consumo direto	Reservatório domiciliar	
pH	5.50	6.00	9.1%
Turbidez (UNT)	1.145	1.530	33.6%
Cor (mg Pt/L)	< 15.00	< 15.00	-
Ferro (mg/L)	0.079	0.077	-2.5%
Cloreto (mg/L)	53.137	53.137	0.0%
Amônia (mg/L de NH ₃)	0.383	0.779	103.4%
Nitrito (mg/L de N)	0.012	0.010	-16.7%
Nitrato (mg/L de N)	0.039	0.033	-15.4%

O aumento da turbidez pode ser justificado em razão do acúmulo d'água e conseqüentemente das partículas que são carreadas por meio da rede de distribuição. A concentração destas partículas advém, principalmente, do efeito da interrupção recorrente do abastecimento. Já a amônia pode indicar a violação da estrutura de reservação, ou do sistema hidráulico interno, o qual também se encontra propenso à ocorrência de pressão negativa.

Os demais parâmetros apresentaram as baixas variações. Álvares (2005) realizou tal comparação em dois momentos em sua pesquisa, alcançando resultados antagônicos. Schembri e Ennes (1997), por sua vez, verificaram ser real a depleção da qualidade da água quando reservada.

No caso da água distribuída em Três Lagoas, a água proveniente do reservatório apresenta qualidade inferior àquela coletada diretamente da rede. Porém, estas alterações não comprometem a potabilidade da água distribuída.

Análises realizadas nas fontes alternativas de água

Foram analisadas amostras de água provenientes de dois locais alternativos de abastecimento da comunidade: poço escavado, ou "fonte" como é conhecido, e uma cisterna de acumulação de água de chuva, escolhida aleatoriamente. A cisterna armazena água de chuva e é utilizada como criadouro de peixes. Opera em condições sanitárias inadequadas, sem tampa. Segundo relatos dos moradores a água não se destina ao consumo humano.

Os resultados das análises microbiológicas (Tabela 3) mostram a presença de coliformes totais. Entretanto, esta ocorrência para as águas naturais não representa risco, devido à presença de variados microrganismos no ambiente natural, passivos sobre os seres humanos. A presença de *Escherichia Coli* configuraria potencial patogênico a água para consumo humano, pois comprovaria a contaminação fecal.

Tabela 3. Resultado das análises microbiológicas nas fontes alternativas.

Microrganismo	Cisterna	Fonte
Coliformes Totais (UFC/100mL)	800	400
Escherichia coli (UFC/100mL)	Ausente	Ausente

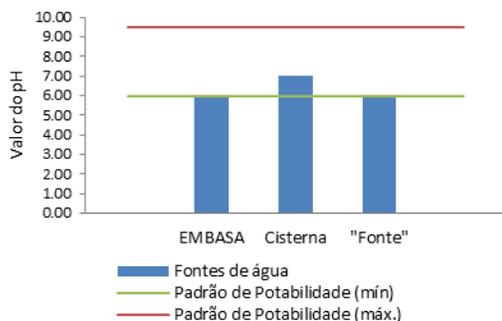
Para efeito de comparação foram contrapostos os principais resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos nas fontes alternativas com o valor médio dos teores medidos nas amostras de água do sistema público de abastecimento. O Gráfico 4 mostra os parâmetros mais significativos deste cotejo, que excederam o valor máximo permitido para enquadramento como água potável.

Segundo Álvares (2005), a turbidez, fora dos padrões nas duas modalidades alternativas, interfere significativamente na qualidade microbiológica da água, pois estimula o crescimento de bactérias, uma vez que os nutrientes são adsorvidos na superfície das partículas, tornando o ambiente propício para o crescimento de bactérias. No caso da cisterna o quadro é acentuado devido à elevada carga de nutrientes, justificando a maior carga microbiológica em sua fonte.

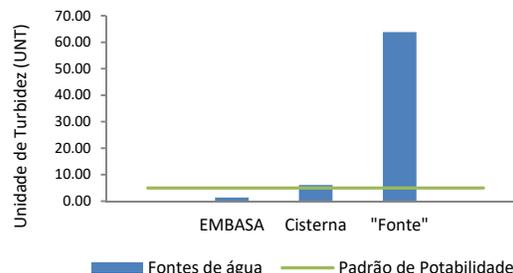
Os resultados da cisterna foram comparados com pesquisas similares realizadas por Barros *et al.* (2016), na zona rural de Pernambuco, e por Hagemann (2009), em um campus universitário. As comparações podem ser observadas na Tabela 4. Constata-se discrepância acentuada para os parâmetros cloreto, dureza e amônia. Assim, considerando a peculiaridade da cisterna, pode-se propor a hipótese de que a criação de peixes promova a alteração das características usualmente encontradas neste tipo de reservatório. Sendo o cloreto e cálcio constituintes da nutrição do animal, e a amônia, segundo Cortez *et. al* (2009), resultante das excreções de organismos aquáticos. Logo, se conclui que, nas condições encontradas, a cisterna é uma fonte inapropriada para o consumo humano.

A água da “fonte” excedeu-se nos parâmetros ferro, turbidez e amônia. Por ser água bruta é normal que apresente valores acima do desejável, por conta das substâncias dispostas no ambiente, como o ferro presente no solo e a amônia resultante da decomposição de nutrientes ou do carreamento dos efluentes.

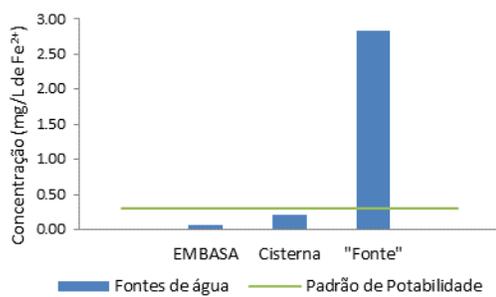
a) pH



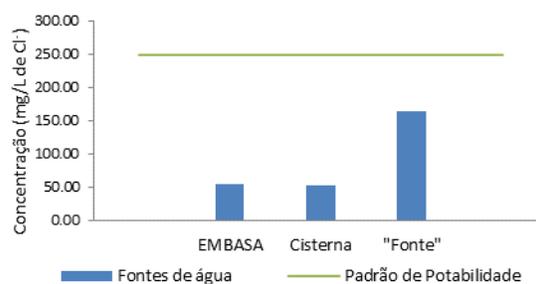
b) Turbidez



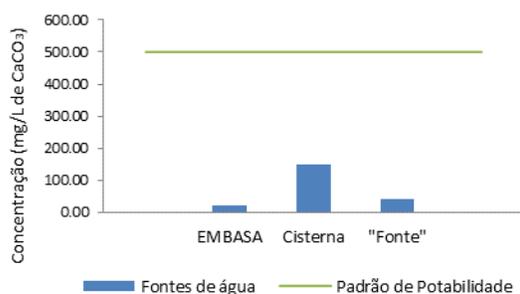
c) Ferro



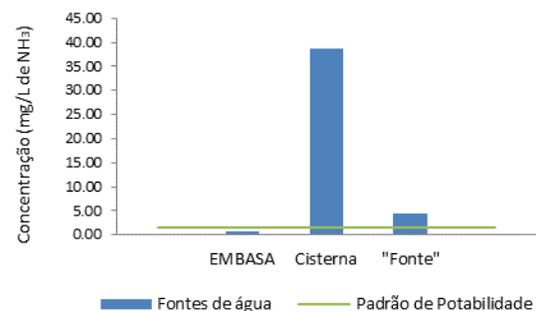
d) Cloreto



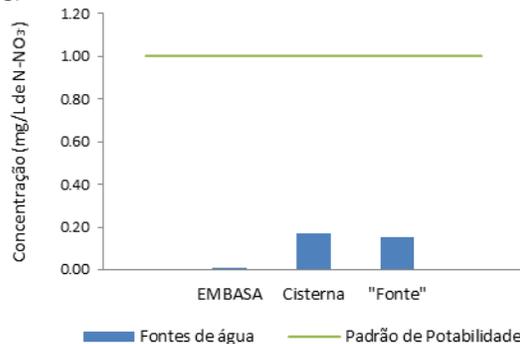
e) Dureza total



f) Amônia



g) Nitrito



h) Nitrato

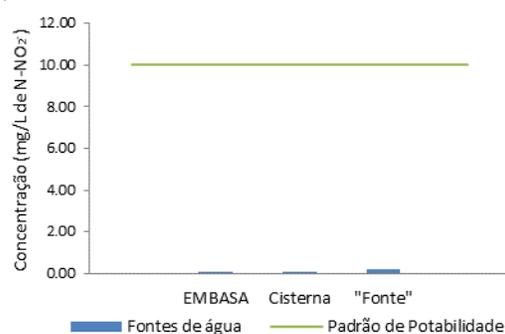


Gráfico 4. Qualidade das diversas fontes de consumo de água.

Tabela 4. Comparação dos parâmetros de qualidade encontrados em cisternas.

Parâmetro	Cisterna Três Lagoas	Barros et al. (2016)	Hagemann (2009)
pH	7.00	7.12 – 8.76	6.50 – 7.90
Turbidez (UNT)	6.10	–	7.00 – 89.00
Cor (mg Pt/L)	< 15.00	–	5.00 – 70.00
Cloreto (mg/L de Cl)	53.14	–	1.00 – 16.60
Ferro (mg/L de Fe)	0.21	–	< 0.05 – 0.19
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	148.66	2.60 – 57.33	21.10 – 75.40
Amônia (mg/L de NH ₃)	38.75	0.00 – 0.560	0.27 – 3.71
Nitrito (mg/L de N-NO ₂)	0.17	0.00 – 0.014	0.24 – 1.07

Segundo a Resolução CONAMA N° 357 de 2005 (Brasil,2005) para os dados e características levantadas sobre este corpo hídrico, a “fonte” apresenta dados analíticos conforme àqueles estabelecidos como limitantes para a classe 3 das águas doces, como observado na Tabela 5. As águas doces enquadradas como de classe 3, segundo a ANA (2013), são aquelas destinadas às atividades menos exigentes.

Tabela 5. Enquadramento do poço escavado (“fonte”) da comunidade.

Parâmetro	“Fonte”	Corpos d’água classe 2	Corpos d’água classe 3
pH	6.00	6.00 – 9.00	6.00 – 9.00
Turbidez (UNT)	63.79	≤ 100	≤ 100
Cor (mg Pt/L)	< 15.00	75.00	75.00
Ferro (mg/L Fe)	2.83	0.30	5.00
Cloreto (mg/L Cl)	164.73	250.00	250.00
Amônia (mg/L N)	4.54	3.70*	13.30*
Nitrito (mg/L N)	0.50	1.00	1.00
Nitrato (mg/L N)	1.03	10.00	10.00

* Valor estabelecido para pH ≤ 7.5

Os teores encontrados não condizem com os usos da água na comunidade, ou seja, consumo humano e outras atividades domésticas, Conforme a ANA (2013), quando um determinado corpo d’água é enquadrado de acordo aos seus usos preponderantes, há uma série de medidas a serem realizadas para obtenção das características desejáveis.

Entretanto o poço escavado localiza-se em um ponto topográfico desfavorável à implantação de simples barreiras sanitárias, e sujeito a cargas de poluição difusa. Tais fatores inviabilizam a adoção de medidas que garantam a melhoria da qualidade desta água. Ademais, foi possível notar a presença de algas e diplópodes, popularmente conhecidos como “gongolos”, e odor acentuado.

Índices de qualidade de água (IQA)

Os índices de qualidade de água foram calculados para facilitar a divulgação dos resultados. Utilizou-se a metodologia proposta por Almeida (2012), cuja flexibilidade na seleção de parâmetros permitiu o cálculo do índice tanto para os dados secundários fornecidos pela EMBASA, que englobam treze parâmetros, como também para as amostras coletadas neste estudo, que abrangem oito parâmetros. Vale ressaltar que um número maior de parâmetros dá mais robustez ao resultado, todavia um número menor de parâmetros que sejam significativos atende perfeitamente aos objetivos. A Tabela 6 exibe o índice de qualidade de água (e-IQUAS) para as modalidades de abastecimento estudadas nesta pesquisa.

Tabela 6. Índices de Qualidade de Água.

E-IQUAS - Índice de Qualidade de Água das Amostras							
Amostras			Dados Embasa	Pontos de consumo direto	Reservatório domiciliar	CISTERNA	FONTES
Alteração	Parâmetro	Unidade	Nota Alteração	Nota Alteração	Nota Alteração	Nota Alteração	Nota Alteração
Agrotóxicos e Pesticidas	Não analisados	Não se aplica	80	80	80	80	80
Elementos Filtráveis e Partículas	Cor Ferro Turbidez	UN mg/l UT	80	80	80	40	20
Matéria Orgânica e Nutriente	Amônia Nitrito Nitrato	mg/l mg/l mg/l	80	80	80	40	60
Microrganismos	CTO <i>E. Coli</i>	P/A (1/0) P/A (1/0)	80	80	80	80	80
Micropoluentes Minerais	Não analisados; não utilizados	Não se aplica	Não utilizados neste cálculo	Não analisados	Não analisados	Não analisados	Não analisados
Micropoluentes Orgânicos	Não analisados	Não se aplica	Não analisados	Não analisados	Não analisados	Não analisados	Não analisados
Mineralização e Salinidade	Cloreto pH	mg/l escala	80	60	60	40	60
E-IQUAS:			80	60	60	40	20
Amostra analisada está:			Ótima	Aceitável	Aceitável	Não Potável	Inapta

Conclusão

O uso de múltiplas fontes de água em comunidades rurais é um fato comum, por razões diversas, dentre elas a inexistência, intermitência ou interrupção dos serviços públicos de abastecimento. Porém, as modalidades alternativas de acesso à água, devem garantir segurança na quantidade e qualidade do atendimento.

A comunidade de Três Lagoas está inserida no grupo de exceção quanto à principal modalidade de abastecimento, já que tem acesso ao sistema público de abastecimento de água. Entretanto foram relatados episódios de intermitência e interrupção dos serviços, inclusive com decaimento da qualidade da água na retomada do abastecimento.

Ademais, verificou-se que as fontes alternativas, ocasionalmente utilizadas pelos moradores, apresentam desconformidades aos padrões de potabilidade estabelecido na Portaria da Consolidação Nº 5, Anexo XX (Brasil, 2017), sendo portanto, inadequadas para o consumo humano, nas condições em que se encontram.

Agradecimentos

Agradecemos à Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) por gentilmente nos fornecer os dados de análise de qualidade da água distribuída pelo Sistema de Abastecimento de Amargosa, Bahia, Brasil, utilizados neste trabalho.

Referencias bibliográficas

- Almeida, R. A. S.de. (2012) Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e-IQUAS): Uma Metodologia de Modelagem Numérica Flexível, Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 334 pp.
- Álvares, M. L. P. (2005) Qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida antes e após o programa Bahia Azul: fatores determinantes na cidade do Salvador, Dissertação (Mestrado), Curso de Engenharia Ambiental e Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 163 pp.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2013) *Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água*. 68 p.
- Barros, C.N.G., Medeiros, C.M, Medeiros, A. B. M., Oliveira, C.A. (2016) Caracterização da qualidade da água de cisternas da zona rural da cidade de Salgueiro – PE, *Anais I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido*. Campina Grande, Paraíba, 10 a 12 de Novembro de 2016.
- Bhargava, D.S. (1985) Water quality variations and control technology of Yamuna River. Environmental Pollution Series A, *Ecological And Biological [S.l.]*, **37**(4), 355-376. doi: [https://doi.org/10.1016/0143-1471\(85\)90124-2](https://doi.org/10.1016/0143-1471(85)90124-2)
- Brasil (2005) *Resolução nº 357 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*, Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 18 de março de 2005, págs. 58-63. Acesso em 08 de abril 2019, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Brasil (2013) *Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: Algumas práticas e vivências*. Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, Brasília, DF, 8 pp.
- Brasil (2015) *Manual de Saneamento*. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde, Brasília, DF, 642 pp.

- Brasil (2017) *Portaria da Consolidação Nº 5- Trata da Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde*. Ministério da Saúde, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 28 de setembro de 2017. Acesso em 20 de maio 2018, disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html
- Brasil (2006) *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília, DF, 212 pp.
- CCME, Canadian Council of Ministers of the Environment (2001) *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual*. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, [S. l.]. Acesso em 27 de novembro, disponível em: <http://cegg-rcqe.ccme.ca/download/en/138>
- Cortez, G. E. P., Araújo, J. A. C. de, Bellingieri, P. A., Dalri, A. B. (2009) Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **13**(4), 413-417. Acesso em 08 de abril de 2019, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n4/v13n4a19.pdf>
- Florentino, E. (2006) *Qualidade do ar interno do edifício residencial em Niterói-Rio de Janeiro*, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 139 f.
- Galvão, D. S.M. S. (2012). Três Lagoas, o avesso do avesso. *Revista Entrelaçando*. Ano III (5), 35-47. Acesso em 10 de abril de 2019, disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/revistaentrelacando/component/phocadownload/category/170?download=178>
- Hagemann, S. E. (2009) *Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 140 pp.
- Machado, P.L.O. de A., Fabrício, A.C., Prirnavesi, A. C., Hosso, C. de, Ferreira, C.J.A., Prates, H.T., Ferraz, M.R., Arméin, M.J.A., Miyazawa, M., Prirnavesi, O., Mendes, P.J., Ferracini, V.L. (1998) *Água*. In: Nogueira, A.R.A., Souza, G.P. (São Paulo). Embrapa-CNPMA (Ed.). *Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos: Embrapa-CCPSE, 24-31. Acesso em 8 abr. 2019, disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46926/1/agua.pdf>
- Mota, F. S. B., Von Sperling, M. (coordenadores) (2009) *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. ABES, Rio de Janeiro, 428 pp.
- Piveli, R. P. (2001) *Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos*. Notas de aula. EEUSP, São Paulo.
- Resende, R. G., Ferreira, S., Fernandes, L. F. R. (2018). O saneamento rural no contexto brasileiro. *Revista Agrogeoambiental*, **10** (1).
- Rocha, C. M. B. M. da, Rodrigues, L. S., Costa, C. C., Oliveira, P. R., Silva, I. J., Jesus, E. F.M. de, Rolim, R. G. (2006). Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, **22**(9), 1999-2000. doi: <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2006000900028>
- Santa Catarina (2009) *Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água*, Florianópolis, Ministério Público. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente, 37 pp.
- Schembri, M. C. A. C., Ennes, Y. M. (1997) Deterioração da qualidade da água distribuída: o caso de Belo Horizonte, *19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Silva, D. F. Morejon, C. F., Less, F. R. (2014) Prospecção do panorama do saneamento rural e urbano no Brasil. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 245-257. Doi: <https://doi.org/10.14295/remea.v0i0.4449>
- Smith, D. G. (1990) A better water quality indexing system for rivers and streams, *Water Research*, **24**(10), 1237-1244.
- Stoner, J. D. (1978) *Water-Quality Indices for Specific Water Uses*. Arlington, Va, Usa: U.S. Geological Survey.
- Von Sperling, M. (1996) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 243 pp.
- WHO, World Health Organization (2017) *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Genebra. Acesso em 16 de janeiro de 2018, disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4-with-add1-title.pdf?ua=1