

## Controle e remoção de ferro e ph de água subterrânea por filtro confeccionado em escala domiciliar

O consumo de água é uma das necessidades básicas essenciais para a sobrevivência humana. Devido à presença de altas concentrações de ferro que causa inconvenientes em águas de poços em domicílios no local de estudo deste trabalho, revela-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas capazes de remover o ferro e correção do pH para tratamento da água para o consumo humano. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle/redução da concentração de ferro e pH presentes nas águas proveniente de poços domiciliares, no bairro Santo André na Cidade de Santarém no estado do Pará, através de filtração. Para a filtração foi utilizada uma alternativa de tratamento simplificado, com filtro confeccionado de policloreto de vinila (Pvc) contendo materiais filtrantes, visando que os valores máximos permissíveis de ferro e pH na água do poço para consumo humano sejam respectivamente, 0,3 mg/L para ferro e pH entre (6,0 e 9,5), a análise física química da água realizou-se em duas etapas. Verificaram-se na primeira etapa os parâmetros ferro e nitrato em quatro poços, e detectado maior concentração de ferro no poço 01, com 4,36 mg/, neste outros parâmetros também foram analisados. Na segunda etapa, realizou-se o tratamento com o filtro no poço 01, e análise da água pré e pós-filtração para (ferro, pH e turbidez). Os principais resultados para a análise do parâmetro ferro foi redução do valor < 5 pré - filtração, para 4,46 mg/L pós - filtração, porém não atingiu o padrão adequado para consumo, o pH melhorou consideravelmente em duas análises e outra atendeu a Portaria da Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, do valor de 5,80 pré - filtração para 6,06 pós - filtração, a turbidez foi de 4,61, para 13,0 fora dos padrões, e após repetição de 0,24 para 1,24 mg/L, aumentou, porém permaneceu dentro dos padrões da referida portaria.

**Palavras-chave:** Filtração alternativa; Tratamento de água; Carvão ativado e areia; Potabilidade.

## Control and removal of iron and ph of underground water by filter made on a household scale

Water consumption is one of the essential basic needs for human survival. Due to the presence of high concentrations of iron that causes inconvenience in well water in households at the place of study, this reveals the need for the development of alternative technologies capable of removing iron and correcting the pH for the treatment of drinking water human. In this sense, the objective of this work was to evaluate the control/reduction of the concentration of iron and pH present in water from household wells, in the Santo André neighborhood in the city of Santarém in the state of Pará, through filtration. For the filtration, a simplified treatment alternative was used, with a filter made of polyvinyl chloride (Pvc) containing filter materials, aiming that the maximum permissible values of iron and pH in the well water for human consumption are, respectively, 0.3 mg/L for iron and pH between (6.0 and 9.5), the physical chemical analysis of the water was carried out in two stages. In the first stage, the iron and nitrate parameters were verified in four wells, and a higher concentration of iron was detected in well 01, with 4.36 mg/L, in this other parameters were also analyzed. In the second stage, the treatment with the filter in well 01 was carried out, and analysis of the pre- and post-filtration water for (iron, pH and turbidity). The main results for the analysis of the iron parameter was a reduction of the value <5 pre - filtration, to 4.46 mg/L post - filtration, however it did not reach the adequate standard for consumption, the pH improved considerably in two analyzes and another met Consolidation Ordinance Nº 5, of September 28, 2017, from the Ministry of Health, from 5.80 pre-filtration to 6.06 post-filtration, the turbidity was 4.61, to 13.0 outside the standards, and after repeating from 0.24 to 1.24 mg/L, it increased, but remained within the standards of that ordinance.

**Keywords:** Alternative filtration; Water treatment; Activated carbon and sand; Potability.

Topic: Engenharia Sanitária

Received: 13/04/2021

Approved: 13/05/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Nailde Pinto Alves** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4876000488127483>

<http://orcid.org/0000-0003-2663-3941>

[naildep636@gmail.com](mailto:naildep636@gmail.com)

**Jaelbe Lemos de Castro**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6055330513118902>

[jaelbelemos@hotmail.com](mailto:jaelbelemos@hotmail.com)

**Mauro Alexandre Paula de Sousa** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2181555015520763>

<http://orcid.org/0000-0002-5798-8553>

[mauroapsousa@gmail.com](mailto:mauroapsousa@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0025

### Referencing this:

ALVES, N. P.; CASTRO, J. L.; SOUSA, M. A. P.. Controle e remoção de ferro e ph de água subterrânea por filtro confeccionado em escala domiciliar. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.5, p.285-300, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0025>

## INTRODUÇÃO

O consumo de água é uma das necessidades básicas essenciais para a sobrevivência humana. Santarém é uma cidade na Amazônia com processo acelerado de urbanização, elevando a demanda por águas subterrâneas. Segundo estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil em 2019, junto com o Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas CEPAS/USP, diversos setores utilizam as águas subterrâneas, sendo os principais usos no abastecimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%) e abastecimento múltiplo (14%), no qual o destino da água é em grande parte diversificado para a prestação de serviços urbanos (TRATA BRASIL, 2019). Na região Norte a água Subterrânea é quase totalmente utilizada para o abastecimento humano (SOUZA, 2010).

No Bairro Santo André, 54,76% das residências são abastecidas por poços e 45,24 por microssistema (SCALABRIN et al., 2019). Segundo dados obtidos por Meschede (2018), em Santarém, estima-se que 61% da população é atendida através do sistema de abastecimento público de água, cuja captação pode alcançar até 250 m de profundidade, diferente dos demais bairros que se valem de poços artesianos menos profundos, com espessura média de 50 m e localizado mais próximo ao lençol freático, sendo o último comparado aos poços do local do presente estudo. As águas subterrâneas rasas podem ser influenciadas por uma série de fontes de contaminação, oriundas de: atividades de postos de combustíveis e derivados de petróleo; cemitérios; agrotóxicos e pesticidas; suinocultura; atividades minerárias; metais pesados; aterros, lixões, depósitos sanitários, lagoas de estabilização; construção irregular de poços; fossas sépticas; nitrato; radioatividade; atividades bélicas; aliados ainda a superexploração (SOUZA, 2010), o que pode comprometer a sua qualidade e disponibilidade.

Segundo Sousa et al. (2017), o “Antigo Lixão do Santo André” originou-se do surgimento de um buraco ocasionado pela demolição de uma serra para extração de agregados para a construção civil, e posteriormente foi utilizado de forma irregular como destino final de “lixo” e entulho durante 15 anos, e desativado no ano de 2015. As águas subterrâneas normalmente por não estarem poluídas em seu estado natural dispensam maiores tratamentos (RICHTER et al., 2003). Porém, essas águas geralmente apresentam teores de ferro bem mais elevado do que as águas superficiais, e quando entra em contato com o oxigênio formam precipitados conferindo cor, odor e sabor característicos às águas (NARCISO et al., 2004; LIBÂNIO, 2005; PARRON et al., 2011). Esses teores geralmente são associados às águas de Potencial Hidrogeniônico (pH) baixo, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido, sob a forma de bicarbonatos ferrosos dissolvidos. Por isso, tendem a reduzir a aceitação da água pelo consumidor.

No Brasil os padrões de qualidade da água são definidos pela Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e organoléptico, radioativos são determinados pela mesma Portaria (BRASIL, 2017). Segundo Scalabrin et al. (2019), constataram em um estudo recente, valores muito acima do permitido nos parâmetros, ferro (Fe) e nitrato, além disso, observaram fisicamente e sensorialmente que as amostras de dois pontos localizados mais próximos à antiga área original do “Antigo Lixão do Santo André” continham uma quantidade excessiva de material particulado visível, associado ao cheiro de ferrugem, supostamente, mais suscetíveis

às contaminantes provenientes do antigo lixão.

Tendo em vista, a presença de tais inconvenientes no local de estudo deste trabalho, revela-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas para tratamento da água para o consumo humano, capaz de remover o ferro da água de poço, e correção do pH. Vários estudos, utilizando filtração (objeto de estudo desse trabalho) ou diferentes sistemas de tratamento combinado ou não com a filtração já foram realizados por diversos autores. O presente estudo objetivou avaliar o controle/redução da concentração de ferro e pH presentes nas águas proveniente de poços, em domicílios, no bairro Santo André na Cidade de Santarém no estado do Pará, utilizando uma alternativa de tratamento simplificado, com filtro artesanal feito de policloreto de vinila (Pvc) contendo materiais filtrantes, visando que os valores máximos permissíveis de ferro e pH na água do poço das residências sejam respectivamente, 0,3 mg/L para ferro e pH entre (6,0 e 9,5).

## **METODOLOGIA**

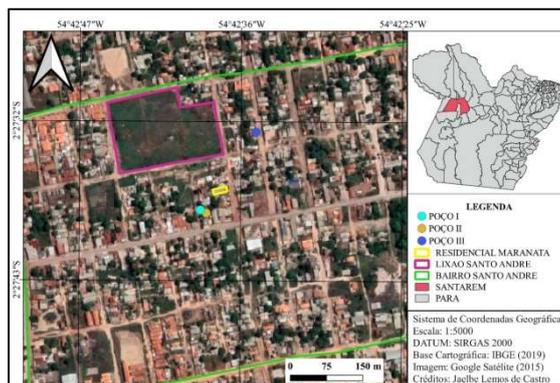
### **Definição e localização da área de estudo**

O presente estudo foi realizado no Bairro do Santo André, localizado na zona sul do município de Santarém/PA, no distrito da Grande Área da Nova República (figura 1). O bairro apresenta uma população aproximada de 8 mil habitantes, segundo o cadastramento da Unidade básica de saúde.

O processo intenso de exploração dos recursos naturais tornou-se bairro, sem qualquer estrutura, desprovido de serviços e equipamentos essenciais capaz de garantir qualidade de vida e bem estar da população residente. A área de estudo está situada no Oeste do estado do Pará, cidade de Santarém, na Amazônia central brasileira. A cidade de Santarém, com 306.480 mil habitantes estimados em 2020 (IBGE, 2010), é a segunda região urbana mais importante do estado do Pará e está localizada no encontro dos rios Tapajós e Amazonas. A água para consumo em Santarém é de captação subterrânea, fornecida pela COSANPA, pela Prefeitura do município de Santarém ou através de perfurações particulares realizadas pelos próprios moradores (COSANPA, 2013). A região é marcada por dois períodos o período de seca (julho a novembro) e período chuvoso (dezembro a maio).

Para esse estudo foi considerado a primeira etapa no período de seca do mês de (outubro), e a segunda etapa no período chuvoso mês de (março). De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos anos de 2018 e 2019, na região de Santarém, 95% dos valores registrados para temperatura estiveram entre 22,5 a 32,7 °C durante a estação seca e, 22,3 a 31,2 °C durante a estação chuvosa, com média mensal de precipitação e umidade relativa em 2019 de 53,8 mm e 86,5% durante a estação seca, e 250,7 mm e 91,2% na estação chuvosa (INMET, 2019). O Bairro de Santo André, local de estudo, foi definido segundo critério de localizar-se em torno do antigo “lixão do Santo André”, que apresentassem fonte de captação de água subterrânea. Inicialmente selecionaram-se quatro poços domiciliares de maneira aleatória em torno do antigo “lixão do Santo André” (observar figura 1). Depois se selecionou dois domicílios com os índices mais altos de concentração de ferro para realizar o tratamento com a filtração (Residencial e Poço I). Posteriormente, foi possível a realização do teste com

filtro somente no Poço 1 localizado conforme figura a seguir.



**Figura 1:** Localização de Santarém/PA (direita superior), do poço 01 (azul claro), próximo do antigo lixão do Santo André (rosa) e bairro do Santo André (verde) na (imagem principal esquerda).

O critério de seleção principal do local foi devido à presença de elevada concentração de ferro (maior que 3mg/L), detectado em um estudo recente realizado por Scalabrin et al. (2019) na água para abastecimento domiciliar. Devido ao lixão de Santo André está sobre arenitos, conglomerados e pelitos da Formação Alter do Chão recobertos por níveis lateríticos (MENDES, 2015). Assim como a presença de materiais siliclásticos (areias e argilas) nas rochas da formação Alter do Chão contribuem para a determinação da acidez na água do aquífero de forma natural, constatados por Mendes et al. (2017).

Tendo em vista a preocupação com a qualidade da água ofertada para consumo humano no local, e devido à área encontrar – se suscetíveis a fatores naturais e antrópicos, que em outros estudos como o de Galvão et al. (2018) confirmaram a contaminação de águas subterrâneas via lixões desativados ocupados desordenadamente pela população. Esses fatores contribuíram para a real necessidade de uma proposta para alternativa de tratamento da água do poço das residências através de filtros de contato sobre gravidade, composto principalmente por material adsortivo, e com fluxo descendente em escala domiciliar para fins de minimizar os problemas presentes na água para consumo humano dos moradores.

### Montagem e instalação dos filtros

Para a construção do filtro artesanal para o estudo, foram utilizados: 50 cm de tubo de policloreto de vinila (PVC) de diâmetros 100 mm, dois caps, um para a parte superior, e outro para a parte inferior e camadas sobrepostas de manta, areia com granulometria de 1,5 x 1,5 mm, carvão ativado comercial de 2,5 x 2,5 mm e fragmentos menores, britas de granulometria de 1,0 cm e britas menores que 1,0 cm, conexões de pvc, dois adaptadores de 32 mm de diâmetro, e adesivo de silicone. Para o processo de instalação, foram utilizados uma adaptação para filtro adsortivo em escala domiciliar de fluxo descendente e contato direto, composto por camadas e subcamadas, de materiais de granulometrias diferentes, previamente selecionadas e lavadas. E em seguida todos os materiais filtrantes, e a camada suporte com britas foram preenchidos e colocados nos filtros.

O material foi distribuído no filtro em quatro camadas de materiais diferentes, de seis centímetros de espessura de manta, dez centímetros de areia, vinte centímetros de carvão ativado, e uma camada com

subcamadas de quatorze centímetros de brita, distribuídos igualmente para brita com granulometria média e grossa, sendo a granulometria decrescente em todo o filtro, conforme o aumento da altura.

A metodologia usada para a construção do filtro foi uma adaptação de Azevedo (2017), para a confecção e utilização do filtro em escala domiciliar. A figura 2 representa de forma ilustrativa a configuração e disposição dos materiais no filtro confeccionado para a remoção de ferro, e equilibrar o pH da água de poços subterrâneos para o abastecimento domiciliar.

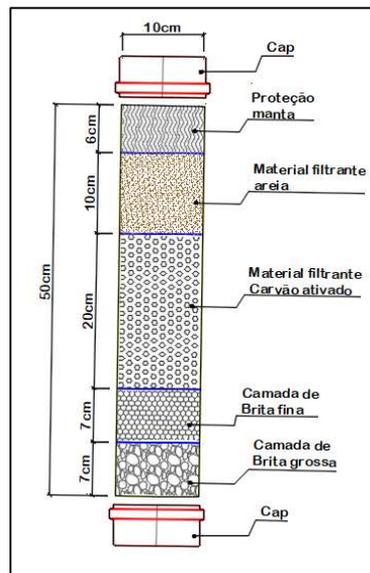


Figura 2: Ilustração dos componentes, e perfil construtivo do fitro em escala domiciliar

### Aspectos importantes de funcionamento do filtro

Segundo LIBÂNIO (2008), nos filtros descendentes a água a ser filtrada escoar primeiramente através das partículas menores do leito filtrante, as impurezas tendem a ser retidas logo no topo do mesmo, colmatando o filtro de maneira mais rápida. No filtro descendente, todas as partículas removidas da água ficam retidas no meio filtrante (a água não passa pela camada suporte anteriormente), assim, é muito importante que as impurezas sejam distribuídas em profundidade, com o objetivo de obter carreira de filtração com duração razoável. Por isso, principalmente na Filtração Direta Descendente (FDD), são empregadas unidades de dupla ou mesmo tripla camada filtrante, de forma a possibilitar a filtração em profundidade (DI BERNARDO, 2003).

O teste com o filtro para tratamento da água com altas concentrações de ferro na residência acontece da seguinte forma: após o bombeamento para captação da água subterrânea, esta fica armazenada no reservatório elevado, em seguida a água desce por gravidade pela tubulação, e com o filtro já instalado, ocorre à passagem da água pelo filtro. Depois de filtrada, a água segue normalmente para distribuição e consumo na residência apontadas no fluxograma de instalação. O filtro foi confeccionado para funcionar em escala domiciliar, e o tratamento por gravidade, observado na (figura 3) mas também pode ser utilizado sob pressão em escala domiciliar, pois sua resistência é muito boa. A limpeza deve ser feita através de retrolavagem com água limpa, semanalmente ou a cada 15 dias.

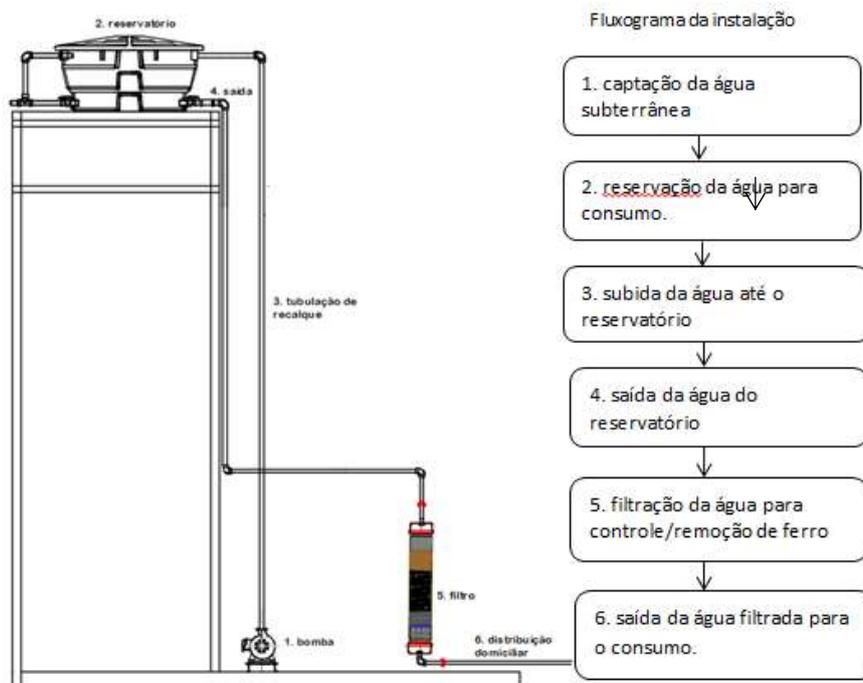


Figura 3: Esquema de instalação de filtro no local do estudo.

### Coleta, análise das amostras de água

Para a coleta das amostras de água, os procedimentos foram baseados como disposto no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2014). A qualidade da água dos poços foi avaliada com base em análises físico-químicas, e os limites estabelecidos pela Portaria 05 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). O presente trabalho foi realizado em duas etapas, sendo a primeira etapa para coleta e análise físico química da água dos poços domiciliares. E a segunda etapa para realizar a aplicação do filtro no tratamento da água no local onde o parâmetro ferro foi encontrado fora dos limites estabelecidos pela Legislação vigente da água para o consumo humano.

Na primeira etapa, as coletas das amostras de água e análises, foram realizadas inicialmente em quatro poços, sendo o primeiro pertencente ao Residencial Maranata, recebendo essa denominação e o restante chamado de poço 01 (P1), poço 02 (P2) e poço 03 (P3) (ver figura 4). A água foi coletada nos pontos mais próximos da saída para consumo, das torneiras de pias de cozinha das residências, para verificar alterações nos parâmetros de ferro e nitrato, na data do dia 21 de outubro do ano de 2019, período de (seca).



Figura 4: Amostras de água dos poços Residencial Maranata, P1, P2 e P3 respectivamente.

Na segunda etapa foi realizado o tratamento com o filtro, nos poços onde foram encontrados parâmetro de ferro na água do poço acima dos padrões estabelecidos pela legislação vigente para o parâmetro ferro na água, porém, só foi possível realizar a filtragem no poço 01, conforme consta nos resultados, pois foi detectado inicialmente na primeira etapa com maior concentração do parâmetro ferro. Nessa etapa, foi realizada uma coleta antes e após a filtragem, (figuras 5 e 6) para verificar a redução/controle do parâmetro de ferro, pH e turbidez, no mês de março no ano de 2020 (período chuvoso).



**Figuras 5 e 6:** Coleta antes e após a filtragem da água no Poço 1

Também foram realizadas duas vezes a análise do pH, em dois medidores diferentes com a finalidade de verificar se ocorreriam diferenças entre os resultados finais. Para a análise físico química da água, tanto na primeira quanto na segunda etapa, foram coletadas amostras de 1000 ml utilizando garrafas esterilizadas e vedadas, em seguida, estas foram etiquetadas, acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo para conservação e transportadas para análises no Laboratório. As análises de todas as amostras foram realizadas no laboratório de química da Universidade Federal do Oeste do Pará, uma no primeiro semestre do ano 2019, e outra logo após o tratamento, no mês de março de 2020. Nessa etapa, o ferro, o pH e a turbidez também foram analisados concomitantemente com a temperatura, antes e após a filtragem da água. O pH e Turbidez da água filtrada foram comparados às exigências da Portaria da Consolidação do Ministério da Saúde, sendo estes para avaliar a eficiência do filtro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada parâmetro analisado, foram comparados seus resultados com os valores de referência (Valor Máximo Permitido-VMP) da legislação vigente do Ministério da Saúde (Anexo XX da Portaria da Consolidação nº 5/2017), apresentados no Quadro 1. Além disso, todos os equipamentos utilizados, foram escolhidos por apresentarem limite de detecção compatíveis com os valores recomendados pela mesma portaria, e encontravam-se disponíveis no laboratório de Química da Universidade Federal do Oeste do Pará.

**Quadro 1:** Valor máximo permitido, para os parâmetros analisados, segundo o anexo XX da Portaria da Consolidação nº 5/2017, e equipamentos utilizados.

Parâmetros da Água	Equipamento	VPM/Unidade
Turbidez	Turbidímetro de bancada AP 200 (Policontrol)	5 uT
Potencial Hidrogeniônico – (pH)	Multiparâmetro HANNA	6,0 a 9,5
Condutividade elétrica	Multiparâmetro HANNA	µS/cm
Sólidos Dissolvidos	Multiparâmetro HANNA	1000 mg/L
Nitrito	Multiparâmetro HANNA	1 mg/L
Amônia	Multiparâmetro HANNA	1,5 mg/L
Amônio	Multiparâmetro HANNA	-
Nitrato	Multiparâmetro HANNA	10 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	Multiparâmetro HANNA	3,7 mg/L
Ferro	Multiparâmetro HANNA	0,3 mg/L
Salinidade	Multiparâmetro HANNA	Ppt
DQO	Reator/ Multiparâmetro HANNA	-

### Resultados da primeira etapa, da análise da água

Nas amostras coletadas para verificação de Ferro no mês de outubro do ano 2019, período de seca, foram realizadas as análises físicas químicas da água e verificados a presença de ferro e nitrato na água de poço dos quatro domicílios denominados de Residencial Maranata, poços 01(P1), poço 02 (P2), e poço 03 (P3) conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Valores correspondentes para a análise dos parâmetros Ferro e Nitrato, na primeira etapa.

Parâmetros analisados	Amostra 1 (Residencial)	Amostra 2 (P1)	Amostra 3 (P2)	Amostra 4 (P3)	Unidade	V.M.P
Ferro	1,47	4,36	0,0	0,24	mg/L	0,30
Nitrato	0,0	0,0	13,0	8,0	mg/L	10,0

As análises de ferro e Nitrato realizadas na primeira etapa nas amostras do Residencial e P1 foram encontradas concentrações nos valores de 1,47 mg/L e 4,36 mg/L respectivamente para ferro, e ausência de Nitrato nas duas amostras. Os resultados encontrados para ferro de 1,47 mg/L e 4,36 mg/L são considerados superiores aos valores máximos permitidos pela Legislação vigente de 0,3 mg/L, para consumo humano. Esse limite é estabelecido devido aos problemas estéticos relacionado à presença do ferro na água e do sabor ruim que o mesmo lhes confere. Na amostra do P2, o parâmetro ferro não foi encontrado. Para o Nitrato o resultado foi de 13,0 mg/L, portanto estando acima do valor máximo permitido, que é de 10,0 mg/L. Na amostra do P3, o ferro e nitrato estavam em conformidade com a legislação vigente. O Nitrato não foi utilizado para o estudo no filtro, pois apesar de ser um parâmetro muito importante, só foi encontrado na água do poço de uma residência, em concentrações maiores que o permitido. Já no domicílio, onde houve maiores concentrações de ferro foram analisados também outros parâmetros para verificar se estavam de acordo com os padrões da legislação vigente do Ministério da Saúde (Anexo XX da Portaria da Consolidação nº 5/2017).

Como observado no resultado à água de dois poços (Residencial Maranata e P1) apresentam valores acima do permitido pela legislação para o parâmetro ferro, fator determinante para ser escolhido como ponto principal para a realização da testagem do filtro no P1. Além do ferro e do Nitrato, outros parâmetros foram analisados no P1(local escolhido para testagem do filtro). Na primeira etapa para análise da água realizada no poço (P1) o resultado para as concentrações no parâmetro ferro foi de 4,36 mg/L. As amostras coletadas ocorreram no mês de outubro do ano 2019, período de seca.

Os parâmetros mais importantes para o estudo foram (ferro, pH e Turbidez), no entanto outros também foram analisados na primeira etapa no P1 e os resultados estão todos em tabela. Os parâmetros foram: Turbidez, Potencial Hidrogeniônico – pH, Condutividade elétrica, Sólidos Dissolvidos Totais, Nitrito, Nitrato, Amônia, Amônio, Ferro, Salinidade, Nitrogênio Amoniacal, DQO. Os resultados estão mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultado da análise físico química no poço P1, realizada no laboratório de Química da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Parâmetros analisados	Amostra (P1)		
	(P1)	V.M.P	Unidade
Turbidez	<b>70,5</b>	5,0	UNT
Potencial Hidrogeniônico – pH	6,34	6,0 a 9,5	
Condutividade elétrica	253,3		µS/cm
Sólidos Dissolvidos Totais	164,8	1000	mg/L
Nitrito	0,01	1,0	mg/L
Nitrato	0	10,0	mg/L
Amônia	<b>11,38</b>	1,5	mg/L
Amônio	12,07	-	-
Ferro	<b>4,36</b>	0,3	mg/L
Salinidade	0,1	0,5	ppt
Nitrogênio Amoniacal	<b>9,36</b>	3,7	mg/L
DQO	-		0
Temperatura (°C)	26,0		

Os Valores em negrito foram encontrados em desconformidade com os limites estabelecidos pela Portaria da Consolidação nº5/2017.

Os valores de turbidez na primeira etapa no P1 apresentaram 70,5 UNT. A Turbidez é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. O valor máximo permitido pela Portaria é de 5,0 UNT como padrão de aceitação para consumo humano. O valor ficou acima de 5,0 UNT o que evidencia a alta concentração de partículas nas amostras. A Portaria da Consolidação nº 5/2017, do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde (OMS), estabelecem como padrão de potabilidade para a Turbidez um limite de 5,0 UNT (unidade nefelométrica).

As amostras de pH apresentaram valores de 6,35, dentro do padrão de referência que é de 6,0 e 9,5. A respeito da condutividade elétrica, os valores obtidos foram 253.3 µS/cm. Apesar de não haver nenhuma determinação do Ministério da Saúde para este parâmetro, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2014) sugere que os valores comumente obtidos em águas naturais estejam na faixa de 10 a 100 µS/cm, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem chegar a 1.000 µS/cm, dessa forma, os resultados obtidos apresentam-se acima do limite proposto.

Os valores de sólidos dissolvidos totais, (STD) e do nitrito, apresentaram-se dentro do estabelecido pela portaria, onde o valor máximo permitido para o nitrito é de 10,0 mg/L, que após análise, apresentou o valor de 0.01 mg/L. Os sólidos dissolvidos totais foram de valor de 164,8 mg/L. O STD mede a concentração de substâncias iônicas e é expressa em mg/L. O limite máximo permitido de STD na água para consumo humano é de 1.000 mg/L. Os sólidos na água podem ocorrer de forma natural oriundo de processos erosivos, organismos e detritos orgânicos ou por atuação antropogênica, destinação inadequada de lixo e esgoto (BRITO, 2019). Foram utilizados para o tratamento com o filtro o parâmetro ferro cujo valor encontrado em P1, foi de 4,36 mg/L, acima do valor, estabelecido pela legislação vigente. O ferro em altas

concentrações provoca a rejeição da água pelo consumidor devido o sabor, e odor.

As presenças de nitrito em águas naturais geralmente contêm concentrações inferiores a 0,001 mg/L NO<sub>2</sub> e raramente superam 1 mg/L NO<sub>2</sub>. O nitrito é resultado da oxidação do nitrogênio no meio aquático, o que ocorre dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera. A origem do nitrogênio pode ser natural, proveniente de proteínas e de outras antrópica como dejetos domésticos e industriais, fezes de animais e fertilizantes, segundo Sperling (2014). O nitrato não foi encontrado nesta análise. Porém, quando as concentrações são superiores a 10 mg/L, o nitrato apresenta riscos de morte se ingerido por crianças com idade inferior a seis meses e provocar problemas de saúde em animais (QUEIROZ, 2004). Nitrato pode ser de origem natural vinda de rochas ígneas, do uso de fertilizantes, de áreas de drenagem e da decomposição da matéria orgânica podendo ser intensificadas por esgotos domésticos e industriais (HELLER et al., 2010).

Além disso, no organismo humano, o nitrito (NO<sub>2</sub>-) e nitrato (NO<sub>3</sub>-) consumidos em excesso através da água podem ser rapidamente absorvidos pelo sistema gástrico intestinal e ao atingirem a corrente sanguínea, são envolvidos principalmente em reações que modificam a estrutura da hemoglobina para uma forma não fisiológica, ocasionando a chamada metahemoglobinemia infantil, que é considerado um dos efeitos mais graves relacionados à toxicidade do NO<sub>3</sub> (WHO, 2011). A salinidade foi de 0,1 ppt, portanto apresentou-se dentro do limite proposto de 0,5 ppt.

De acordo com os padrões de potabilidade, a concentração de amônia em uma água deve ser inferior a 1,5 mg/L, nos resultados obtidos, o ponto 11,38mg/L, se mostrou acima do limite estabelecido. O nitrogênio amoniacal, encontrado foi de 9,36 mg/L em desacordo com a legislação. Esse parâmetro é um indicativo de poluição recente sendo lançada no curso hídrico (GOMES FILHO, 2013). As análises de ferro realizadas na primeira etapa nas amostras do Residencial e P1 foram encontradas concentrações nos valores de 1,47 mg/L e 4,36 mg/L respectivamente para ferro, como já mostrado na tabela anterior. Dessa forma, outros parâmetros foram analisados na amostra de água da residência P1, porém, foram escolhidos ferro, pH e turbidez para testagem do tratamento com o filtro na água consumida do poço pela residência na segunda etapa do trabalho.

### **Resultados da segunda etapa, tratamento com o filtro**

A segunda parte do trabalho foi realizada no P1(local de testagem do filtro), definido ainda na primeira etapa após o resultado das análises físico químicas, no qual o parâmetro ferro foi de 4,36 mg/L, acima do valor máximo permitido pela legislação vigente. A coleta das amostras foi realizada no dia dezesseis de março de 2019, (período chuvoso). Foram analisados quatro parâmetros nessa etapa, assim como na primeira, foram comparados aos padrões de qualidade da água definidos pela Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Os parâmetros analisados no poço P1 estão dispostos na tabela 3, assim como seus respectivos resultados.

**Tabela 3:** Resultados das análises físico-químicas da amostra de água do poço P1, correspondentes a análise da água pré, e pós - filtração.

Parâmetros analisados	Amostra (P1)			
	Pré-filtração	Pós-filtração	Valor limite	Unidade
Ferro	< 5	4,46	0,30	mg/L
Potencial Hidrogeniônico – pH	5,8	<b>6,06</b>	6,0 a 9,5	-
Turbidez	4,61	13,0	5,0	UNT
Temperatura	22,6	23,5	-	(°C)

O Valor em negrito, corresponde ao valor alcançado no tratamento com o filtro de acordo com a Portaria da Consolidação nº5/2017.

Para a análise física química da amostra de água correspondente a pré- filtração para ferro, o resultado foi (>5), valor muito superior do estabelecido pela legislação vigente, e também acima do resultado encontrado na primeira coleta que foi de 4,36mg/L. E o resultado encontrado pós-filtração foi de 4,46 mg/L. Por tanto em ambas as amostras, na pré, e pós-filtração, a concentração de ferro mostrou-se superior ao limite máximo aceitável de 0,30 mg/L. A turbidez apresentou o valor de 4,61 mg/L, na pré-filtração, portanto dentro dos limites mínimos permitidos, e após a filtração, e de 13,0 mg/L, verificou-se aumento, isso em decorrência do tipo de material filtrante presente no protótipo de filtro e da necessidade de um tempo maior de lavagem do filtro com água limpa do material filtrante antes do tratamento, o que provocou arraste de finos do carvão ativado e areia.

O valor de pH apresentou o valor pré-filtro de (5,80) e após passagem pelo filtro alcançou o valor de (6,06), portanto em conformidade com as exigências estabelecidas pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio  $H^+$ . O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e define o potencial de toxicidade de vários elementos.

Observou-se que o poço 01 (local de testagem do filtro) apresentou o teor mais elevado de ferro, tanto na primeira coleta realizada no período menos chuvoso realizada no mês de outubro, quanto na segunda coleta realizada no mês de março do ano seguinte, data da realização do tratamento com o filtro, inclusive o aumento de ferro estava acima de 5mg/L, considerado teor muito alto. Após a passagem da água pelo filtro houve a redução das concentrações ferro de 5,0 mg/L para 4,46 mg/L, porém não alcançou o valor máximo permitido para consumo humano de 0,3 mg/L, estabelecido pela Portaria da Consolidação nº 5/2017. Foi possível perceber aumento das concentrações de ferro nas análises com a mudança de períodos seco (outubro) e chuvoso (março), servindo como um indicativo para a alteração do parâmetro ferro, devido à sazonalidade.

Para esses parâmetros, o filtro apresentou bom desempenho para a redução de ferro da água, apesar de não ter alcançado o valor de 0,3 mg/L estabelecido pela Legislação, necessitando de mais testagem para aprimoramento do filtro para remoção maior desse parâmetro, ou acrescentando outro tratamento junto à filtração, pois assim como esse estudo, outros semelhantes já foram realizados utilizando carvão ativado como o de Filho e Filho (2017), que utilizaram seu trabalho Leito de Contato Simples e Filtro Rápido com Carvão Ativado e Zeólita A, tiveram resultados satisfatórios com a utilização de carvão ativado, com remoção de 90,33% do ferro com a utilização desse leito filtrante, e no estudo de Sousa et al. (2018), na

qual utilizou o filtro de carvão ativado do endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí juntamente com aeração e tiveram bons resultados com alta remoção de concentrações ferro. Além disso deve ser levado em consideração o aumento das concentrações de ferro em decorrência do período seco, e chuvoso, o que pode influenciar no tratamento. Já para o pH, demonstrou bom desempenho, pois mostrou ser eficiente para correção de pH, alcançando o valor requerido pela legislação vigente. E para a turbidez houve um aumento, correspondente aos materiais contidos no filtro que provavelmente, necessitaram de lavagem por um tempo maior para a retirada total dos finos dos materiais filtrantes, porém continuou dentro dos parâmetros exigidos pela Portaria de Consolidação nº5/2017.

### Comparação dos resultados de pH após tratamento com o filtro em dois medidores diferentes

As amostras da água do poço 01(P1) foram repetidas e analisadas em dois equipamentos de marcas diferentes para análise do pH, antes e após ser filtrada, para maior confiabilidade dos resultados obtidos, cujos resultados estão na tabela 4.

**Tabela 4:** Resultado da análise do parâmetro pH antes e pós - filtração em dois medidores diferentes, pH e mV, Combo pH & EC.

Parâmetros	Medidores	Amostra 1 (P1)	
		Pré-filtro	Pós-filtro
Potencial Hidrogeniônico – pH	pH e mV	3,85	5,96
Turbidez	-	0,24	1,24
Temperatura (°C)	-	27,2	26,4
Potencial Hidrogeniônico – Ph	Combo pH & EC	3,80	5,87
Turbidez	-	0,24	1,24
Temperatura (°C)	-	26,3	26,3

A turbidez encontrava-se em conformidade com os padrões de potabilidade na água retirada pré - filtração que foi de 0,24 NTU. E aumentou com o filtro para 1,24 NTU, como já mencionado antes em decorrência dos materiais contidos no filtro, apesar do aumento ainda permaneceu dentro dos limites máximos estabelecidos pela Portaria da consolidação Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. As águas mostraram-se ácidas no poço do domicílio avaliado com valores de pH variando de (3,85) para água bruta no medidor de pH e mV em discordância com a legislação brasileira (BRASIL, 2017) que recomenda o consumo de água com pH entre 6,0 a 9,5. No entanto após a filtração o valor foi de (5,96). Muito próximo do valor mínimo permitido. Já no medidor combo pH & EC, o valor da pré – filtração foi de (3,80), e após a filtração resultou em (5,87), em ambos os medidores o pH apresentou uma melhora muito significativa, próximo à adequação pela legislação vigente. E quando comparado com a análise anterior também realizada após o tratamento com o filtro alcançou o valor de 6,06. Portanto eficiente para a correção do pH, pois alcançou os limites da Portaria da consolidação Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.

Na região amazônica, estudos têm indicado baixo pH (4,5 - 5,0) em águas, na sua maioria as de origem superficiais (SIQUEIRA et al., 2012, AGUIAR et al., 2014, ALVES et al., 2012). Em águas subterrâneas, um número menor de estudos realizados na região Amazônica, apontaram também águas com baixo pH, Medeiros et al. (2016). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese)

ou antropogênica (despejos domésticos e industriais), (GASPAROTTO, 2011). Ainda que as águas deste aquífero sejam ácidas, apresentando valores médios de pH de 4,8 (ANA, 2005). E pesquisas realizadas por Araújo e Peleja (2009), mostraram que as águas de poços tubulares situados dentro da área urbana da cidade de Santarém apresentam pH ácido, Mendes et al. (2017), avaliaram a qualidade física química da água subterrânea de seis poços (profundidade entre 34 a 78 m) no bairro Santo André em Santarém, e encontraram valores de pH entre 3,7 a 5,6. Os poços na região têm como características serem construídos com trado (manual ou mecânico), penetrando profundidades <15 m, captando porções mais rasas do aquífero, e sem obedecer às normas de construção e de proteção sanitária, locados em um bairro onde o saneamento básico é deficiente.

Sob o ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, teoricamente, transformada em água com padrões adequados de potabilidade. Porém, os custos e a confiabilidade na operação e manutenção do sistema de tratamento podem inviabilizar totalmente o uso de determinado curso d'água como fonte de abastecimento. Existe uma relação intrínseca entre o meio ambiente e as tecnologias de tratamento, ou seja, em função da qualidade da água de determinado manancial e suas relações com o meio ambiente, há tecnologias específicas para que o tratamento seja realizado de forma eficiente (DI BERNARDO et al., 2005). Porém, a maioria dessas tecnologias disponíveis no mercado não condiz com a realidade da maioria dos moradores do local, pois alegam que não há condições financeiras para aquisição destas, além disso, questões relacionadas a saneamento básico proporcionados pelo poder público no local são muito deficientes, o que contribuem significativamente para a prevalência do problema relacionado à potabilidade da água, bem como a presença de ferro e pH especificamente que foram o foco desse estudo.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se a elaboração de uma alternativa de tratamento de água através da filtração, uma alternativa de tratamento viável, e segura além do filtro possuir a vantagem de ser de fácil manuseio sem o uso de adição de produtos químicos para auxiliar na filtração com o propósito de auxiliar no tratamento de água para o consumo humano dos moradores do bairro de Santo André, como descrito por estudos realizados no local anteriormente, constataram a alteração em diversos padrões de qualidade da água, pois o local sofre influência por estar localizado próximo a uma área de um antigo lixão, e ainda a maioria dos problemas estão relacionados com a água proveniente de poços mais rasos, pois se encontra mais vulneráveis à contaminação.

Esse tipo de poço menos profundo é utilizado por vários moradores, dentre eles, estão os poços que foram encontrados concentrações de ferro e pH inadequados para consumo humano. Segundo relataram os próprios moradores do bairro Santo André no local do estudo, alegaram falta de condições financeiras para realizar um tratamento adequado devido o mesmo ser caro, realizar consultoria técnica, aumentar a profundidade do poço, ou mudar para outro local, então contratam outras fontes alternativas para o abastecimento de água para o consumo nas residências dos moradores, como por exemplo os

vizinhos que tem poços profundos e água de melhor qualidade, servem os moradores que não possuem, mediante o pagamento de uma taxa para quem abastece.

Com base no estudo, pode-se concluir que o resultado do tratamento da água com o filtro obtivera bom desempenho, tanto para ferro, pois reduziu a concentração de ferro no presente na água após a filtração, apesar de não chegar ao valor apropriado para consumo humano cujo valor é de 0,3 mg/L, já para o valor do pH foi melhor o desempenho pois o valor alcançou o valor permitido em uma amostra, e as outras duas ficaram muito próximas aos valores mínimos permitidos para água de consumo humano pela Portaria de Consolidação nº 5, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. No entanto, devido à pandemia ocorrida no Brasil, assim como no município de Santarém, impossibilitou a continuação da pesquisa, inclusive a testagem na água do poço da residência que possuía concentração de ferro menor que 5mg/L. Por tanto, para remover teores de ferro maiores que 5 mg/L, é recomendável, o aprimoramento das camadas do filtro, aumentando a camada filtrante para fins de maior remoção do ferro, ou acrescentar outro tratamento como por exemplo a aeração juntamente com a filtração. Portanto é necessária a continuação do estudo com a realização de mais testes utilizando o filtro em outros poços com diferentes níveis de concentração de ferro, e também alterar a camada do material filtrante, para assim vir a atender ao valor máximo permitido, pela legislação vigente, de concentração para água de consumo humano de 0,3 mg/L, assim como ocorreu com o pH.

Por fim, conclui-se que esse estudo serve como importante suporte para suprir a necessidade da realidade atual de muitos moradores do local, que são afetados pela mesma problemática de valores elevados de ferro na água de suas residências, e passam por muitos transtornos, assim podendo contribuir para a melhoria no tratamento da água para consumo humano através de um processo simples de tratamento, a filtração, e também contribuir e alertar o poder público para real necessidade ampliação do abastecimento de água com qualidade para o local, requerendo assim melhoria da qualidade de vida dos moradores.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional De Águas. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**: Caderno de Recursos Hídricos, Brasília, 2005.

ANVISA. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Cartilha sobre Boas Práticas para serviços de alimentação**. Brasília, 2004.

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.. Qualidade da Água em Microbacias hidrográficas com agricultura Nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, v. 38, n.6, p.983-992, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000600003>

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. F.; GUIMARÃES, J. T. F.. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, v.42, n.1, p.115-124, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

ARAÚJO, G. C.; PELEJA, J. R. P.. **Perfil da Qualidade da Água Subterrânea de Poços Tubulares na Zona Urbana do Município de Santarém, Pará, Brasil**. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 61. Manaus, 2009.

AZEVEDO, R. P.. Avaliação dos materiais e dos aspectos construtivos de um filtro artesanal a base de Zeólita, aplicável em soluções alternativas de abastecimento de água. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO DA ASSEMAE, exposição de experiências municipais em saneamento, 21. **Anais**. Campinas, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Cidades**: Censo demográfico: IBGE, 2010.

BRASIL. **Portaria de Consolidação n.5/2017, anexo XX**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: DOU, 2017.

BRITO, K. P.. **Qualidade da água de poços artesanais das comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas-PB**. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2019.

COSANPA. Companhia de Saneamento do Pará. **Histórico**, 2013.

DI BERNARDO, L.. **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta**. Rio de Janeiro: Editora *RiMa*, 2003.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2 ed. São Carlos: Editora *RiMa*, 2005.

FUNASA. Fundação Nacional De Saúde. **Coordenação de Saneamento**: manual prático de análise de água. 4 ed. Brasília, 2014.

GASPAROTTO, F. A.. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba – SP**, 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GALVÃO, P. H. F.; DEMETRIO, J. G. A.; SOUZA, E. L.; PINHEIRO C. S. S.. Hidrogeologia e Geometria dos Aquíferos das Formações Cretáceas Içá e Solimões, Bacia Paleozoica do Solimões, na Região de Urucu, Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, v.42, p.142-153, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z0375-75362012000500012>

GALVÃO, P.; MENDES, A.; SOUSA, J.; SILVA, I.; CARNEIRO, R.. Relação entre qualidade da água subterrânea e ocupação desordenada em um bairro de baixa renda localizado em uma antiga área de lixão, Santarém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 20. **Anais**. Campinas, 2018.

GOMES FILHO, R. R.. **Gestão de Recursos Hídricos**: conceitos de experiências em bacias hidrográficas. Goiânia: Editora América, 2013.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L.. **Abastecimento de Água para Consumo Humano, 2ª edição revisada e atual**. Belo Horizonte: editora UFMG, 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**: série Histórica mensal 2019. Belterra, 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. São Paulo, 2019.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2 ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARAES, R. M.. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Ciênc. Saúde coletiva**, v.21, n.3, p. 695-708, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413->

[81232015213.26572015](https://doi.org/10.1590/1413-)

MENDES, A. C.. **Fáceis e proveniências de depósitos siliciclásticos cretáceos e neógenos da Bacia do Amazonas: implicações para a história evolutiva do Proto-Amazonas**. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

MENDES, A.; GALVÃO, P.; SOUSA, J.; SILVA, I.; CARNEIRO, R.N.. Relations of the groundwater quality and disorderly occupation in an Amazon low income neighbourhood developed over a former dump area, Santarém-PA, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, p.1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0040-8>

MESCHEDE, M. S. C.. **Implicações para a saúde de escolares a partir do consumo de água e material particulado atmosférico inalado em escolas de Santarém e Mojuí dos Campos, Pará, Amazônia**. Tese (Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2018.

NARCISO, M. G.; GOMES, L. P.. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia – GO. **Revista Técnica da Sanepar**, v. 21, n.21, p.4-18, 2004.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M.. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

QUEIROZ, E. T.. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. **Anais**. Cuiabá, 2004.

RÊGO FILHO, A. T. C.; FREITAS FILHO, F.. **Avaliação da Eficiência no Tratamento de Água Subterrânea Utilizando Conjunto de Leito de Contato Simples e Filtro Rápido Composto de Carvão Ativado e Zeólita A**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M.. **Tratamento de água**: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

SCALABRIN, T. R.; SILVA, R. A.. **Análise dos impactos ambientais decorrentes das condições do antigo lixão no bairro do Santo André, Santarém-PA**. Monografia (Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M.. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazônica**, v.42, n.3, p.413-422, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>

SOUZA, D. F. L.; REIS JUNIOR, J. C. F.; RODRIGUES, C. A. N.. **Tratamento de água para consumo humano, utilizando filtro composto de carvão ativado produzido a partir de endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9. **Anais**. São Bernardo do Campo: IBEAS, 2018.

SOUZA, L. C. A.. Efetividade da Proteção das Águas Subterrâneas no Brasil. In: Congresso Brasileiro do Magistério Superior da Associação dos Professores de Direito Ambiental do Brasil - APRODAB, 8. **Anais**. Rio de Janeiro, 2010.

SOUSA, J. P.; MENDES, A. C.; SILVA, E. F.; GOIS, F. M.. Caracterização Hidrogeológica do Antigo Lixão do Santo André, Santarém – Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 16. **Anais**. Búzios, 2017.

VON SPERLING M.. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality**. Geneva, 2011.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.