



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CAMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

DAIANE PERACINI IANOSKI

**ANÁLISE DE UM FILTRO LENTO DE AREIA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DE
CONSUMO EM UMA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL**

AVARÉ

2023

DAIANE PERACINI IANOSKI

**ANÁLISE DE UM FILTRO LENTO DE AREIA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DE
CONSUMO EM UMA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador: Prof. Me. Celso Daniel Galvani Junior

Coorientador: Luis Guilherme Siqueira

**AVARÉ
2023**

Catálogo na fonte

Instituto Federal de São Paulo - Campus Avaré

Ianoski, Daiane Peracini

Análise de um filtro lento de areia para tratamento de água de consumo em uma pequena propriedade rural/ Daiane Peracini Ianoski - Avaré, 2023.

64 p.

Orientador: Prof.^a Me. Celso Daniel Galvani Junior

Coorientador: Luis Guilherme Siqueira

Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia de Biosistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Avaré, Avaré, 2023.

1. Saneamento rural. 2. Coliformes. 3. Filtração lenta. 4. Análise microbiológica. I. Galvani Junior, Celso Daniel. II. Título.

ATA N.º 1/2024 - CME-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE DE UM FILTRO LENTO DE AREIA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DE CONSUMO EM UMA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL** apresentado pela aluna **Daiane Peracini Ianoski**, prontuário **AV3003876**, do Curso **SUPERIOR EM ENGENHARIA DE BIODISSISTEMAS**, (Câmpus Campus Avaré). Os trabalhos foram iniciados às 15:30h pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito
Celso Daniel Galvani Junior (Presidente/Orientador)	IFSP- Câmpus Avaré	Sim	8,43
Marcela Pavan Bagagli (Examinador 1)	IFSP - Câmpus Avaré	Sim	8,49
Daniele Souza de Carvalho (Examinador 2)	IFSP - Câmpus Avaré	Sim	8,49

Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a)

Reprovado(a)

Nota Final: 8,5

O segundo examinador é avaliador externo:

Sim Não

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Campus Avaré,

1 de fevereiro de 2024

Documento assinado eletronicamente por:

- Celso Daniel Galvani Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/02/2024 21:49:28.
- Marcela Pavan Bagagli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 09:11:59.
- Daniele Souza de Carvalho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 19:49:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 688038
Código de Autenticação: 9686d7a0bb



Dedico essa monografia ao meu pai, Juarez
Francisco Ianoski. Você continuará vivo junto desta filha que irá
sempre amá-lo. No meu coração será sempre como se você

não estivesse partido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar ao meu lado em todos os momentos me dando sabedoria, paciência e muito aprendizado. Me guiando por esse caminho tão difícil que foi percorrido, obrigada papai por nunca soltar a minha mão.

Agradeço a toda a minha família, a minha mãe Luciane Aparecida Peracini obrigada mãezinha por cada oração e por acreditar em mim quando, na verdade você foi a minha força, foi por você. Agradeço a minha irmã Tailaine Peracini Ianoski por todo apoio, carinho e amor e saiba que eu tenho muito orgulho de você.

Agradeço a minha amiga Maria Eloísa Ferreira que esteve ao meu lado e, sem você isso não seria possível, obrigada por todo o ensinamento, paciência e carinho, você acreditou em mim quando eu mesma não acreditava, você fez essa caminhada mais bonita. Agradeço ao Gleidson Luquezi por ser a alegria, e o exemplo de dedicação. Agradeço a todos os meus amigos, em especial Rafaela de Campos, Naila Vitória, Taís Rodrigues, Maria Eduarda. Agradeço a todas as pessoas que de uma forma especial passaram pela minha vida durante esse processo.

Em especial agradeço ao meu orientador, professor Me. Celso Daniel Galvani Junior, obrigado por todo apoio, por todo o ensinamento, dedicação e o mais importante obrigada por ter-me tornado uma pessoa melhor em cada aspecto da vida, você é um verdadeiro exemplo de amor a tudo que está a nossa volta, ensinou-me a olhar com sensibilidade e fez-me acreditar que talvez não podemos mudar o mundo num todo, porém podemos mudar a realidade de pessoas há a nossa volta. O mundo seria um lugar melhor se existissem mais pessoas assim com você. Gratidão, hoje sinto-me preparada para ser uma profissional com princípios.

Agradeço à professora Dr(a). Marcela Pavan Bagagli pela paciência, ensinamento e dedicação. Obrigada por mostrar-me que a mulher pode ser tudo que ela quiser e com excelência, pois você é um exemplo de tudo isso. Você caminha pela vida sendo uma

mescla de mãe, mulher corajosa, determinada e profissional dedicada. Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Avaré.

Embora os problemas do mundo sejam cada vez mais complexos, as soluções permanecem embaraçosamente simples.

(MOLLISON, 2022).

RESUMO

De fato, a água é um dos veículos fundamentais de transmissão de doenças, a sua oferta deve ocorrer de forma sanitariamente segura. Esse acesso é na maioria das vezes, precário e com grande potencial para transmitir doenças. O desenvolvimento desenfreado e a complexidade da organização da sociedade vêm produzindo inúmeras alterações no ciclo hidrológico e na qualidade da água. Esse estudo buscou analisar e tornar potável a fonte de água em uma pequena propriedade rural utilizando um filtro lento de areia. O filtro de areia é uma técnica simples e eficaz para o tratamento de água e uma das mais antigas formas de purificação da água. Após fazer uma análise microbiológica e a físico-química da água usada para consumo, observou-se que a quantidade de coliformes termotolerantes não estava de acordo com os parâmetros da Resolução CONAMA Nº 357/2005, classe “1”. O que indica que essa água não poderia ser usada para consumo humano. Os resultados obtidos da análise microbiológica após a instalação do filtro lento de areia demonstraram a efetividade do mesmo na remoção de coliformes.

Palavras-chave: saneamento rural, coliformes, filtração lenta, análise microbiológica.

ABSTRACT

In fact, water is one of the fundamental vehicles for transmitting diseases, and its supply must occur in a sanitary safe manner. This access is often precarious and has great potential for transmitting diseases. Unbridled development and the complex organization of society have led to numerous changes in the hydrological cycle and water quality. This study sought to analyze and make potable the water source on a small rural property using a slow sand filter. The sand filter is a simple and effective water treatment technique and one of the oldest ways of purifying water. After carrying out a microbiological and physical-chemical analysis of the water used for consumption, the results showed that the amount of thermotolerant coliforms is not in accordance with the parameters of CONAMA Resolution No. 357/2005, class "1". This indicates that this water could not be used for human consumption. The results obtained from the microbiological analysis after installing the slow sand filter show that it is effective in removing coliforms.

Key-words: rural sanitation, coliforms, slow filtration, microbiological analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Filtro agroecológico ou filtro lento de areia.....	29
Figura 2 - Propriedade rural sítio Vale Verde.....	30
Figura 3 - Esquema do abastecimento de água.....	31
Figura 4 - (A) Poço (B) Torneira 2 (C) Entrada de água no filtro (D) Saída de água do filtro.....	32
Figura 5 - (A) condutivímetro, (B) turbidímetro e (C) pHmetro.....	33
Figura 6 - Inoculação das amostras em meio de cultura de Lauril Sulfato Triptose (LST).34	
Figura 7 - Tubulação de saída do fundo do filtro.....	39
Figura 8 - Material filtrante dentro da bombona 220 L.....	40
Figura 9- Higienização e vedação do poço.....	42
Figura 10 - Crescimento bacteriano no meio sólido a cultura Ágar Eosina Azul de Metileno	47
Figura 11 - (A) Instalação do filtro lento de areia, (B) filtro lento de areia instalado.....	49
Figura 12 - Análise de cloro.....	50
Figura 13 - (A) Imagem do leito do filtro após a instalação e (B) imagem após um mês de uso.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1A - Parâmetros físico-químicos da água coletada no poço (ponto A) e na torneira (ponto B). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).....	43
Gráfico 1B, C e D - Parâmetros físico-químicos da água coletada no poço (ponto A) e na torneira (ponto B). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).....	44
Gráfico 2 - Quantificação de microrganismos por 100 mL. Ponto A - poço.....	46
Gráfico 3 - Quantificação de microrganismos por 100 mL. Ponto B - torneira.....	47
Gráfico 4A, B e C - Parâmetros físico-químicos da água coletada na entrada do filtro (ponto C) e saída do filtro (ponto D). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).....	51
Gráfico 4D - Parâmetros físico-químicos da água coletada na entrada do filtro (ponto C) e saída do filtro (ponto D). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).....	52
Gráfico 5 - Quantificação de microrganismo por 100 mL. Entrada do filtro lento (ponto C).....	53
Gráfico 6 - Quantificação de microrganismo por 100 mL. Saída do filtro lento (ponto D)..	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - 2 Padrão bacteriológico da água para consumo humano.....	22
Tabela 2 - Eficiência da filtração lenta.....	28
Tabela 3 - Material utilizado na construção do filtro de areia.....	36
Tabela 4 - Ferramentas e insumos para montagem.....	37
Tabela 5 - Material filtrante.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BVB	Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante
cm	Centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
D	Dia
EC	Caldo Escherichia coli
EMB	Eosina azul de metileno
Eq	Equação
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
G	Gramma
H	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFSP	Instituto Federal de São Paulo
Kg	Quilograma
Km	Quilometro
L	Litro
LST	Caldo Lauril Sulfato Triptose
M	Metro
mL	Mililitros
Mm	Milímetros
NMP	Número mais provável
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva

UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
μS	Microsiemens
VPM	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
2.	OBJETIVOS	20
2.1.	Objetivo geral	20
2.2.	Objetivos específicos.....	20
3.	PROBLEMATIZAÇÃO.....	21
4.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
4.1.	Potabilidade da água.....	22
4.2.	Possíveis fontes de contaminação no meio rural	25
4.3.	Análise da água.....	26
4.4.	Filtro lento de areia.....	27
5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
5.1.	Local e coleta das amostras.....	31
5.2.	Análise dos parâmetros físico-químicos.....	33
5.3.	Análise microbiológica da água.....	34
5.4.	Dimensionamento do filtro lento de areia	36
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1.	Verificação do sistema de saneamento.....	42
6.2.	Resultados das análises físico-químicas.....	43
6.3.	Análise microbiológica da água.....	46

6.4.	Instalação do filtro lento de areia.....	49
6.5.	Resultados das análises físico-químicas do filtro lento	51
6.6.	Análise microbiológica da água do filtro lento	53
6.7.	Camada biológica.....	54
6.8.	Manutenção e limpeza do filtro lento de areia	56
6.8.1.	Diariamente	56
6.8.2.	Semanalmente	56
6.8.3.	Mensalmente	57
6.8.4.	Anualmente	57
7.	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

A água é um importante recurso renovável para a vida na Terra. Conservar a biodiversidade e os ciclos nos ecossistemas é um dever das comunidades e população. O ciclo hidrológico do planeta inclui componentes bem conhecidos e integrados: águas superficiais, águas subterrâneas e águas atmosféricas. A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano (Gonzaga, 1996).

O movimento constante entre esses componentes é um aspecto fundamental do ciclo da água e como resultado das propriedades e estado sólido, líquido e gasoso. A importância da água para existência de vida na terra é indiscutível. Além disso, esse recurso natural é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, tais como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, de transporte e de lazer, assim como para manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas terrestres (Lima, 2001).

As áreas rurais, enfrentam uma maior dificuldade de acesso das Companhias Estaduais de Saneamento para fazer a distribuição da água de consumo humano, caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como os poços subterrâneos, para a solução de abastecimento de água que atenda a população e atividades socioeconômicas. De fato, a água é um dos veículos fundamentais de transmissão de doenças, a sua oferta deve ocorrer de forma sanitariamente segura. A existência de fossas, esgotos domésticos e industriais não tratados, o acúmulo de lixo de forma inadequada, os agrotóxicos utilizados nas culturas agrícolas, os poços rasos, mal construídos ou abandonados constituem-se nas principais fontes de poluição das águas subterrâneas. Esses acessos são na maioria das vezes, precário e com grande potencial para transmitir doenças. Além disso a maioria das residências possui sua rede de esgoto dentro da propriedade, causando a poluição dos lençóis freáticos (Marinho *et al.*, 2018).

Historicamente o filtro lento de areia é um dos mais antigos métodos de purificação da água para o consumo humano, sendo uma forma simplificada para o tratamento, desenvolvido a partir de uma analogia entre a percolação de águas naturais através do

solo até os aquíferos e fontes onde jorram água adequada às exigências estéticas e sanitárias do homem (Murtha; Heller; Libânio, 2003).

O presente trabalho foi elaborado com o intuito de avaliar as condições de potabilidade da água de consumo e construção de um filtro lento de areia para tratamento da mesma em uma propriedade rural localizada no município de Avaré-SP. Considerando que áreas rurais, em sua maioria, não são contempladas com sistemas de redes de abastecimento e tratamento de esgoto e, em muitos casos, acabam utilizando formas rudimentares para abastecimento e tratamento do esgoto doméstico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar as condições higiênico-sanitária e a viabilidade da água utilizada para consumo humano verificando a presença de contaminação microbiológica, realizando análises físico-química, análises Ágar EMB, verificação do sistema de saneamento, higienização do poço caipira e o dimensionamento de um filtro lento de areia e constatar a viabilidade do uso de tambores para a confecção do filtro, em uma propriedade rural na área da microrregião de Avaré/SP.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Realizar análises físico-químicas e microbiológicas para determinar as condições da água de consumo de uma pequena propriedade rural;
- b) Inspecionar e dar manutenção no sistema de fornecimento de água de consumo da propriedade;
- c) Verificar as condições de projeto e operação do sistema de saneamento existente;
- d) Dimensionar um filtro lento de areia de baixo custo para tratamento da água de consumo;
- e) Realizar análises físico-químicas e microbiológicas para determinar a eficiência do filtro.

3. PROBLEMATIZAÇÃO

A nível mundial, em países em desenvolvimento, e considerando a abrangência espacial, observa-se a desigualdade no acesso a sistemas de abastecimento de água entre as áreas urbanas e rurais, que chega a 33% nas urbanas e 4% nas rurais quando consideram-se os países menos desenvolvidos do globo (WWAP, 2015). No Brasil, apesar da cobertura dos serviços de abastecimento de água que alcançam segundo dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), cerca de 82,9 % dos domicílios, a inexistência de acesso contínuo a fontes de água potável ainda é uma situação atual na realidade social brasileira.

A água pode servir, ainda, de veículo para a transmissão de doenças, principalmente quando recebe lançamento de esgotos sanitários não tratados, constituindo sério risco à saúde pública (Setti *et al.*, 2000). Nas zonas rurais, uma vez que os municípios ou autoridades de saúde pública têm mais dificuldades na distribuição da água destinada ao consumo humano, o acesso à água potável é facilitado pela construção de infraestruturas de abastecimento de água purificada de forma a garantir a sua potabilidade. As áreas rurais, no entanto, caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como poços, para soluções de água que atendem sua população e atividades socioeconômicas, e na maioria das vezes essas fontes de água são caracterizadas pelo seu uso sem nenhum tipo de análise da potabilidade e sem nenhum tipo de tratamento antes do consumo.

A qualidade da água destinada ao consumo humano é uma questão de saúde pública, e de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) uma porcentagem eminente e considerável das doenças relatadas em países em desenvolvimento tem como veículo de transmissão a água, devido a uma ineficiente gestão de recursos hídricos, sendo seu tratamento uma ferramenta indispensável para prevenção e controle dessas enfermidades (Ribeiro e Rooke, 2010).

O presente trabalho foi elaborado com o intuito de avaliar as condições de potabilidade de água de uma propriedade rural localizada no município de Avaré-SP e de estudar uma solução de baixo custo para tratamento dessa água para consumo humano.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Potabilidade da água

A questão do abastecimento e potabilidade da água para consumo humano é tão preocupante que o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número seis “Água potável e saneamento” tem como meta até 2030 que todos alcancem o acesso universal à água potável e segura para todos, garantindo saneamento básico também. Com água de qualidade haverá conseqüentemente diminuição na quantidade de doenças e mortes por contaminação hídrica (ONU, 2015).

Essa meta ainda é algo a se buscar no Brasil, onde as áreas rurais com mais de 30 milhões de pessoas são as mais afetadas quanto à infraestrutura e saneamento básico. Desses milhões, 67,2% captam água de chafarizes e poços, sendo eles protegidos ou não, em cursos de água sem tratamento e em outras fontes insalubres (Brasil/Funasa, 2020).

A fonte de toda a água é o meio ambiente, e é para o ecossistema que toda a água finalmente retorna, juntamente com quaisquer impurezas adicionadas a ela. De acordo com Dowbor (2005), quando a água é contaminada ou torna-se indisponível ocorre uma redução dos espaços propícios à vida, gerando custos e uma perda geral de produtividade humana e social. A água torna-se desse modo peça importante nas questões socioambientais. A água é uma necessidade básica, pois sustenta a vida e a saúde que são direitos humanos fundamentais (Unesco, 2021).

A potabilidade da água se refere a condição da água ser potável, ou seja, livre de contaminantes para o consumo humano, na ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal (Brasil, 2021).

De acordo com o Ministério da Saúde há uma definição para a potabilidade da água para o consumo humano, é a Portaria nº888 de 04 de maio de 2021, publicada em 07 de maio de 2021 no Diário Oficial da União, que veio para substituir os padrões de potabilidade definidos no anexo XX da Portaria da Consolidação nº5 de 2017.

No Capítulo IV que se refere das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, parágrafo único diz que as águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração (Brasil, 2021).

Dessa forma o padrão de potabilidade deve estar em conformidade com o padrão microbiológico. Para que a água seja considerada potável, esta deve estar dentro dos padrões microbiológicos, obedecendo aos valores de limites exigidos (Tabela 1). Para recursos hídricos, vale salientar que a presença de coliformes totais deve ser relatada de acordo com o tipo de água analisada. Se ela sofre o processo de desinfecção, os coliformes totais bem como os fecais devem estar ausentes (Rego *et al.*, 2010).

Tabela 1 - 2 Padrão bacteriológico da água para consumo humano.

Formas de abastecimento	Parâmetro	VMP (1)
SAI	<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento Coliformes totais (3)	Ausência em 100 mL
Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL
	Coliformes totais (4) Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo

Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.
---	--

Fonte: Ministério da Saúde, 2021.

Notas: (1) Valor máximo permitido; (2) Indicador de contaminação fecal; (3) Indicador de eficiência de tratamento; (4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).

Se compararmos o padrão microbiológico de potabilidade de água para consumo humano no Brasil com outros países, observa-se que estes parâmetros variam de um país para outro, bem como as metodologias empregadas não são as mesmas. Além das diferenças nos padrões microbiológicos em si, existe também uma variação quanto ao sistema de amostragem e número de amostras. No Brasil, em cidades com menos de 20 mil habitantes é permitido que uma amostra ao mês apresente resultado positivo para coliformes totais no sistema de distribuição ou rede, e para locais com mais de 20.000 habitantes a legislação permite que 5% das amostras apresentem resultado positivo. Já na saída do tratamento nenhuma amostra poderá ter resultado positivo e, para a *E. coli* não é permitida nenhum resultado positivo (Brasil, 2004).

O Brasil é o país que considera a menor quantidade de contaminantes na análise, o que pode ser problemático, pois alguns microrganismos patogênicos não são considerados na análise. Outro agravante que foi observado na legislação brasileira, quando comparada às demais é o fato de que ela estabelece que seja levado em consideração o número de habitantes que usam a água provinda do tratamento para delimitar o número de amostras, enquanto Espanha usa o volume tratado, o que acaba sendo mais eficiente que o método usado pelo Brasil (Cruvinel e Duarte, 2015).

4.2. Possíveis fontes de contaminação no meio rural

Existem muitos fatores que provocam a deterioração da qualidade da água e os locais onde ocorre a poluição podem ser divididos em fontes pontuais de poluição e fontes difusas de poluição. As fontes pontuais são caracterizadas principalmente por águas residuais domésticas e industriais, enquanto as fontes de fluxo são caracterizadas por resíduos secos da agricultura (fertilizantes, herbicidas, pesticidas, desinfetantes etc.). A principal forma de propagação dos poluentes nos cursos de água é através do escoamento superficial e subterrâneo. Porém, identificar e quantificar esses contaminantes não é uma tarefa fácil. Isso porque é necessário conhecimento sobre o destino dessas substâncias no meio ambiente e os mencionados fatores naturais e antrópicos que impedem a migração e deposição desses poluentes na água. Esta situação é grave porque se estima que aproximadamente 30-50% das águas da Terra são afetadas por poluentes provenientes de fontes dispersas que atingem gradualmente os cursos de água (Loague et al., 1998).

O saneamento básico pode ser definido como “um conjunto de procedimentos adotados em uma área para garantir condições sanitárias saudáveis à população daquela área” (Seckler, 2017).

O elevado risco de doenças transmitidas pela água nas zonas rurais deve-se principalmente à contaminação bacteriana associada à água estagnada perto de fontes de contaminação, tais como poços antigos e mal selados, fossas sépticas e pastagens para gado (Stukel et al., 1990).

Sistemas inadequados de tratamento de águas residuais domésticas podem levar à contaminação das águas superficiais e subterrâneas, nas zonas rurais, os municípios ou autoridades de saúde pública têm dificuldades na distribuição da água destinada ao consumo humano. O acesso à água potável para atender essas populações e suas atividades socioeconômicas é, então, suprido pelo uso de fontes alternativas, como poços, e pela construção de infraestruturas de purificação de águas. Segundo Brasil (2009), a existência de fossas, esgotos domésticos e industriais não tratados, o acúmulo de lixo de forma inadequada, os agrotóxicos utilizados nas culturas agrícolas, os poços

rasos, mal construídos ou abandonados, constituem-se nas principais fontes de poluição das águas subterrâneas. Diante disso, o saneamento básico é, no mínimo, um processo necessário para garantir a qualidade da água potável, cabendo aos governos locais promovê-lo (Pinheiro, 2008).

O acesso a água de qualidade é essencial para combater uma variedade de doenças nas zonas rurais. Infelizmente, existem grandes problemas com o monitoramento da qualidade da água utilizada nesta região. A maioria das doenças nas zonas rurais poderia ser grandemente reduzida se as pessoas tivessem acesso a água potável. No entanto, para estar apta ao consumo humano, a água deve obedecer aos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, descritos na portaria Nº. 2.914/2011, que padronizam parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendendo a um padrão de potabilidade que não oferece riscos a saúde (Ministério da saúde 2011).

4.3. Análise da água

Pode-se descobrir através da análise microbiológica da água que é possível a identificação de alguns microrganismos nocivos à saúde humana, como os coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Essas bactérias são comumente encontradas no trato intestinal de animais de sangue quente. Uma vez encontrada na água de consumo, demonstra que a higiene dessa fonte pode estar comprometida. Os padrões de potabilidade indicam os valores limites de determinados indicadores de natureza física, química, microbiológica ou radioativa, que possam oferecer riscos à saúde daqueles que utilizam determinada água para seu consumo (Araújo, 2010).

Diversos autores analisaram a qualidade das águas subterrâneas e verificaram a presença de coliformes (Quesado, 2001; Eckhardt et al., 2009; Silva; Araújo, 2003). Citam dentre os fatores que influenciaram na contaminação: águas poluídas, como resultado direto de atividades antrópicas no meio, atividade antrópicas nos entornos, expressos por áreas agrícolas e urbanas, a contaminação microbiológica sendo potencializada por problemas construtivos e a maior incidência de contaminação em poços rasos. O

monitoramento, em ecossistemas aquáticos, pode ser realizado por meio de variáveis físicas, químicas e microbiológicas (coliformes totais e termotolerantes)

O monitoramento constitui uma ferramenta fundamental na classificação da qualidade da água e de seus padrões de potabilidade. Os microrganismos são identificados com propósitos práticos, tanto para utilização e aplicação nos processos ambientais e industriais, quanto para determinar um tratamento apropriado para uma infecção, passível de ser realizado em laboratório. (Goulart; Callisto, 2003).

4.4. Filtro lento de areia

Filtros lentos de areia têm sido historicamente usados em comunidades e assentamentos humanos para fornecer água potável, a filtração lenta é um sistema de tratamento de água de operação simplificada que, em verdade, simula mecanismos naturais de depuração das águas. Trata-se de processo que tinha emprego privilegiado no tratamento de água no Brasil, desde o início do século até a década de 60, e passou a ser desprezado a partir dos anos 70, o processo de substituição de tecnologias colaborou com essa mudança (Prosab, 1999).

O filtro lento de areia foi usado pela primeira vez em Londres na Chelsea Water Works Company em 1820, onde a água a ser filtrada era a água poluída e turva do rio Tâmisa. Os motivos da elaboração foram somente os aspectos estéticos da água, pois, somente 50 anos depois é que o cientista alemão Robert Koch (1843-1910) demonstrou que a bactéria presente na água poderia causar doenças (anos 1880). Koch examinou a água de beber na Alemanha que causava doenças intestinais com grande morbidade (taxa de determinada doença) e mortalidade. Somente em 1892 é que foi comprovada a eficiência dos filtros lentos de areia na remoção de bactérias conforme pesquisas efetuadas na Alemanha nas cidades de Hamburgo e Altona que captavam água do rio Elba. Após o sucesso do uso do filtro lento em Altona se espalhou pelo mundo o seu uso (Tomaz, 2003).

O filtro agroecológico de areia, ou filtro lento de areia, é uma tecnologia socioambiental de fácil acesso, e possui uma boa eficiência no tratamento de águas. O

filtro lento de areia tem como objetivo funcionamento pelo processo de filtração lenta, onde a água é forçada a passar através de um leito de areia. As partículas em suspensão, bactérias e outros contaminantes são retidos no leito de areia, resultando em uma água mais limpa, a filtração lenta apresenta uma grande eficiência na otimização de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água. As partículas em suspensão, bactérias e outros contaminantes são retidos no leito de areia, resultando em uma água mais limpa (Farias, 2011).

A areia é o meio filtrante principal, e sua granulometria é cuidadosamente selecionada para permitir uma filtração eficiente. A camada de areia remove partículas sólidas e pode fornecer condições favoráveis para o crescimento de um biofilme que contribui para a remoção de microrganismos patogênicos, experimentados com várias taxas de aplicação superficial, sendo constatada maior eficiência na remoção de partículas para reduzidas taxas (Van Dijk e Oomen 1978).

Essa simples tecnologia consiste na passagem da água por um meio filtrante, a areia fina porosa, onde o material em suspensão fica retido, principalmente na superfície da areia em meio à mecanismos de transporte, adesão e pelas atividades biológicas. Tal processo permite que a água passe lentamente na parte superior do meio filtrante, que é biologicamente ativo e tem importante papel na remoção de resíduos morbíficos por meio da filtração lenta (Huisman e Wood, 1974).

Uma das vantagens do filtro lento de areia é o baixo custo de construção e operação, além disso, é uma tecnologia sustentável que não requer energia externa para operar. Uma vantagem significativa da filtração lenta é a sua eficácia na remoção de microrganismos, muito superior ao método de coagulação química. Cleasby et al. (1991), foram observadas remoções de coliformes totais de 92,6 a 100,0% em filtros lentos após dois dias de sua instalação, e de 85,0-99,0% durante a filtração descendente direta, após este período de 1 hora de uso. (Belamy et al 1985), explorando filtros piloto, descobriram 100% eficaz na remoção de cistos de *Giardia*, muito superior aos métodos de filtração rápida. A remoção de microrganismos no filtro lento é de 99,9 %, quando operado com

tempo de detenção hidráulico de 17 horas como relatado por Van Haandel e Lettinga (1994).

Tabela 2 - Eficiência da filtração lenta.

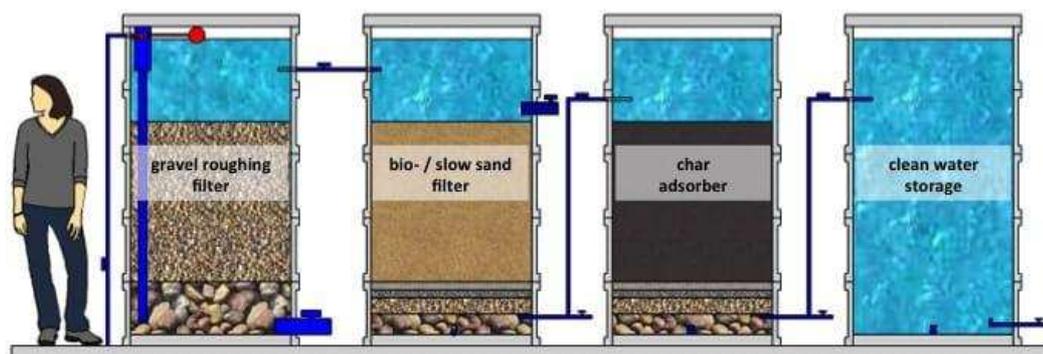
Performance do Filtro Lento	
Parâmetro	Efeito do Filtro Lento
Cor	Redução de 30-100%
Turbidez	Redução para < 1 UNT
Coliformes Fecais	Redução 95-100 % até 99-100%
Cercarias	Virtual remoção de Cercarias de Schistosoma, cistos e ovos
Vírus	Virtual completa remoção
Matéria Orgânica	60-75% de redução
Ferro e Manganês	Largamente removidos
Metais Pesados	30-95% de redução

Fonte: Murtha *et al.*, 2016.

A filtração lenta é muito eficaz na otimização de parâmetros físico-químicos e propriedades microbianas da água, tornando-a assim um processo que combina simplicidade na operação, natural e não poluente, minimiza o uso de produtos químicos para desinfecção o que a torna um processo que alia simplicidade operacional, boa eficiência e redução da utilização de produtos químicos para desinfecção. É importante ressaltar que os detalhes específicos de um filtro lento de areia podem variar dependendo

do projeto e das características do local, o filtro lento de areia também pode ser utilizado com o carvão como o modelo apresentado na (Figura 1), que também ajudará na remoção impurezas suspensas e íons melhorando a qualidade da água. Esse tipo de filtro é usado comumente em estações de tratamento de água e em sistemas individuais de tratamento de água. A eficácia do filtro lento de areia depende da qualidade do material filtrante, do controle de velocidade de filtração e da manutenção adequada. Uma vantagem significativa da filtração lenta é a sua eficácia na remoção de microrganismos, que é muito maior que o tratamento de floculação química, se desenvolve de forma natural e sem o uso de produtos químicos, porém requer um bom projeto incluindo uma cuidadosa manutenção para se obter bons resultados (Vargas,1992).

Figura 1 - Filtro agroecológico ou filtro lento de areia.



Fonte: Kearns, 2014.

Os filtros de areia lentos acabaram ficando no passado quando surgiram os filtros rápidos, mas devido à sua capacidade de capturar facilmente microrganismos essa prática está sendo cada vez mais usada novamente. Os filtros lentos de areia podem ser aplicados em ponto de uso doméstico, na torneira da pia bem como para abastecimento público, comercial ou industrial (Tomaz, 2003).

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1. Local e coleta das amostras

O estudo foi realizado no município de Avaré-SP, localizado a 44012 km da capital São Paulo. A extensão deste município é de 1213055 km² e a população estimada é de 928805 habitantes, segundo o (IBGE, 2022). A propriedade fica na zona rural localizada como Estrada dos Rochas, Km 04, chamada sítio Vale Verde (23°08'54.86" S á 48°55'10.32" O) (Figura 2).

Figura 2 - Propriedade rural sítio Vale Verde.

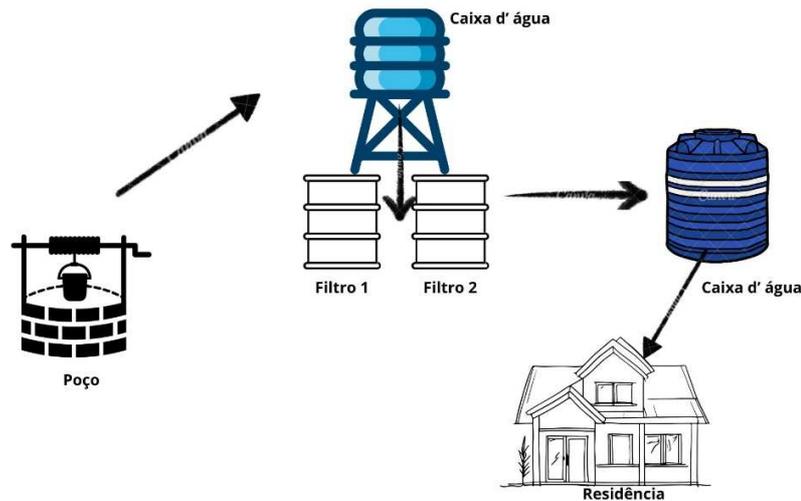


Fonte: Google Earth, 2023.

A água de consumo é obtida a partir de um poço raso (comumente conhecido como poço caipira), com profundidade de aproximadamente 2 metros. O nível do lençol freático em períodos chuvosos pode ficar inferior á 0,5 m, próximo à superfície. Antes das coletas foi realizada uma avaliação do sistema de saneamento existente, onde foram encontradas irregularidades.

A água coletada no poço é bombeada para uma caixa elevada que abastece as residências e onde foi instalado um filtro lento na saída, enviando para outra caixa que passou a abastecer as residências, conforme esquema da figura 3.

Figura 3 - Esquema do abastecimento de água.



Fonte: Autoria própria, 2024.

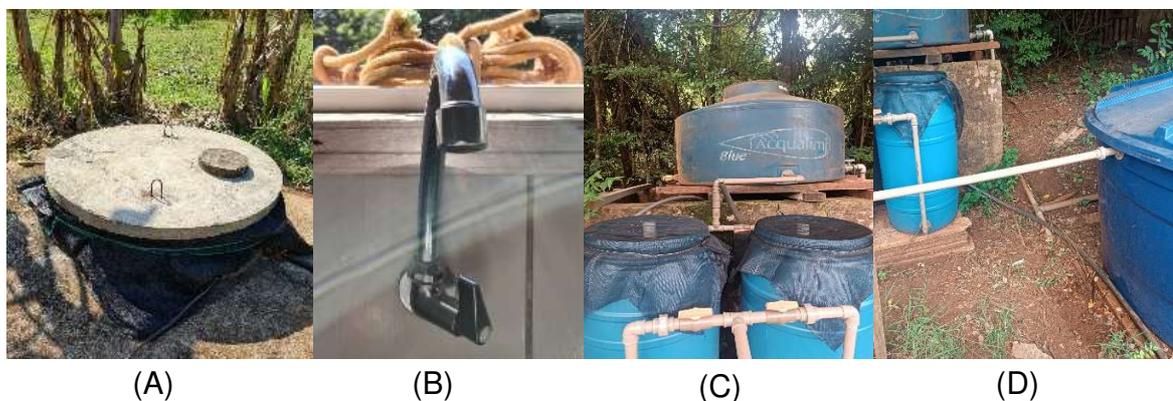
Foi verificado o sistema de saneamento da propriedade, se a vedação do poço estava adequada. E uma higienização dentro do poço com o uso de água sanitária.

As coletas foram realizadas entre 16 de outubro de 2023 e janeiro de 2024. Sendo realizadas coletas de águas em 4 pontos: poço de fornecimento de água de consumo (Ponto A); torneira de água da residência (Ponto B); saída da caixa d'água e entrada do filtro lento de areia (Ponto C); saída do filtro lento de areia para nova caixa d'água (Ponto D). A figura 4 mostra os pontos de coleta de água.

As análises foram divididas em duas etapas, onde na primeira se constatou a contaminação do sistema, sendo analisado o poço de fornecimento de água e a torneira de água da residência. Foi, então, instalado na saída da caixa d'água da residência um filtro lento de areia, iniciando a segunda fase das análises microbiológicas e físico-químicas que foram realizadas na caixa d'água e na saída do filtro, sendo considerado a diferença de tempo e condições climáticas.

Foram realizadas na propriedade um total de 6 coletas de água normalmente utilizadas para consumo humano, sendo 3 antes da instalação do filtro lento de areia, e 3 pós filtro. Nos dias de coletas a temperatura do ambiente variou entre 26,4 °C e 32,6 °C, e a condição climática representada com altas temperaturas acompanhadas de períodos chuvosos.

Figura 4 - (A) Poço (B) Torneira 2 (C) Entrada de água no filtro (D) Saída de água do filtro.



Fonte: Autoria própria, 2023.

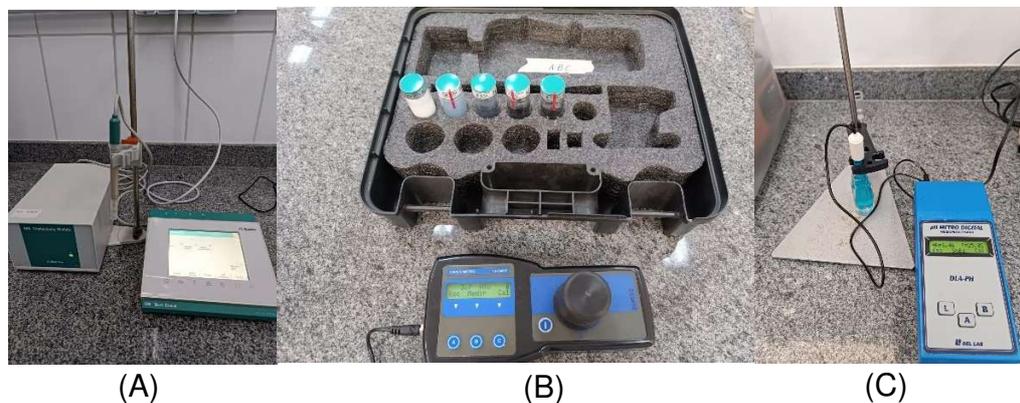
As amostras foram identificadas e acondicionadas em frascos estéreis, autoclavados a 121°C por 15 minutos. Após a coleta do material, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de microbiologia do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) Campus Avaré, onde foram mantidas sob refrigeração até o momento das análises.

5.2. Análise dos parâmetros físico-químicos

Existem indicadores dos padrões físicos, químicos e biológicos da qualidade da água, que devem ser considerados para viabilizar o consumo. Como características de impurezas físicas, são associadas partículas sólidas presentes na água que podem estar de forma suspensa, dissolvida ou coloidal dependendo do seu tamanho, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor (Tucci; Cabral, 2003). Como características químicas da água, consideramos as impurezas de matéria orgânica e inorgânica, englobando parâmetros ideais de pH, alcalinidade, dureza, íons dissolvidos.

Os parâmetros físico-químicos da água foram aferidos. A temperatura da água foi aferida no momento da coleta. O pH, turbidez, e a condutividade elétrica foram aferidas com o auxílio de equipamentos no Laboratório de Microbiologia e Química do IFSP Câmpus Avaré (Figura 5). Os equipamentos usados são portáteis, e a metodologia de uso foi utilizada segundo os fabricantes. Os parâmetros físico-químicos foram comparados aos presentes na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) e o padrão de potabilidade da água descrito na Portaria do MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021 (Brasil, 2021).

Figura 5 - (A) condutímetro, (B) turbidímetro e (C) pHmetro.



Fonte: Autoria própria, 2023.

5.3. Análise microbiológica da água

Através de análises microbiológicas será verificado se a água está adequada aos parâmetros descritos na Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005), e o padrão de potabilidade da água descrito no MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021 (Brasil, 2021). As amostras para análises microbiológicas foram utilizadas em um prazo máximo de 24 horas após a data da coleta. Assim, as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em (Silva et. al., 2010) através da técnica do número mais provável (NMP), também chamada de técnica dos tubos múltiplos.

O diluente utilizado neste estudo foi água peptonada 0,1% (m:v) e para a primeira diluição foram transferidos 25 mL de amostra em frasco contendo 225 mL da água

peptonada 0,1%. Na segunda diluição foi retirado 1 mL e transferidos em tubos contendo 9 mL de água peptonada e assim sucessivamente. Alíquotas de 1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram inoculadas em uma série de 3 tubos em Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) contendo tubo de Durham invertido, constituindo um total de 9 tubos para o teste presuntivo para coliformes. Os tubos foram incubados a 35°C por 24-48 horas, sendo observada a formação de gás, evidenciado pela presença de bolhas no tubo de Durham.

Figura 6 - Inoculação das amostras em meio de cultura de Lauril Sulfato Triptose (LST).



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para as amostras positivas, com presença sugestiva de coliformes, com auxílio de alça de platina flambada, foram transferidas alíquotas para tubos contendo meio de cultivo o Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante (BVB), para análise de coliformes totais e para tubos contendo meio *Escherichia coli* (EC), para análise de coliformes termotolerantes, todos contendo o tubo de Durham invertido para observação da produção de gás. Os tubos contendo o meio BVB foram incubados em temperatura de 35°C durante 24-48 horas. Os tubos com meio EC foram inoculados e mantidos a temperatura de 45°C durante 24 horas. Após o período de incubação, as amostras foram

analisadas produção de gás no tubo de Duran, parâmetros indicativos de crescimento de coliformes totais e termotolerantes, para cada diluição.

Através da combinação de número de tubos positivos em cada série de diluição, nos testes para coliformes totais e termotolerantes, é consultando-se a tabela estatística de Hoskins para 3 tubos, obteve-se os resultados das densidades médias de bactérias coliformes, expressos como número mais provável em 100 mL (NMP/100mL), onde os intervalos de confiança de 95% contantes das tabelas de NPM oferecem a informação, de que, pelo menos 95% das vezes, há a chance de concentração real de microrganismos alvo está incluído no intervalo de confiança calculado para cada arranjo de tubos positivos (Silva *et al.*, 2010). Após identificação dos resultados, eles foram comparados com base na resolução nº 357 de 2005 do CONAMA (Brasil, 2005).

Em seguida, as amostras positivas no meio EC, foram retiradas com alça de platina usando a técnica de esgotamento e semeadas em placas de Petri com meio de cultivo Ágar Eosina azul de metileno (EMB) e inoculada 35°C durante 24h, sendo observada a formação de colônias típicas. O Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) é um meio diferencial utilizado para o isolamento e detecção de Enterobacteriaceae ou bacilos coliformes relacionados, com base na fermentação de lactose.

Foi utilizado para isolamento de bactérias Gram- (seletivo) e diferenciação de bactérias Lac+ /Lac-, sendo empregado principalmente nas observações de bactérias entéricas (Tortora, 2017).

5.4. Dimensionamento do filtro lento de areia

Conforme Hespanhol (1987), o dimensionamento do filtro se dá pelo cálculo da área é dado pela seguinte equação:

$$A = \frac{Q}{t \times a + b} \quad \text{Eq.(1)}$$

Sendo:

A= área do filtro necessária (m^2) $\geq 100m^2$

Q= vazão média diária do projeto (m^3 /dia)

t= taxa de filtração (m/h)

a= número de horas por dia de filtração normal à taxa t (h/d)

b= 0,5 se o período de taxa declinante for de 8 h consecutivas (m^3 /m^2 x dia)

b= 0,7 se o período de taxa declinante for de 16 h consecutivas (m^3 /m^2 x dia)

b= 0 se não for utilizada a taxa declinante.

Nota: o conceito de taxa declinante é o seguinte: o nível em 8 h se tiver altura inicial de 1,00 m baixa para 0,50 m. Em 16 h baixa 0,70 m, fazendo que haja uma produção adicional de água filtrada de $0,5 m^3 /m^2$ x dia.

A taxa de vazão em um filtro lento de areia é um parâmetro crucial que determina a quantidade de água que pode ser tratada pelo filtro em um determinado período. Essa taxa é expressa em volume de água por unidade de tempo e unidade de área, geralmente sendo medida em litros por metro quadrado por hora ($L/m^2/h$).

A determinação adequada da taxa de vazão é fundamental para garantir a eficiência do processo de filtração e a remoção eficaz de partículas suspensas na água.

Nas tabelas 3 e 4 estão dispostos os itens e ferramentas utilizados para a construção do filtro (Andreoli, 2020).

Tabela 3 - Material utilizado na construção do filtro de areia.

Quantidade	Descrição
2	Bombona com tampa 220L
1	caixa de água de 2000L
6 m	Tubo PVC água DN 32mm

6	Adaptador flange de 32mm
1	Adaptador flange de 50mm
13	Cotovelos de 32mm
1	Cotovelos de 50mm
8	Tê soldável 32mm
1	Tê soldável 50mm
4	Registro soldável de 32mm
8	Cap soldável de 32mm
5	União soldável de 32mm
1	Registro com união soldável de 50mm
2	Torneiras boias para caixa acoplada
1	Torneira boia 3/4" para caixa d'água

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 4 - Ferramentas e insumos para montagem.

Ferramentas para montagem	
Quantidade	Ferramentas/insumos
1 Tubo	Cola de cano
1	Pistola aplicadora de cola silicone
1	Serra manual
1	Furadeira manual
1	Serra copo de 25mm
1	Broca de aço rápido de 14mm
1	Lixa de água fina

1	Trena
2	Pastilha de solução de hipoclorito de sódio

Fonte: Autoria própria, 2023.

Para cada tambor de 220 L foram utilizados uma camada de brita, pedrisco, areia grossa e de areia fina e, baseado na densidade desses componentes, foi calculado a massa necessária chegando aos seguintes valores (Tabela 5).

Tabela 5 - Material filtrante.

Material	Altura (cm)	Quantidade (Kg)
Brita 1	10	30
Pedrisco	5	15
Areia Grossa	5	15
Areia fina	50	210
Nível de água	18	

Fonte: Autoria própria, 2023.

Na preparação do material filtrante, foi necessário o peneiramento das areias para estar na granulometria correta e para separar materiais indesejáveis. Foram usadas duas peneiras uma para areia fina e outra para grossa, a lavagem do material filtrante é essencial, principalmente quando a procedência for oriunda de locais com algum tipo de risco de contaminação. Todo material deve ser lavado até que esteja saindo água cristalina (Tomaz, 2003).

Foram usadas duas peneiras, uma de 1,5 x 1,5 mm para areia fina e uma de 3 x 7 mm para areia grossa, sendo o pedrisco e a brita já comprados peneirados. Após a instalação do filtro e adição de todas as camadas filtrantes, o mesmo foi clorado para

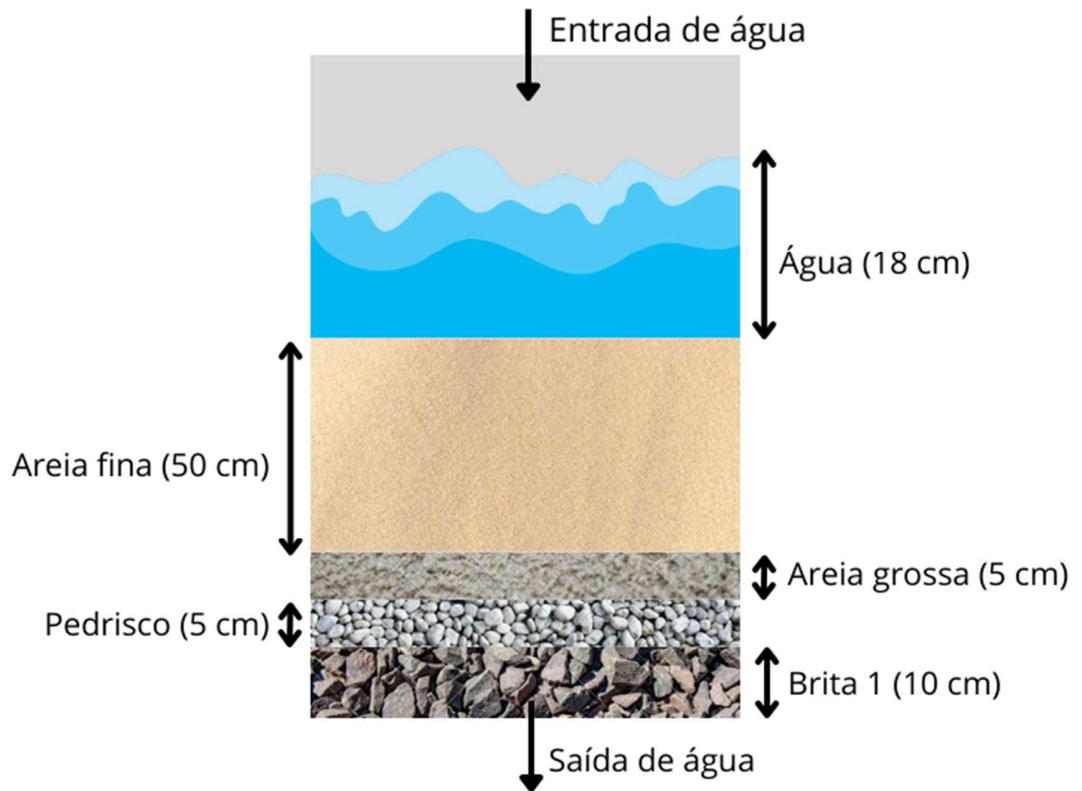
remoção de qualquer possível contaminação microbiológica durante o manuseio dos seus componentes. No fundo do filtro lento de areia, antes de colocar o material filtrante é inserido uma tubulação de saída no fundo (Figura 7), o enchimento do filtro foi feito a partir do tambor vazio, sendo colocada a primeira camada de brita até atingir a medida ilustrada na (Figura 8), depois uma camada de pedrisco e para colocar as camadas de areia foi colocado água no filtro para garantir o assentamento correto da areia e não criar caminhos de escoamento preferencial.

Figura 7 – Tubulação de saída do fundo do filtro.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 8 - Material filtrante dentro da bombona 220 L.



Fonte: Autoria própria, 2023.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Verificação do sistema de saneamento

O sistema de saneamento é composto por um tanque séptico, seguido de um sumidouro. Uma inspeção no campo verificou que a altura do tanque é de 0,5 m. Uma altura irregular pode comprometer a eficiência da separação dos resíduos e o desempenho geral da fossa séptica. O dimensionamento do tanque séptico deve atender às disposições da NBR 7229 (ABNT, 1993) que diz que a profundidade mínima da fossa é de 1,20 m. Portanto o sistema de fossa séptica da propriedade não está funcionando como deveria e acaba perdendo sua função e passa a funcionar apenas como uma caixa de passagem. Com isso espera-se que o efluente chegue ao sumidouro para lançamento no solo em condição precária de tratamento.

Essa situação se agrava, pois como já mencionado, o nível do lençol freático no período das chuvas é de apenas aproximadamente 0,5 m. Dessa forma o sumidouro faz o lançamento do efluente, não devidamente tratado, diretamente no lençol freático. É esperada a contaminação da água do lençol freático nessa situação.

A NBR 7229 também estabelece que a localização do poço deve obedecer a distância mínima de 15 metros entre o poço e o tanque séptico ou estarem distantes de qualquer fonte de poluição Brasil (2006). A distância entre poço e tanque séptico na propriedade estudada é superior à 15 metros, porém existe a circulação de animais bovinos esporadicamente ao redor do poço, o que pode ser uma fonte de contaminação microbiológica. Existe também um lago de peixes a uma distância inferior à 10 metros do poço.

Durante uma higienização do poço, foram encontrados animais mortos em estado de decomposição e animais como pererecas e aranhas, pois o poço se encontrava sem proteção adequada e sem a vedação necessária. Se observa na (Figura 9A) a higienização do poço que é uma prática importante para garantir a qualidade da água e prevenir contaminações. Poços caipiras, por serem muitas vezes mais simples e rasos, podem estar mais suscetíveis a contaminações do solo e da superfície e devem ser

limpos a cada seis meses (Emater-DF, 2021). Podemos observar na (Figura 9B) a vedação do poço após a higienização.

Figura 9 – Higienização e vedação do poço.



Fonte: Autoria própria, 2023.

6.2. Resultados das análises físico-químicas

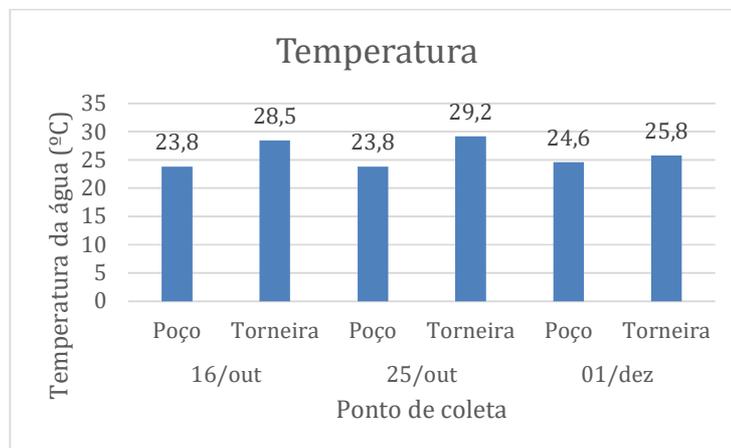
As análises para os pontos A (poço) e B (torneira) foram realizadas entre os meses de novembro e dezembro de 2023, em um prazo máximo de 24 horas após a data da coleta. A temperatura foi um parâmetro relativamente constante no poço (Gráfico 1A), havendo variações apenas na amostra da torneira, pois a alteração da temperatura de águas naturais decorre em especial da insolação, influenciada pelo clima e latitude. E essa alteração se mostra também por se tratar de um poço considerado raso.

A turbidez da água é uma medida da quantidade de partículas sólidas em suspensão na água que podem causar uma diminuição na transparência, essas partículas podem incluir sedimentos, argila, material orgânico, algas e outros detritos (Zerwes. 2015). Segundo a Portaria do MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021 (Brasil, 2021) para água subterrânea, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 NTU.

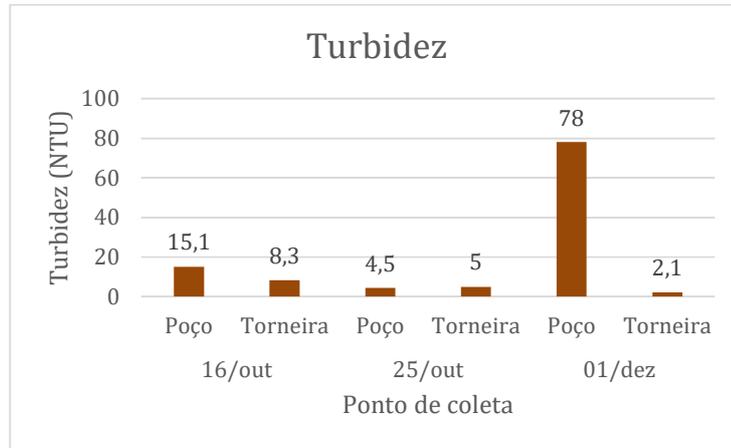
Observa-se no (Gráfico 1B), que na primeira coleta o nível da turbidez ultrapassou o limite permitido e na terceira coleta o nível da turbidez do poço estava elevado por se tratar de um período chuvoso, onde o lençol freático é alto e o poço raso, na amostra da torneira permaneceu dentro do limite permitido. A faixa de pH se manteve entre 6,12 e 5,51 (Gráfico 1C) e é considerada adequada para a água potável. Águas com pH nesta faixa são geralmente bem aceitas em termos de sabor e não apresentam riscos significativos à saúde humana. A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914/2011 juntamente com a resolução CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005), orienta-se que o valor para pH de consumo humano varie entre 6,0 e 9,5.

A condutividade da água para consumo humano é um indicador importante da presença de íons dissolvidos, refletindo sua capacidade de conduzir eletricidade. Valores elevados podem sugerir a presença de minerais, como sais dissolvidos, enquanto baixos indicam água mais pura. Esse parâmetro não identifica quais são os íons presentes na água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (Zuin e Loriatti e Matheus, 2009). A portaria Nº 2.914, de 12/12/2011 não faz referências a limites de condutividade elétrica na água de poços. Porém, segundo Von Sperling (2007), os corpos hídricos naturais possuem a condutividade nos parâmetros entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo chegar até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em locais com poluição de esgoto doméstico e/ou industrial. Dentro deste parâmetro, as amostras do (Gráfico 1D) apresentaram alterações.

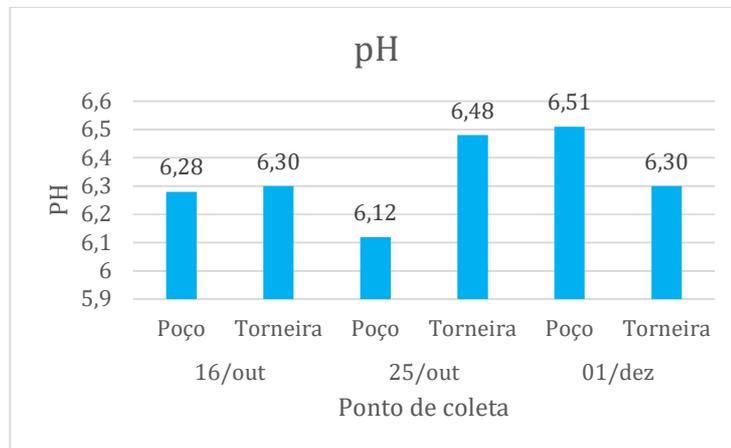
Gráfico 1 - Parâmetros físico-químicos da água coletada no poço (ponto A) e na torneira (ponto B). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).



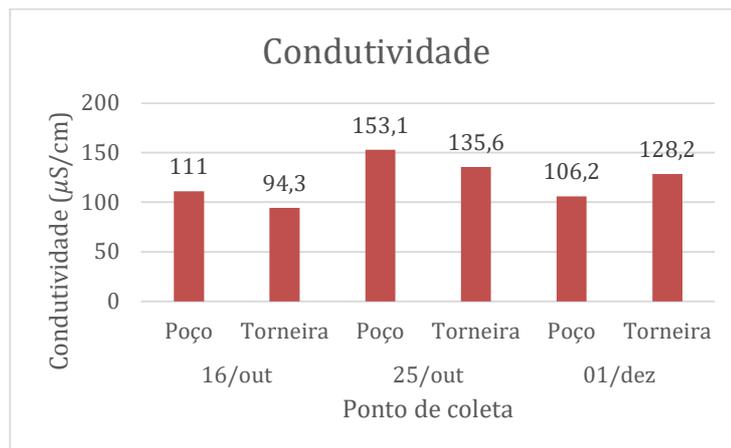
(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Autoria própria, 2024.

Para a turbidez se estabeleceu os limites aceitos pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021, para pH a Resolução CONAMA 357/2005, e Von Sperling (2007), para condutividade.

6.3. Análise microbiológica da água

As análises para os pontos A (poço) e B (torneira) foram realizadas entre os meses de outubro e novembro de 2023. A densidade de microrganismo por 100 mL pode ser observada no Gráfico 2 e 3, apresentando a quantificação presuntiva de coliformes, expressa pelo número mais provável (NMP/mL), obtido nos pontos de coleta comparados ao limite aceito pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos “classe 1” que é de 200 NPM/100mL.

Nota-se que houve variação ao longo do período avaliado, com todas as amostras apresentando contaminação acima do limite aceito pela resolução CONAMA 357/2005. Segundo o capítulo V do padrão de potabilidade da água, “no controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável pelo Sistema de Abastecimento da Água (SAA) ou Solução Alternativa Coletiva (SAC) e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios” MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021.

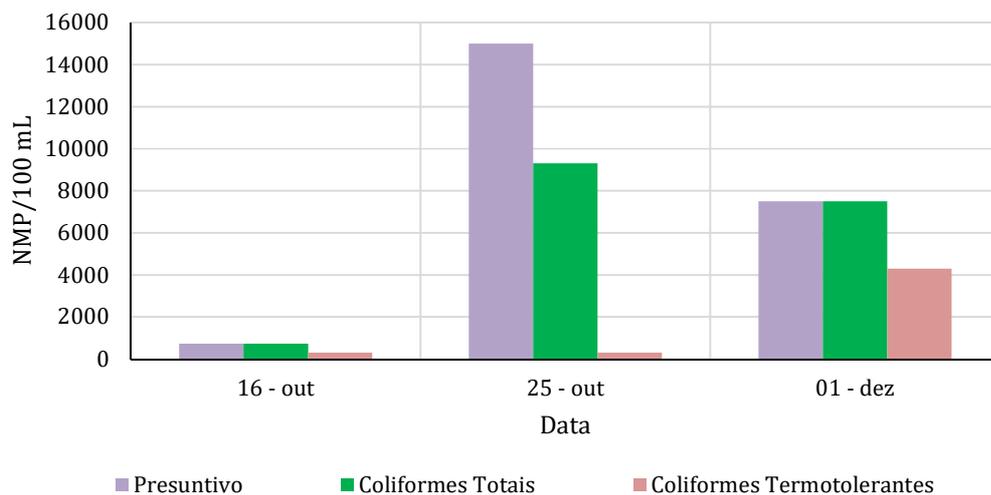
No grupo de coliformes totais estão as bactérias pertencentes à família Enterobacteriaceae, de acordo com os resultados obtidos no caldo BVB houve um crescimento nas amostras da segunda e terceira coleta no poço e em todas as coletas da torneira indicando a presença de coliformes totais.

A presença de coliformes termotolerantes na água indica possível contaminação por fezes e, portanto, indica a presença de microrganismos patogênicos, que por serem mais raros e mais frágeis às condições ambientais, necessitam de uma análise mais complexa para serem evidenciados (Silva; Araújo, 2003). Houve crescimento apenas nas análises da coleta do dia 01/12/2022, na amostra do poço. Isso pode ter sido ocasionado por se tratar de um período chuvoso. Além disso, a propriedade estava com a presença

de animais bovinos soltos, o que pode justificar o aumento da presença de coliformes termotolerantes nesse período.

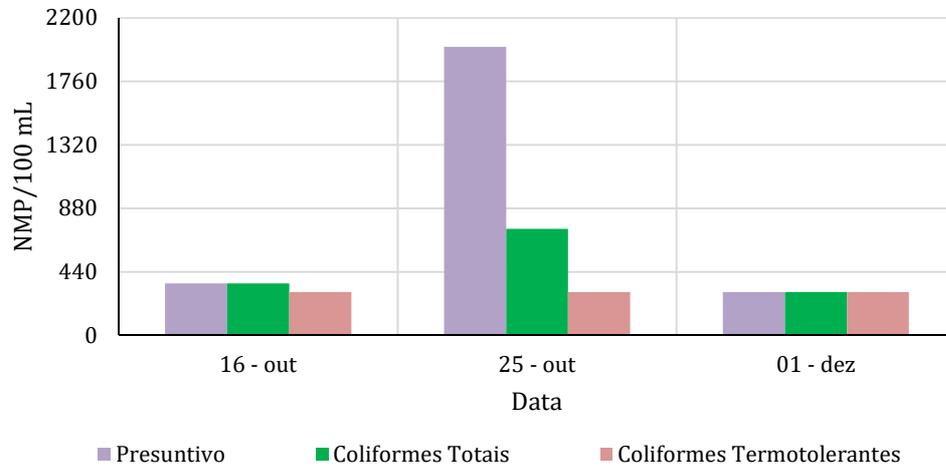
Este é um fato preocupante, pois esses microrganismos indicam possível contaminação da água por esgoto (doméstico ou de pecuária), o qual está entre os principais agentes de infecção hospitalar e intestinal (Gonzales et al., 1982). No mesmo período, no entanto, não houve resultado positivo na amostra da torneira. Esse fato pode ser justificado pela bomba do poço estar desligada, assim ela não enviou a água contaminada para caixa d'água que abastece a casa, que estava operando com água armazenada anteriormente. As análises presuntivas foram usadas pois Segundo o capítulo V do padrão de potabilidade da água, “no controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável pelo Sistema de Abastecimento da Água (SAA) ou Solução Alternativa Coletiva (SAC) e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios” MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021.

Gráfico 2 - Quantificação de microrganismos por 100 mL. Ponto A - poço.



Fonte: Autoria própria, 2023.

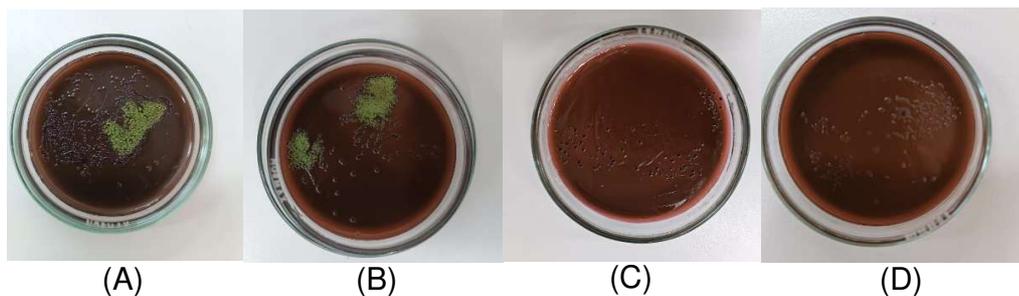
Gráfico 3 - Quantificação de microrganismos por 100 mL. Ponto B - torneira.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os ensaios positivos no caldo EC foram transferidos para a placa de EMB e colocadas na incubadora a 35°C por 24 h. As amostras da água do poço indicaram uma possível presença de *Escherichia coli* e *Salmonelas*, uma vez que foram observadas colônias típicas com coloração verde brilhante (indicando que são fermentadoras de lactose), conforme mostrado na figura 10 (A e B). Nas placas, figura 10 (C e D), apresentaram a presença de *Salmonella* que são incolores ou têm uma cor âmbar transparente que são não fermentadoras de lactose (Levy, 2004). Porém necessitam de uma análise mais complexa para serem evidenciados e confirmada esse tipo de contaminação.

Figura 10 - Crescimento bacteriano no meio sólido a cultura Ágar Eosina Azul de Metileno.



Fonte: Autoria própria, 2023.

6.4. Instalação do filtro lento de areia

O dimensionamento do filtro lento de areia foi feito conforme proposto por Hespanhol (1987). Foi adotada a taxa de filtração 0,1m/h, conforme proposto por Tomaz (2003), sem taxa declinante, pois foi considerada a operação com nível constante.

Por questões de custo, optou-se pelo dimensionamento do filtro utilizando tambores de 220 litros, sendo importante equilibrar a eficiência do material escolhido com os requisitos e padrões necessários para garantir a segurança da água de consumo humano. O modelo de tambor escolhido apresenta diâmetro interno de 61 cm, resultando numa área de seção transversal de 0,292 m².

Cálculo da vazão para um tambor de 220 L, operando com a área de 0,292 m², está apresentado na equação 1,

$$A = \frac{Q}{t \times a + b}$$

$$0,292 = \frac{Q}{0,1 \times 24}$$

$$Q = 0,700 \frac{m^3}{dia} \text{ ou } 700 \text{ L}$$

Cálculo da vazão para 2 tambores de 220 L operando, com a área de 0,584 m².

$$A = \frac{Q}{t \times a + b}$$

$$0,584 = \frac{Q}{0,1 \times 24}$$

$$Q = 1,401 \frac{m^3}{dia} \text{ ou } 1.401 \text{ L}$$

A figura 8 mostra a instalação do filtro lento de areia (Figura 11A) e o mesmo concluído na (Figura 11B).

Figura 11 - (A) Instalação do filtro lento de areia, (B) filtro lento de areia instalado.



(A)

(B)

Fonte: Autoria própria, 2023.

Antes de iniciar as análises da água foi feita a detecção de cloro na água que é crucial para garantir a qualidade da água para consumo humano e ter a certeza que o cloro não iria interferir nos resultados. Para isso foi usado o estojo comercial de testes de Cloro livre e pH. Foi constatada a ausência de cloro antes do início das coletas para análise.

Figura 12 - Análise de cloro.

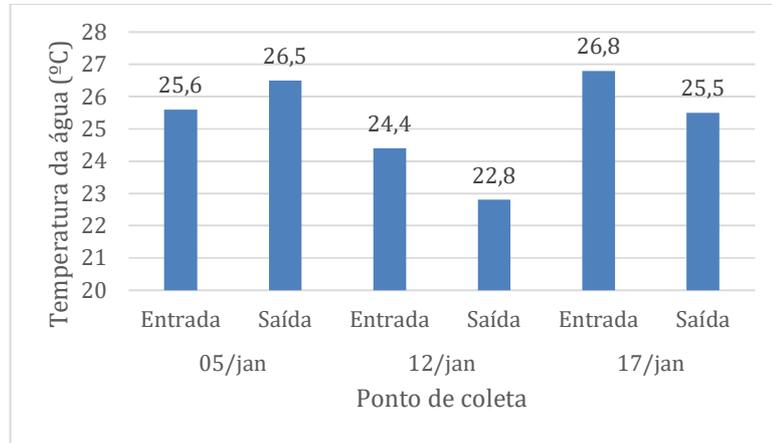


Fonte: Autoria própria, 2024.

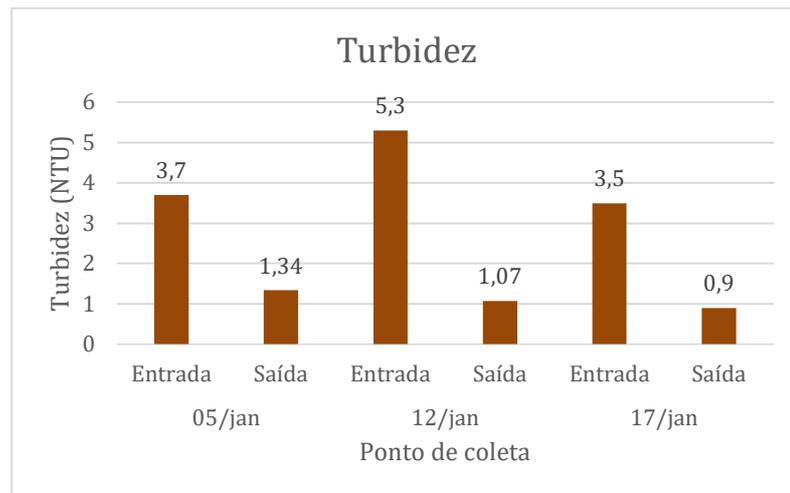
6.5. Resultados das análises físico-químicas do filtro lento

A temperatura foi um parâmetro relativamente constante no (Gráfico 4A), pois os dois pontos de coleta ficam próximos, sobre a sombra de árvores. A turbidez da água no ponto C (Gráfico 4B) ficou acima do limite permitido segundo a portaria do MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888/2021 (Brasil, 2021) para água subterrânea. O limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 NTU. Observando os resultados da análise da turbidez da água do ponto D (Gráfico 4B), pode-se ver que estão todas dentro dos limites permitido para água de consumo humano, constatando assim a eficácia do filtro lento de areia. No (Gráfico 4C) o pH para os dois pontos de coleta não apresentam riscos significativos à saúde humana, segundo a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914/2011 juntamente com a resolução CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005) estão dentro dos limites permitidos. A condutividade (Gráfico 4D) observa-se nos pontos de C e D, segundo Sperling (2007), estão acima dos limites permitidos, que deve ser entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

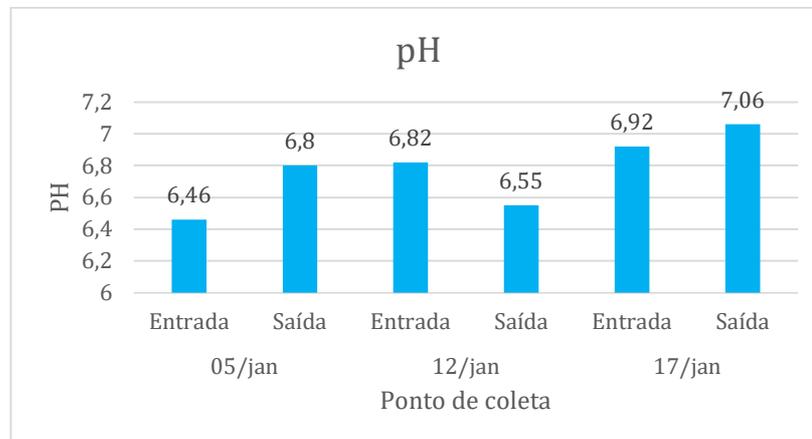
Gráfico 4 - Parâmetros físico-químicos da água coletada na entrada do filtro (ponto C) e saída do filtro (ponto D). A(Temperatura), B(Turbidez), C(PH), D(Condutividade).



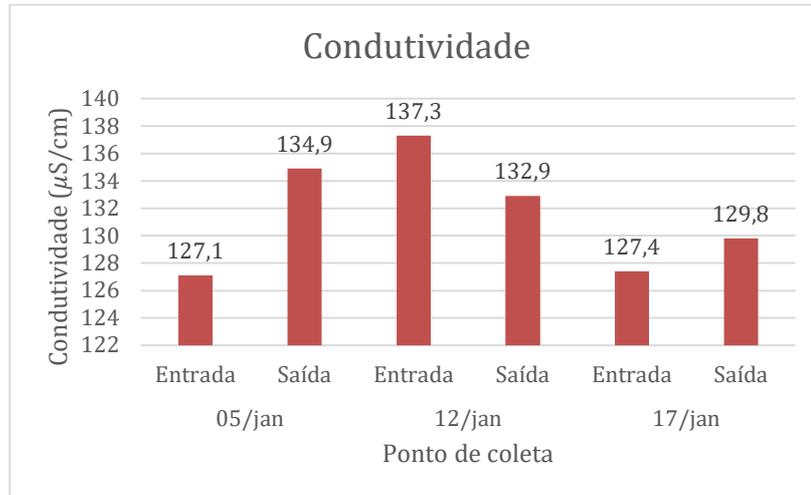
(A)



(B)



(C)



(D)

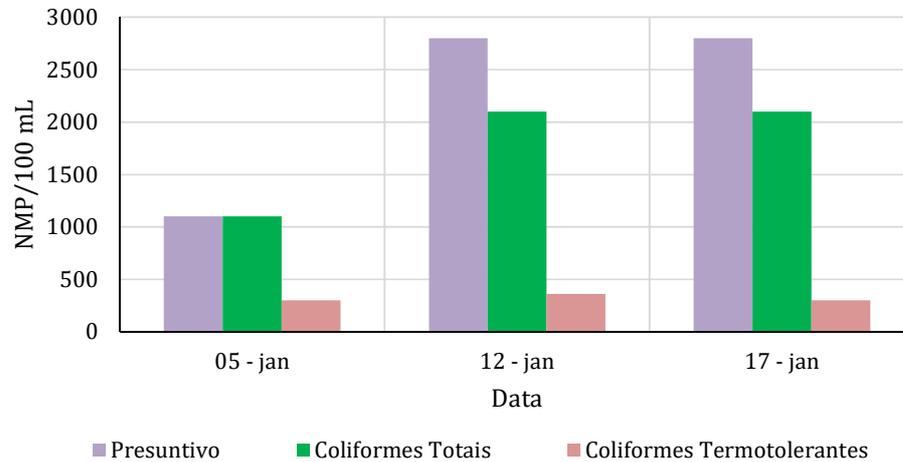
Fonte: Autoria própria, 2024.

6.6. Análise microbiológica da água do filtro lento

Ao comparar os resultados obtidos para a água na entrada e saída do filtro, exibidos nos gráficos 5 e 6, pode-se constatar a eficiência do filtro lento na remoção de microrganismos patogênicos e indicadores de contaminação. Alguns pesquisadores observaram remoções de coliformes totais e *E. coli* de 95,0% a 100% em ensaios realizados com instalação piloto (Coelho, 2002) e remoções de 98,0% para coliformes totais e 97,0% para *E. coli* também em instalação piloto (Brito *et al.*, 2005). Esses dados são compatíveis aos verificados no presente trabalho. Observa-se no gráfico 8 que a eficácia do filtro lento de areia foi aumentando conforme o tempo de uso.

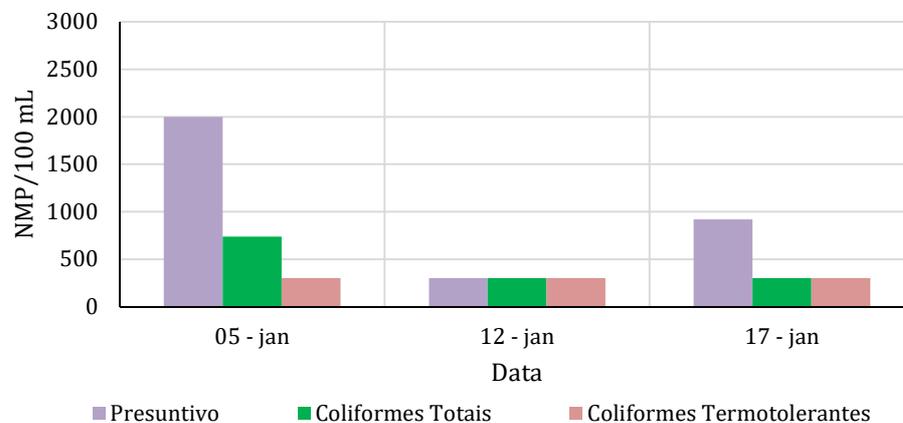
Não foi constatada a presença de coliformes termotolerantes em nenhuma das amostras na saída do filtro lento de areia. Vale salientar que para construção dos gráficos, os resultados dos ensaios com NMP inferiores a 0,3 por mL (ou 300 por 100 mL) foram considerados como 0,3 (ou 300).

Gráfico 5 - Quantificação de microrganismo por 100 mL. Entrada do filtro lento (ponto C).



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Gráfico 6 - Quantificação de microrganismo por 100 mL. Saída do filtro lento (ponto D).



Fonte: Autoria Própria, 2024.

6.7. Camada biológica

A respeito da camada biológica do filtro lento, ela é o componente-chave para a eficiência da remoção de coliformes, embora não seja visível. Porém, demora certo

tempo até a sua formação completa. Durante esse período, tanto a eficiência de remoção como o consumo de oxigênio aumentam à medida que a camada biológica cresce. (Cawst, 2010).

Essa camada biológica também é conhecida como um biofilme, biomassa ou uma camada de lodo, composta por microrganismos benéficos. Esses microrganismos desempenham um papel crucial na decomposição de materiais orgânicos presentes na água, transformando substâncias prejudiciais em compostos mais inofensivos. Essa ação biológica contribui para a melhoria da qualidade da água de maneira natural e sustentável.

A formação de um biofilme em um filtro projetado para combater os coliformes é uma abordagem promissora, aproveitando a capacidade natural dos microrganismos de degradar poluentes orgânicos. No entanto, é importante garantir que o processo seja cuidadosamente controlado e monitorado para evitar o crescimento de microrganismos indesejados ou condições que possam comprometer a eficácia do filtro. Para o desenvolvimento da camada biológica no leito de filtro, é necessária a presença de alimentos, oxigênio e temperaturas adequadas. A população bacteriana é limitada pela quantidade de material orgânico fornecido pela entrada de água bruta (Ranjan e Prem, 2018).

Cawst (2012) recomenda que seja mantida a mesma fonte de água para operação do filtro lento de areia, principalmente nos primeiros dias de operação. A camada biológica se adapta com a frequência de nutrientes provenientes da fonte, por isso a necessidade de mantê-la, é de grande importância analisar e acompanhar o crescimento do biofilme. Na (Figura 13A) podemos observar o leito do filtro logo após a sua instalação, já na (Figura 13B) mostra o leito do filtro após um mês da sua instalação e assim é possível observar a formação da camada do biofilme.

Figura 13 - (A) Imagem do leito do filtro após a instalação e (B) imagem após um mês de uso.



(A)

(B)

Fonte: Autoria Própria, 2024.

6.8. Manutenção e limpeza do filtro lento de areia

A manutenção do filtro lento de areia será realizada conforme proposto por Tomaz (2003).

6.8.1. Diariamente

- Checar a entrada da água bruta. Muitas vezes pode ser menos frequente.
- Checar e ajustar a taxa de filtração projetada.
- Checar os níveis da água nos reservatórios.
- Tirar amostra e checar a qualidade da água.
- Checar as bombas.
- Por observações no relatório da estação de tratamento.

6.8.2. Semanalmente

- Verificar as bombas nas suas partes girantes

- Verificar o estoque de combustível caso exista
- Checar as válvulas e fazer os devidos reparos
- Limpar o local onde estão os filtros lentos de areia

6.8.3. Mensalmente

- Raspar a areia que está no filtro lento.
- Lavar a areia raspada e armazenando a areia limpa.

6.8.4. Anualmente

- Limpar bem toda a areia dos filtros.
- Lavar e armazenar a areia retirada dos filtros a cada dois anos.
- Reencher de areia todas as unidades do filtro lento.

7. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, ficou comprovada a viabilidade do sistema de filtro lento de areia para a remoção de coliformes totais e termotolerantes e redução da turbidez da água, atendendo às recomendações da Resolução CONAMA 357/2005.

Também foi possível constatar a viabilidade do uso de tambores para a confecção do filtro, propiciando uma redução significativa de custo e aumentando sua aplicabilidade em pequenas propriedades rurais.

Como se trata de uma propriedade com circulação de animais próximo à fonte de água, fica como sugestão a criação de barreiras físicas, como cercas, para impedir que animais se aproximem do poço. Isso reduzirá a chance de contaminação da água.

Ficou constatado que a condutividade da água, mesmo com a instalação do filtro lento de areia, ainda continua fora do que se é recomendado para consumo humano. Recomenda-se a continuação desse trabalho para estudar métodos para a remoção de íons específicos ou à redução de substâncias indesejáveis. Uma das possíveis soluções seria a adição de um filtro adicional, utilizando como material filtrante o carvão ativado para adsorção ou também poderia ser feito o uso de resina mista catiônica e aniônica para reduzir a condutividade da água.

Recomenda-se a continuação do trabalho, com um monitoramento mais prolongado do desempenho do filtro lento de areia.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

Andreoli, F.C. **Filtros lentos de areia em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas subterrâneas com risco microbiológico em comunidades isoladas**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Faculdade de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2020.

ARAÚJO, M.C.S.P. **Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB)**. Campina Grande-PB; UFCG, 2010. p. 110. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BRASIL, MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos/ Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. Brasília - DF 2009,52 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental**. Diário Oficial da União, Brasília - DF, março de 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Relatório de gestão 2019** / Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento: orientações técnicas**. 3ª ed. rev. Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp). Brasília/DF: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia Prático para o Controle das Geohelmintíases**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria no. 518**, de 25 de março de 2004. Diário Oficial da União, Seção 1, p. 266. Brasília, DF, 26 de mar de 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE - PORTARIA GM/MS Nº 888. **BRASIL 2021**. Disponível em:<[HTTPS://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/SAUDELEGIS/GM/2021/PRT0888_24_05_2021_REP.HTML](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html)>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

BRITO, L. L. A.; CARDOSO, A. B.; SALVADOR, D. P.; HELLER, L. **Amadurecimento de filtros lentos de areia e remoção de microrganismos indicadores de qualidade da água ao longo da profundidade do leito: uma avaliação em instalação piloto**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 307-317, 2005.

CENTRE OF AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY CAWST. **Biosand Filter Manual. Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance**. Training Manual. Canada, 2010.

CENTRE OF AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY CAWST. **Biosand Filter Construction Manual**. Biosand Filter Project Implementation. Canada, 2012.

CLEASBY, J.L., Source water quality and pretreatment options for slow sand filters, in Slow Sand Filtration. **American Society of Civil Engineers**, p 69-100 New York. 1991

COELHO, E. R. C. **Influência da pré-oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio na remoção de atrásina em filtros lentos de areia e carvão ativado granular**. 2002. 248p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

CRUVINEL, L.A.; DUARTE, N.F. **Análise comparativa das legislações vigentes sobre microrganismos contaminantes de água- Brasil, Estados Unidos e Espanha**. VIII Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG, I Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação, Bambuí - MG, 2015, p. 1-5.

DOWBOR, Ladislau. Economia da água in: DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato Arnaldo (organizadores). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora SENAC, 2005. ISBN 85-7359-441-1

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L. FERREIRA, E. R; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. **Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado - RS**. Ambi-água, v.4, p.58-80, 2009.

FARIAS, N. **Desempenho de filtros lentos período de amadurecimento precedidos de pré-filtração em pedregulho no tratamento de água contendo células tóxicas de Microcystis aeruginosa**. Dissertação Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, p.1-243. 2011.

GONZAGA, A. S. M. Clorador por difusão: **Avaliação de desempenho e de parâmetro de projeto. Dissertação de mestrado**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte. 1996. 72 p.

GONZALEZ; R. G; TAYLOR; M. L; ALFARO; G. Estudio bacteriano del agua de consumo en unacomunidad Mexicana. **Bol Oficina Sanit Panam**, v.93, p. 127-40, 1982.

GOOGLE EARTH, 2023.**Propriedade rural sítio Vale Verde**. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/>. Acessado em: 02.jan.2024

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2003.

HESPANHOL, IVANILDO. Filtração lenta in Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água, 1987, 317 páginas, editado pela CETESB. HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow sand filtration**. Geneva: WHO, 1974.

IBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>. Acesso em: 02 jan.2024.

KEARNS, J. Biochar para controle de vestígios de contaminantes na água. **Confêrencia Internacional de Agricultura ECHO 2014**. Disponível em:<https://www.echocommunity.org/resources/8dff03e9-b819-43b4-a601-2875aa9ac050>. Acessado em: 08.jan.2024

LEVY, C. E. **Manual de microbiologia clínica para controle de infecção em serviços de saúde**. Campinas, 2004. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/microbiologia/introducao.pdf>>. Acesso em:13 de janeiro 2024.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. 1ª ed. - Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

LOAGUE. K.; CORWIN, D.L. e ELLSWORTH, T. R. (1998). The challenge of predicting nonpoint source pollution. **Environmental Science e Technology**, p. 130-133.

MARINHO, R. S. de A.; OLIVEIRA, F. M. F. de; CRISPIM, M. C. Influência de tanque de evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático. **Anais do 11º simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva**, João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2018.

MARQUEZI, M. C. **Comparação de metodologias para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade de São Paulo (USP) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - **PORTARIA GM/MS Nº 888**. BRASIL 2021. Disponível em: HTTPS://BVSMS.SAUDE.GOV.BR/BVS/SAUDELEGIS/GM/2021/PRT0888_24_05_2021_REP.HTML Acesso em: 29 jan. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: Acesso em: 30 jan. 2024.

MOLLISON, B. **Bill Mollison**. Disponível em: <https://frasesinspiradoras.net/bill-mollison/frase/186168>. Acessado em: 26 de janeiro de 2024.

MURTHA, N.; LIBANIO, M.; HELLER, L. Filtração lenta em areia como alternativa tecnológica para o tratamento de águas de abastecimento no Brasil. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental II** - 085 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 1542, março de 2016, pag. 1-16.

MURTHA, N.A.; HELLER, L.; LIBÂNIO, A. **Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia**. Artigo Técnico. Engenharia Sanitária e Ambiental. Volume 8, n. 4, outubro/dezembro, 2003.

ONU BR - NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL - ONU BR. **A Agenda 2030**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em 8 de janeiro de 2024.

PINHEIRO, F. **Apostila de saneamento básico**. 2008. Disponível em: Acesso em: 27 mai. 2023.

PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas**. Rio de Janeiro, 1999, pag. 1-121.

QUESADO, N. JR. **Contribuição da Hidrogeologia à Problemática de Doenças de Veiculação Hídrica no Município de Fortaleza - Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001. 164p.

RANJAN, P.; PREM, M. Schmutzdecke-A Filtration Layer of Slow Sand Filter. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 7, p. 637-645, 2018.

REGO, N.A.C.; BARROS, S.R.; SANTOS, J.W.B. **Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encantada, Ihéus – BA**. Revista Eletrônica do Prodepa, v. 4, n.1, p. 55-69, 2010.

SANEAMENTO RURAL / Janaina Pereira Dias...*et al.* - Brasília: Emater-DF, 2021. 85 p., il. - (Coleção Emater-DF, ISSN 1676-9279, n. 28).

SECKLER, S.F.F. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. ed.1, - Rio de Janeiro, Elsevier, 2017. ISBN: 978-85- 352-8740-0.

SILVA, M.D. da; MATTOS, M.L.T. **Microbiológica quality of water for human consumption in the hydrographical microbasin of arroio Passo do Pilão.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 21, 2001, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, 2001. p. 42. SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência e Saúde coletiva*, v.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

Silva, N.; Junqueira, V. C. A.; Silveira, N. F. A.; Taniwaki, M. H.; Santos, R. F. S.; Gomes, R. A. R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água.** São Paulo - Livraria Varela Editora, 2010.

SILVA, R.C.A.; ARAÚJO, T.M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** *Ciência & Saúde Coletiva*. p.1019-1028, 2003.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588 p., il. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 7). Inclui bibliografia. ISBN 85-88556-07-2.

STUKEL, TA, Greenberg ER, Dain BJ, Reed FC, Jacobs NJ. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. *Environ Sci Technol* 1990;24:571-5.

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Editora Navegar. São Paulo, 2003, 180 p.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia.** 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 962 p.

TUCCI, C. E. M; CABRAL, J. J. S. P. **Prospecção tecnológica, recursos hídricos:** qualidade da água. Brasília, DF: CGEE, 2003, Disponível em: Acesso em: 31 jan. 2024.

UNESCO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: O valor da água.** Programa Mundial da Unesco para Avaliação dos Recursos Hídricos. UNESCO, Paris, 2021. Disponível em: < <http://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en/download-the-report>>. Acesso em: 27 out. 2023.

VAN DIJK, J. & OOMEN, J. (1978). **Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Água en Países en Desarrollo. Manual de Diseño y Construcción. Documento Técnico nº 11.** Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua de la OMS. Haya, Países Baixos. Ed. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, diciembre, 1978, p.1-215.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. (1994) **Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate.** Nova York: John Wiley and Sons.

VARGAS, L.C., Filtracion lenta, Manual I Teoria e Evaluacion, **CEPIS/OPAS**, Lima, Peru 1992.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater**. v.1. Policy and regulatory aspects. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, 2006a. Disponível em: < <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/110845/retrieve>> Acessado em: 18.jan.2024.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO.

ZERWES, Cristian Mateus *et al.* Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 651, 2015.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.