

ANÁLISE DE PARÂMETROS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DAS ÁGUAS DE SÍTIO BARRIGUDA III, BARRA DE SANTANA

Léticia Aguiar Ribeiro¹; Ana Esthefany da Silva Pereira²; Ana Clara de Oliveira Silva³; Giselly da Silva Nascimento⁴; Rakely Morgana Alves de Sousa⁵ & Edmilson Dantas da Silva Filho⁶

Abstract: Potable water, fundamental to a good quality of life, is day by day scarcer, and must attend to various rigorous parameters to be considered adequate for human consumption. With the growing usage of subterranean waters, this study sought to analyze this criterion that define water as potable, utilizing titillation and precise equipment applied to a water sample collected from the well in Sítio Barriguda III, Barra de Santana – PB. The sample did not reach the desired parameters, being considered, therefore, improper for human consumption. It was identified elevated levels of salinity, chloride, Total Dissolved Solids (TDS) and total hardness, demonstrating that without previous treatment, the water was found to be in an improper state for potable uses, proving necessary the implementation of treatment processes and the betterment of water with the objective of enabling the utilization of subterranean waters in order to protect public health.

Resumo: A água potável, fundamental para uma boa qualidade de vida, está cada dia mais escassa, e deve atender a vários parâmetros rigorosos para ser considerada própria para o consumo humano. Tendo em mente o crescente uso das águas subterrâneas, o estudo visou analisar esses critérios que definem uma água como potável, utilizando titulações e equipamentos de precisão aplicadas a uma amostra de água coletada no poço de Sítio Barriguda III, Barra de Santana – PB. A amostra não atingiu os parâmetros desejados, sendo considerada, portanto, imprópria para o consumo humano. Foram identificados elevados níveis de salinidade, cloreto, Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e dureza total, demonstrando que sem tratamento prévio, a água se encontra num estado impróprio para usos potáveis, como higiene e consumo, sendo necessária a implementação de processos de tratamento e melhoria da água com objetivo de possibilitar o aproveitamento das águas subterrâneas de modo a proteger a saúde pública.

Palavras-Chave – Análise de água, Tratamento de água, Parâmetros físico-químicos.

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é um direito essencial para a saúde pública e a qualidade de vida. Apesar disso, aproximadamente 97,5% da água no planeta é salgada, tornando-a inadequada para consumo direto ou irrigação. Dos 2,5% de água doce existentes, 69% estão concentrados em geleiras, 30% em aquíferos subterrâneos, e apenas 1% encontra-se em rios. Esse cenário ressalta a necessidade de um planejamento cuidadoso para o uso da água, a fim de evitar impactos negativos em suas diversas aplicações na vida humana (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, [s.d.]). O

1 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, leticia.aguiar@academico.ifpb.edu.br

2 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, ana.esthefany@academico.ifpb.edu.br

3 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, ana.silva.40@academico.ifpb.edu.br

4 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, giselly.silva@academico.ifpb.edu.br

5 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, rakely.morgana@academico.ifpb.edu.br

6 Afiliação: Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), R. Tranqüilino Coelho Lemos, 671 - Dinamérica, Campina Grande - PB, 58432-300. +55 (83) 2102-6200, edmilson.silva@ifpb.edu.br

consumo de água doce aumentou seis vezes no último século e segue crescendo a uma taxa de 1% ao ano, impulsionado pelo aumento populacional, desenvolvimento econômico e mudanças nos padrões de consumo. Além disso, muitas regiões enfrentam a chamada escassez econômica da água, em que ela está fisicamente disponível, mas falta infraestrutura para acesso. A previsão é de que o consumo global aumente quase 25% até 2030, intensificando a pressão sobre os recursos hídricos e destacando a urgência de práticas sustentáveis de manejo e tratamento de água (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura, 2021).

A utilização de água subterrânea, por sua vez, também apresentou um crescimento acelerado nas últimas décadas, mas sem o devido acompanhamento (Herráiz, 2009).

Nesse contexto, as águas de poços artesianos são classificadas como água bruta, pois não passam por tratamento e, portanto, não atendem aos padrões exigidos para consumo humano (Microambiental, 2020).

Com base nesse cenário, este estudo foi realizado no âmbito de um minicurso sobre tratamento de água, com o objetivo de avaliar a qualidade da água proveniente do poço localizado no Sítio Barriguda III, Barra de Santana - PB. Foram realizados testes para analisar diversos parâmetros, como pH, condutividade, cinzas, sólidos totais dissolvidos, cloreto, cor, salinidade e turbidez. Os resultados obtidos permitirão avaliar a potabilidade da água com base nos critérios estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Barra de Santana é um município paraibano com área territorial de 375,144 km² (dados de 2024). De acordo com o censo de 2022, sua população era de 8.059 habitantes, com uma estimativa de 8.253 pessoas no ano de 2024. A cidade apresenta 443 endereços urbanos e 3.306 endereços rurais. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], [s.d.]).

O principal efluente que percorre por Barra de Santana é o rio Paraíba, além de pequenos riachos como Curimatã. A região é marcada pela instabilidade climática, com chuvas irregulares de melhor regime mensal de março a agosto (Alencar et al, [s.d.]). Devido a essas características, o uso de águas subterrâneas tem sido sugerido como solução para o abastecimento da população.

Nenhuma das características acima citadas, apesar de relevantes, foram necessariamente a razão da escolha da região como área de estudo, mas sim o notável crescimento da utilização das águas subterrâneas.

REFERENCIAL TEÓRICO

acidez total e carbônica

A acidez total representa o teor de dióxido de carbono (CO₂) livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais de bases fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio (H⁺) (Macedo, 2003) e o gás carbônico CO₂ dissolvido na água representa o ácido carbônico H₂CO₃ (Piveli e Kato, 2006).

A distribuição das formas de acidez é função do potencial hidrogeniônico (pH) da água, em pH > 8,3 o dióxido de carbono (CO₂) livre está ausente; em pH entre 4,5 e 8,3 está presente a acidez carbônica (H₂CO₃) e em pH < 4,5 está presente a acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais (Piveli e Kato, 2006).

Conforme Piveli (2006) para a determinação da acidez total da amostra é necessário titular-se a amostra de água com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) até o pH 8,3, pois somente neste valor de pH garante-se a total neutralização do CO₂ presente na amostra, prevalecendo apenas o equilíbrio entre bicarbonatos (HCO₃⁻) e carbonatos (CO₃²⁻). Já os ácidos minerais prevalecem em

faixas mais baixas de pH, normalmente em valores inferiores a 4,0, enquanto o gás carbônico está presente na faixa de 4,5 a 8,3.

A acidez total é expressa em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3), e deve referir-se ao pH final da determinação.

alcalinidade

A alcalinidade é uma medida da capacidade que as águas têm de neutralizar ácidos. Esta capacidade é devida à presença de sais de ácidos fracos e álcalis cáusticos livres (Matias, 2019).

pH

O pH é uma escala numérica que determina o grau de acidez de uma solução aquosa, baseado na concentração de íons hidrônio (H_3O^+). Soluções ácidas possuem excesso de íons hidrônio e pH menor do que 7. Soluções básicas possuem excesso de íons hidroxila (OH^-) e valores de pH superiores a 7. Soluções consideradas neutras têm igual concentração de íons H_3O^+ e íons OH^- , e sua medida de pH é 7 (Muniz, 2006).

O pH pode ser medido por diferentes métodos, como indicadores, fitas de pH e o pHmetro (Muniz, 2006).

condutividade

A condutividade se trata de uma propriedade em que um sistema aquoso contém íons capazes de transmitir correntes elétricas. Com isso, podemos relacionar a condutividade com a presença de sólidos totais dissolvidos e salinidade. A temperatura, além de outros fatores, pode afetar a determinação da condutividade de uma solução, que é feita por meio do condutivímetro (Matias e Hassemer, 2019).

cinzas e sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos (STD) em água referem-se à quantidade total de substâncias minerais e orgânicas que estão presentes em solução. Essas substâncias incluem sais, metais, e compostos orgânicos. Altos níveis de STD podem afetar o sabor, a cor e a eficácia de processos de purificação, além de ter implicações na saúde humana e na vida aquática. Portanto, a análise dos sólidos totais dissolvidos é uma prática essencial para garantir a potabilidade da água e a saúde dos ecossistemas (Becker, 2010).

A dureza da água, tecnicamente, refere-se à quantidade de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) dissolvidos nela. Esse parâmetro é um dos componentes dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), que medem a concentração de sais minerais na água. Quanto maior o teor desses compostos, mais dura a água é considerada (Becker, 2010).

salinidade

A salinidade representa a concentração de sais dissolvidos nas águas de lagos e reservatórios. Nas águas salobras, essa medida é geralmente expressa em ppm (partes por milhão). Já nas águas doces, é comum utilizar unidades menores, como ppb (partes por bilhão) ou até mesmo ppt (partes por trilhão) (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro [s.d.]).

A salinidade da água pode ser determinada em laboratório utilizando diversos métodos. Entre eles, destacam-se: refratômetros, que medem o índice de refração da solução, diretamente relacionado

à concentração de sais dissolvidos, e condutivímetros, que avaliam a condutividade elétrica da água, indicando a presença de sais. Outro método utilizado é o resíduo seco, que consiste em evaporar a água e medir os sais restantes (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro [s.d.]).

cor

Para Matias (2019): “na natureza a água adquire cor como resultado principalmente dos processos de decomposição da matéria orgânica, da presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês e de material em suspensão”.

A cor pode ser caracterizada de duas formas: verdadeira, causada por material dissolvido e colóides, ou aparente, em que a turbidez somada à cor verdadeira da água causa uma alteração perceptível na cor (Matias, 2019).

turbidez

Assim como a condutividade, a turbidez, mensurada através do turbidímetro, é uma medida que está diretamente relacionada com a presença de STD na água, sendo caracterizada pela dificuldade de um feixe atravessar uma amostra de água e a quantidade de luz que é desviada. Geralmente, é expressa em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) ou Nephelometric Turbidity Units (NTU) em inglês (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, [s.d.]).

cloreto de mohr

O cloreto é um parâmetro que identifica a concentração de sódio, cálcio e magnésio em uma determinada amostra, e sua remoção pode incluir processos como a deionização ou evaporação (Cruz e Clain, 2010).

Tal método é restringindo a soluções com um pH na faixa de 7 a 10, e caso a solução não se alinhe com o pH necessário, faça-se a correção com uma base ou ácido. A substância indicadora é o K_2CrO_4 (cromato de potássio), que combinada com uma solução de $AgNO_3$ (nitrato de prata) titulada na solução de amostra, dará cor de um vermelho tijolo à solução (Cruz e Clain, 2010).

Também é feito uma prova em branco para que na solução não haja quaisquer elementos que possam reagir com o indicador cromato de potássio ou o reagente nitrato de prata, garantindo uma precisão na titulação (Cruz e Clain, 2010).

METODOLOGIA

O método de aferição utilizada para a amostra foi através do pHmetro, equipamento eletrônico para a medição do pH fornece valores mais precisos e confiáveis do que os indicadores ácido-base, e que baseia na condutividade da solução e posteriormente a transforma em valores de pH (Muniz, 2006).

A amostra foi derramada em um béquero de aproximadamente 40mL após a calibração do pHmetro com as soluções tampão de, respectivamente, pH de 7, 4, e 10. O eletrodo foi submerso três vezes, e com essas três leituras, obteve-se a média de pH da água de 7,52, o que indica uma água com pH um pouco acima do valor neutro.

O equipamento serviu também para fazer a leitura de condutividade e cinzas e sólidos totais dissolvidos, e os resultados foram os seguintes:

Tabela 1 – PH, Condutividade, Cinzas e STD.

| Aferição | pH | Condutividade a 25°C | Cinzas a 20°C | STD |
|----------|----|----------------------|---------------|-----|
|----------|----|----------------------|---------------|-----|

| | | | | |
|-------------|-------|------------|---------|----------|
| Tentativa 1 | 7,49 | 3,66ms/cm | 6,7549% | 1821ppm |
| Tentativa 2 | 7,53 | 3,70ms/cm | 6,8454% | 1804ppm |
| Tentativa 3 | 7,53 | 3,70ms/cm | 6,8274% | 1822ppm |
| Média | ~7,52 | ~3,69ms/cm | ~6,81% | ~1816ppm |

A turbidez e a cor foram outros parâmetros a serem analisados através do uso de aparelhos, respectivamente o turbidímetro e o colorímetro, indicando assim uma média de 18uH para a amostra de água e 0,04NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Tabela 2 – Turbidez e Cor

| Aferição | Turbidez | Cor |
|-------------|----------|------|
| Tentativa 1 | 0,04NTU | 15uH |
| Tentativa 2 | 0,04NTU | 15uH |
| Tentativa 3 | 0,04NTU | 15uH |
| Tentativa 4 | - | 25uH |
| Tentativa 5 | - | 20uH |
| Média | 0,04NTU | 18uH |

Os outros parâmetros foram analisados através de titulações.

ANÁLISES DE TITULAÇÃO

cloreto de mohr e salinidade

A titulação ocorreu em duas etapas: a diluição da amostra, e a titulação em si utilizando as duas substâncias (cromato de potássio e nitrato de prata). Através do seguinte cálculo, foi possível determinar tanto a salinidade quanto a quantidade de cloreto presente na água:

$$\frac{(V_a - V_b) * 35,46 * M * 1000}{mL \text{ da amostra}} \quad (1)$$

Onde: V_a é o volume de $AgNO_3$ gasto na determinação do cloreto, V_b o volume gasto da substância na prova em branco, e M a molaridade do $AgNO_3$.

$$Cl = \frac{(2,8 - 2,1) * 35,46 * 0,0141 * 1000}{1} \Rightarrow Cl \cong 350mg/L \quad (2)$$

A salinidade pode ser expressa pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} Salinidade &= (Cl)^{1,0878} * 0,466 \\ \Rightarrow (3,70)^{1,0878} * 0,4665 &= 1929,9mg/L \end{aligned} \quad (3)$$

alcalinidade

A alcalinidade a methyl orange ou total, decorrente da presença de HCO_3^- , é determinada quando o pH da solução é menor do que 8,3. O indicador utilizado para a sinalização do ponto final da titulação é o alaranjado de metila (methyl orange - indicador básico). O pH do ponto de viragem é

aproximadamente igual a 4,5 e a coloração do indicador passa de amarelo para alaranjado (Matias, 2019).

acidez total e carbônica

Tabela 3 – Acidez Total

| | Água Analisada | PORTARIA GM/MS N° 888/2024 | CONAMA N° 357/2005 | CONAMA N°396/2008 |
|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Acidez Total | 38,6mg/L | - | - | - |

Não há praticamente nenhuma relação da qualidade da água com o gás carbônico, sob o ponto de vista da saúde pública. A grande importância no controle da acidez das águas reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada pelo gás carbônico (presente em águas naturais). O parâmetro acidez não se constitui, apesar de sua importância, padrão de potabilidade (Piveli e Kato, 2006).

As águas naturais, em geral, têm uma reação alcalina, porém, a acidez não é necessariamente indesejável. A importância da determinação da acidez se prende ao fato de que sua variação brusca pode se caracterizar pelo lançamento de algum resíduo industrial (Andrade, 2006).

A portaria e o Conama não apresentam uma quantidade máxima de acidez total na água.

dureza total

O método utilizando tanto para a dureza total quanto dureza de cálcio e magnésio foi a titulação, bem como uso de soluções indicadoras.

$$Dureza\ Total = \frac{(volume\ gasto\ na\ titulação * 1000)}{volume\ da\ amostra} \quad (4)$$

$$Dureza\ de\ Cálcio = \frac{(volume\ gasto\ na\ titulação * 1000)}{volume\ da\ amostra} \quad (5)$$

$$Dureza\ de\ Magnésio = Dureza\ Total - Dureza\ de\ Cálcio \quad (6)$$

processo de análise da dureza total

Houve utilização de uma substância indicadora (indicador negro de eriocromo T), solução EDTA a 0,01M, solução tampão NH₄Cl/NH₄OH – pH = 10, como também o uso de uma solução inibidora de Na₂S a 5%. 50mL da amostra foi transferida para um ErlenMeyer de 250mL dentro de uma capela, pipetados 1mL da solução tampão e 1mL da solução inibidora dentro da amostra, gotejando uma gota do indicador negro ao final. Ao titular, a amostra foi observada para quaisquer mudanças na sua cor.

processo de análise da dureza de cálcio e magnésio

Já para a determinação da dureza de cálcio e magnésio, foi-se utilizado um indicador de murexida e solução de NaOH a 1M, bem como a mesma solução EDTA manuseada no processo anterior. 50mL da amostra foi transferida para um Erlenmeyer, pipetados 2mL de NaOH, e gotejado

o indicador de murexida até que a solução atingisse uma cor rosa. A amostra foi titulada com a solução EDTA até que se manifestassem mudanças visuais.

Tabela 4 – Alcalinidade, Cloreto de Mohr, Dureza Total, Dureza de Cálcio, Dureza de Magnésio, Acidez Total

| Aferição | Alcalinidade | Cloreto de Mohr | Dureza Total | Dureza de Cálcio | Dureza de Magnésio | Acidez Total |
|-------------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------------|--------------|
| Tentativa 1 | 13,1 | 2,8 | 5,7 | 2,2 | 3,5 | 3,9 |
| Tentativa 2 | 13,1 | 2,7 | 5,6 | 2,2 | 3,4 | 3,5 |
| Tentativa 3 | 13,2 | 2,75 | 5,7 | 2,1 | 3,6 | 4,2 |
| Média | ~13,13 | 2,75 | ~5,67 | ~2,17 | 3,5 | ~3,87 |
| Resultado em mg/L | 131,4 | 350 | 567 | 217 | 350 | 38,7 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 5 – Comparação de Parâmetros de acordo com a PORTARIA GM/MS Nº 888

| Parâmetros Analisados | Parâmetros Obtidos | Valor Máximo Permitido | Beltrão, <i>et al.</i> |
|----------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Alcalinidade | 131,4mg/L | - | - |
| Acidez Total | 38,7mg/L | - | - |
| Cloreto | 350mg/L | 250mg/L | - |
| Cor | 18uH | 15uH | - |
| Cinzas a 20°C | 6,81% | - | - |
| Condutividade a 25°C | 3,69ms/cm | - | - |
| Dureza de Cálcio | 217mg/L | - | - |
| Dureza de Magnésio | 350mg/L | - | - |
| Dureza Total | 567mg/L | 300mg/L | - |
| pH | 7,52 | - | - |
| Salinidade | 1929,9mg/L | - | - |
| Sólidos Totais Dissolvidos | 1816mg/L | 500mg/L | 488,82mg/L |
| Turbidez | 0,04NTU | 5uT | - |

A Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece diretrizes e padrões para a potabilidade da água e para o tratamento de água para consumo humano no Brasil, no entanto, a portaria não se refere especificamente à porcentagem de cinzas na água, pH (que serve apenas como um valor referencial para tempo de contato nos processos de desinfecção), salinidade, condutividade, entre outros.

Para fins de comparação, utilizou-se o relatório técnico produzido por Beltrão *et al.*, 2005, de título “Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado de Paraíba, Diagnóstico do Município de Barra de Santana”. Contudo, foi observado uma escassez de estudos que retratassem o tema abordado na região de Barra de Santana, evidenciando uma lacuna na literatura e reforçando a importância da presente pesquisa.

A água de poço analisada apresentou uma quantidade de 1816mg/L de Sólidos Totais Dissolvidos sendo assim imprópria para consumo. Além disso, não se adequou a outros parâmetros, como cor, cloreto e dureza total, ultrapassando o valor máximo permitido (VMP).

CONCLUSÃO

Através da metodologia aplicada, foi possível a determinação dos parâmetros da amostra de água, observando a inadequação aos valores máximos permitidos pelas normas ambientais vigentes, reforçando a importância de uma análise prévia para quaisquer tipos de tratamento ou consumo humano, sendo assim imprópria para usos potáveis.

Além disso, os achados permitem destacar a necessidade de monitoramento e análises dedicadas contínuas para permitir o uso das águas subterrâneas em favor do crescimento do seu uso acelerado, preservando a saúde pública.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (s.d.). *Água no Mundo*. <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>.

ALENCAR, A. E. V. de; OLIVEIRA, D. G. H. de; MONTEIRO, D. R.; RACHED, S. A. (2013). “*Regime de Chuvas Mensal e Anual do Município de Barra de Santana Nos Últimos Anos*” in I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande, 2013.

ANDRADE, N. J. de. (2006). *Higienização na Indústria de Alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos*. Varela, 412p.

BECKER, H. (2010). *Controle Analítico de Águas*. Universidade Federal do Ceará (v.4), 84p.

BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F. de; MASCARENHAS, J. de C.; MIRANDA, J. L. F. de; SOUZA JUNIOR, L. C. de; MENDES, V. A. (2005). *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado de Paraíba, Diagnóstico do Município de Barra de Santana*. Repositório Institucional de Geociências, 21p.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). *Resolução Conama Nº 357, de 17 de Março de 2005*. Diário Oficial da União (n. 53), pp. 58 – 63. https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2008). *Resolução Conama Nº 396, de 3 de Abril de 2008*. Diário Oficial da União (n. 66, seção 1), pp. 64 – 68. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=07/04/2008&jornal=1&pagina=66&totalArquivos=88>.

CRUZ, J. N. da.; CLAIN, A. F. (2010). *A Interferência do pH na Análise de Cloreto pelo Método de Mohr*. Revista Eletrônica TECCEN – Vassouras (v. 3, n.3), pp. 29 – 44. <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/255/203>.

HERRÁIZ, A. D. (2009). *La Importancia de Las Aguas Subterráneas*. Revista Real Academia de Ciencias Exctas, Físicas y Naturales (v. 103, n. 1), pp. 97-114.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (s.d.). *Barra de Santana*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/barra-de-santana/panorama>.

MACEDO, J. A. B. de. (2003) *Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas*. CRQ-MG, 450p.

MATIAS, W. G. (2019). *Determinação da Alcalinidade*. <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/Alcalinidade.pdf>.

MATIAS, W. G. (2019). *Determinação da Cor*. <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/Cor.pdf>.

MATIAS, W. G.; HASSEMER, M. E. N. (2019). *Determinação da Condutividade*. <https://web.archive.org/web/20240822115049/https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/Condutividade.pdf>.

Microambiental. (2020). *Água Não É Tudo Igual: entenda a água de poço artesiano*. <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/agua-nao-e-tudo-igual-entenda-a-agua-de-poco-artesiano/>.

Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. (2021). Diário Oficial da União (n. 85, seção 1), pp. 127. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html#:~:text=PORTARIA%20GM%2FMS%20N%C2%BA%20888%2C%20DE%204%20DE%20MAIO%20DE%202021.

MUNIZ, H. (2006). *Medição de pH em emulsões*. https://www.gehaka.com.br/downloads/medicao_ph.pdf.

Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. (2021). *Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados*.

Programa Mundial da UNESCO para Avaliação dos Recursos Hídricos, 11p.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por.

PIVELI, R. P.; KATO, M.T. (2006). *Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos*.
<https://repositorio.usp.br/directbitstream/b2773d05-c583-4be1-bf79-cc0f3dd77a81/Piveli-2006-Qualidade.pdf>.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. (s.d.). *Salinidade*.
<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/sal.htm>.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. (s.d.). *Turbidez*.
<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/turb.htm>.