

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
ENGENHARIA QUÍMICA**

**RENATA DIAS PACHECO FREITAS**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇO ARTESIANO DA COMUNIDADE  
SÃO DOMINGOS/BAGÉ-RS E TRATAMENTO ATRAVÉS DE FILTRO ORGÂNICO**

**Bagé  
2023**

**RENATA DIASPACHECO FREITAS**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇO ARTESIANO DA COMUNIDADE  
SÃO DOMINGOS/BAGÉ-RS E TRATAMENTO ATRAVÉS DE FILTRO ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Orientadora: Aline Brum Argenta

Coorientadora: Tânia Regina de Souza

**Bagé  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

F866a Freitas, Renata Dias Pacheco

Análise físico-química da água de poço artesiano da  
comunidade São Domingos/Bagé-RS e tratamento através de filtro  
orgânico / Renata Dias Pacheco Freitas.

64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2023.

"Orientação: Aline Brum Argenta".

1. Poço artesiano. 2. Água subterrânea. 3. Água potável. 4.  
Legislação. 5. Filtro orgânico. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**RENATA DIAS PACHECO FREITAS**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇO ARTESIANO DA COMUNIDADE SÃO  
DOMINGOS/BAGÉ-RS E TRATAMENTO ATRAVÉS DE FILTRO ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de julho de 2023.

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Aline Brum Argenta  
Orientadora  
UNIPAMPA

---

Profa. Dra. Tânia Regina de Souza  
Coorientadora  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. André Ricardo Felkl de Almeida  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Gabriel Henrique Justi

UNIPAMPA

---



Assinado eletronicamente por **ALINE BRUM ARGENTA, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 24/07/2023, às 18:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **GABRIEL HENRIQUE JUSTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/07/2023, às 19:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **ANDRE RICARDO FELKL DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/07/2023, às 10:45, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/07/2023, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1195449** e o código CRC **97DF774C**.

---

Referência: Processo nº 23100.014846/2023-07 SEI nº 1195449

Dedico este trabalho aos meus pais Rita de Cássia Dias Pacheco e Roberto Carlos Machado Freitas, por estarem sempre me apoiando nessa jornada.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus pelo seu amor e cuidado inexplicável, por ter me dado forças para chegar até aqui, por todo o aprendizado, pela vida, e por mais essa luta vencida.

Agradeço aos meus pais, Rita de Cássia Dias Pacheco e Roberto Carlos Machado Freitas, por todo apoio, amor, cuidado, orações, incentivo e compreensão até aqui, e também por vibrarem comigo em cada conquista.

Agradeço aos meus avós, Marlene Dias Pacheco e Delci Leite Pacheco, por sempre me incentivarem e por toda a ajuda que me deram no decorrer dos anos.

Agradeço ao meu namorado, Robson Martins Peres, que mesmo chegando no final dessa jornada, foi de grande ajuda para que eu pudesse chegar até aqui, agradeço por todo incentivo, apoio, paciência e cada puxão de orelha.

Agradeço a minha orientadora, Aline Brum Argenta, e a minha coorientadora, Tânia Regina de Souza, por terem embarcado nessa jornada comigo, por todas as orientações, ensinamento, amizade, paciência, e incentivo que contribuíram para esse trabalho ser realizado.

Agradeço aos professores da banca, André e Gabriel, por toda contribuição no trabalho.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Química da Unipampa e todos aqueles que já não estão mais na UNIPAMPA, mas que fizeram parte dessa jornada, por todo o incentivo e ensinamentos dado durante a graduação.

Agradeço aos técnicos dos Laboratórios de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, por todo auxílio na concretização deste trabalho.

Agradeço a todos os amigos e colegas que de uma forma outra contribuíram para a concretização deste trabalho, em especial a Tanane Aveiro e Carolina Faustino.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

“Confia no Senhor de todo o teu coração, e não te estribes no teu próprio entendimento. Reconhece-o em todos os teus caminhos, e ele endireitará as tuas veredas.”

Provérbios 3:5-6

## RESUMO

A água é um recurso natural que é indispensável para todos os seres vivos. Com o aumento da escassez de água e a poluição dos recursos hídricos, tem-se optado por abastecimento através de poços artesianos. Para se obter uma água potável é necessário que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estejam dentro dos valores máximos permitidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. O objetivo deste presente trabalho foi analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do poço artesiano que abastece a comunidade São Domingos, localizada na cidade de Bagé-RS e propor um filtro orgânico a fim de diminuir a dureza da água e outros parâmetros. Foram montados 4 filtros, sendo o primeiro com casca de banana, o segundo com casca de arroz, o terceiro misto com cascas de arroz e de banana, e um filtro invertido com casca de banana. Os parâmetros obtidos antes da filtração foram: pH 6,99, condutividade elétrica 470,5  $\mu\text{S}$ , STD 235,5 ppm, turbidez 0,25 UT, OD 5,06 ppm, cloretos 0,45 mg/L de Cl e dureza 517,24 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , sendo classificada como água muito dura. Após a filtração, obteve-se pH variando de 7,07 a 7,17. Para a turbidez também ocorreu aumento, obtendo-se valores de 0,42 UT até 11,73 UT. Para os demais parâmetros ocorreu uma diminuição, a condutividade elétrica variou de 441,5 a 463,5  $\mu\text{S}$ , para STD foram obtidos valores de 222,3 a 230,5 ppm, para OD de 4,43 a 4,73 ppm, para dureza os valores variaram de 431,03 a 491,38 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Os cloretos se mantiveram em uma faixa aproximada, variando de 0,39 a 0,46 mg/L de Cl. Na análise microbiológica todas as amostras apresentaram presença de coliformes totais e termotolerantes devido a possíveis contaminações. Os filtros se mostraram eficientes na filtração, mas os parâmetros de dureza e condutividade elétrica ainda se mantiveram acima do valor máximo permitido. Logo, para uma possível aplicação dos filtros, mais estudos ainda são necessários, de modo que todos os parâmetros de qualidade da água estejam em conformidade com os padrões das legislações vigentes.

Palavras-chave: poço artesiano; águas subterrâneas; água potável; legislação; filtro orgânico.

## ABSTRACT

Water is a natural resource that is indispensable for all living beings. With the increase of water scarcity and the pollution of water resources, supply through artesian wells has been chosen. In order to obtain drinking water, it is necessary that the physical-chemical and microbiological parameters are within the maximum values allowed by Ordinance GM/MS No. 888/2021 of the Ministry of Health. The objective of this present work was to analyze the physical-chemical and microbiological parameters of water from the artesian well that supplies the community of São Domingos, located in the city of Bagé-RS, and to propose an organic filter in order to reduce the hardness of the water and other parameters. Four filters were assembled, the first with banana peel, the second with rice husk, the third mixed with rice and banana husks, and an inverted filter with banana peel. The parameters obtained before filtering were: pH 6.99, electrical conductivity 470.5  $\mu\text{S}$ , STD 235.5 ppm, turbidity 0.25 UT, OD 5.06 ppm, chlorides 0.45 mg/L of Cl and hardness 517.24 mg/L of  $\text{CaCO}_3$ , being classified as very hard water. After filtering, pH ranging from 7.07 to 7.17 was obtained. There was also an increase for turbidity, obtaining values from 0.42 UT to 11.73 UT. For the other parameters there was a decrease, the electrical conductivity ranged from 441.5 to 463.5  $\mu\text{S}$ , for STD values were obtained from 222.3 to 230.5 ppm, for OD from 4.43 to 4.73 ppm, for hardness values ranged from 431.03 to 491.38 mg/L of  $\text{CaCO}_3$ . Chlorides remained within an approximate range, ranging from 0.39 to 0.46 mg/L of Cl. In the microbiological analysis, all samples showed the presence of total and thermotolerant coliforms due to possible contamination. The filters proved to be efficient in filtering, but the hardness and electrical conductivity parameters still remained above the maximum allowed value. Therefore, for a possible application of the filters, further studies are still necessary, so that all water quality parameters are in compliance with the standards of current legislation.

Keywords: artesian well; groundwater; potable water; legislation; organic filter.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia realizada .....	35
Figura 2 - Casca de banana cortada para secagem em estufa convencional .....	36
Figura 3 - Moinho analítico .....	36
Figura 4 - Casca de arroz utilizada no filtro orgânico .....	37
Figura 5 - Filtro utilizando a farinha da casca de banana .....	38
Figura 6 - Filtro utilizando a casca de arroz.....	38
Figura 7 - Filtro utilizando a farinha da casca de banana e a casca de arroz.....	39
Figura 8 - Filtro invertido utilizando a farinha da casca de banana .....	39
Figura 9 - Poço artesiano que abastece a comunidade São Domingos / Bagé-RS .	40
Figura 10 - Equipamentos de medições .....	41
Figura 11 - Antes e após a titulação para determinação da dureza .....	42
Figura 12 - Antes e após a titulação para determinação de cloretos.....	43
Figura 13 - Indicador microbiológico Colitag .....	44
Figura 14 - Materiais filtrantes antes e após filtração .....	45
Figura 15 - Análise microscópica dos materiais filtrantes antes e após filtração .....	46
Figura 16 - Amostras coletadas de água.....	47
Figura 17 - Resultados da análise microbiológica .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de tratamento para as classes de águas doces.....	25
Tabela 2 – Parâmetros estabelecidos nas legislações.....	25
Tabela 3 – Classificação dureza da água.....	28
Tabela 4 – Composição química da casca e da polpa da banana .....	33
Tabela 5 – Composição da casca do arroz .....	34
Tabela 6 – Análise dos parâmetros da água da torneira .....	48
Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos de poços artesiano para comparação .....	49
Tabela 8 – Análise físico-química após a filtração .....	50
Tabela 9 – Parâmetros antes e após a filtração para comparação de resultados.....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais doenças transmitidas pela água .....	30
Quadro 2 – Exemplos de trabalhos que utilizaram materiais orgânicos .....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EDTA – Ácido Etilenodiamino Tetra-acético (Ethylenediaminetetraacetic acid)

DAEB – Departamento de Água e Esgotos de Bagé

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

OD – Oxigênio Dissolvido

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

VMP – Valores Máximos Permitidos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Águas subterrâneas .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Fontes de contaminação das águas subterrâneas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Poços artesianos como fontes de água potável.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Legislação e características para água potável .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5 Parâmetros da qualidade da água potável .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5.1 Parâmetros físico-químicos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.2 Parâmetros microbiológicos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.6 Uso de filtros como tratamento de água .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.1 Casca de banana .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.2 Casca de arroz.....</b>	<b>33</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Preparo do material filtrante.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Montagem dos filtros orgânicos .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Coletas das amostras de água .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4 Filtração da água .....</b>	<b>40</b>
<b>4.5 Análises das amostras.....</b>	<b>41</b>
<b>4.5.1 Análises físico-químicas.....</b>	<b>41</b>
<b>4.5.2 Análise microbiológica .....</b>	<b>44</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Material filtrante.....</b>	<b>45</b>

<b>5.2 Caracterização da água filtrada.....</b>	<b>46</b>
<b>5.3 Análises das amostras de água .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3.1 Análises físico-químicas.....</b>	<b>47</b>
<b>5.3.2 Análise microbiológica .....</b>	<b>53</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é de fundamental importância à vida de todas as espécies, e também ao desenvolvimento sócio econômico, possuindo uma infinidade de usos para a população. Mesmo sendo um recurso natural de grande importância, ela vem se tornando cada vez mais escassa devido ao seu uso indiscriminado (NETO, 2006). Por muito tempo teve-se a ideia de que a água era um recurso abundante no planeta, e esse pensamento levou a uma cultura de desperdício da água disponível. Com a sua demanda aumentando cada vez mais e a falta de políticas de controle e investimentos necessários, os recursos hídricos vem se tornando cada vez mais escassos e poluídos (SILVA JÚNIOR, 2017).

O nosso planeta tem aproximadamente 3/4 de sua superfície coberto por água. Sendo que 97,3% são águas salgadas, apenas 2,7% são consideradas águas doces, a qual encontram-se em geleiras polares, no subsolo, em lagos, rios e também na atmosfera (VIEIRA, 2006). Destes 2,7% de água doce disponível no mundo, 22,4% são águas subterrâneas.

O Brasil possui 12% da água doce disponível, sendo a maior reserva no globo terrestre, que é destinada para o consumo humano, irrigação e atividades industriais. O Brasil possui grandes reservas de águas subterrâneas, porém não há garantia de água para sempre, pois o processo de renovação é lento e o crescimento populacional acaba gerando um aumento no seu consumo. Essa elevada demanda da água juntamente com a lenta renovação deste recurso natural e sua poluição devido a diversos fatores, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, lançamento indevido de esgotos domésticos e descarte de efluentes industriais sem o prévio tratamento, destinação inadequada de lixo e com a perfuração inadequada de poços artesianos, vem agravando a situação (PALUDO, 2010).

Além dos fatores poluentes mencionados, há a construção de poços artesianos, os quais utilizam das reservas de águas subterrâneas para abastecer áreas rurais e também parte da população que não possui acesso ao abastecimento da rede pública ou em períodos de grandes secas. Essas construções, muitas vezes irregulares, contaminam a água que acaba se tornando inapropriada para o consumo por não haver um controle de qualidade (OLIVEIRA, 2018).

Para a água ter qualidade é necessário respeitar os padrões estabelecidos pelas legislações brasileiras, que dispõe sobre os procedimentos no controle da

qualidade da água potável. Atualmente no Brasil a Portaria GM/MS nº: 888/2021 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2021; BRASIL, 2005), descrevem os parâmetros para que se tenha uma água com boa qualidade através de análises microbiológicas e físico-químicas.

O controle dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos é de grande importância para que a água distribuída para a população seja de qualidade (COSTA, 2018). Quando alguns desses parâmetros estão acima do valor máximo permitido pela legislação, podem acabar sendo um problema para a sociedade e para as indústrias. Como, por exemplo, pode ser prejudicial à saúde, bem como podem ocorrer incrustações e processos de corrosão nas tubulações da rede de abastecimento devido à dureza e ao pH da água.

A fim de amenizar esses problemas, vem sendo utilizado um método para a retirada de contaminantes da solução aquosa, o qual consiste em utilizar filtros orgânicos. Estes filtros são compostos por materiais filtrantes orgânicos que atuam como adsorventes, e assim retém íons e/ou moléculas dos contaminantes da superfície. Para que esse método se torne viável é necessário levar em consideração alguns fatores como o material utilizado. O material filtrante precisa ser de baixo custo, ou seja, possuir menor custo que os materiais filtrantes utilizados convencionalmente, e que tenha alta disponibilidade e apresente uma elevada capacidade de adsorção (da SILVA FILHO *et al.*, 2018).

Com a busca de novas tecnologias para o tratamento de água, o uso de biomassa como material bioissorvente tem ganhado credibilidade por apresentar um bom desempenho. O processo de bioissorção destaca-se por ser um método de baixo custo, possuir um processo simples e também pela sua eficiência (da SILVA FILHO *et al.*, 2018). A avaliação de pré-processamentos, que permitam a utilização destes materiais nas suas melhores condições também é fundamental para obter processos de filtração eficazes e com potencial de aplicação em maior escala.

Assim, o estudo do processo de filtração utilizando materiais de baixo custo, como, por exemplo, os resíduos agroindustriais, tem grande importância, pois visa o emprego desses como uma alternativa e diminuição de custos de processo e, ainda, proporciona redução do impacto ambiental gerado pelo acúmulo desses resíduos.

O intuito do trabalho é realizar as análises físico-químicas e microbiológica da água proveniente de um poço artesiano que abastece a comunidade São Domingos, que está localizada na cidade de Bagé-RS e propor a utilização de um filtro orgânico

para a diminuição da dureza e também os demais parâmetros da água. A comunidade enfrenta grandes problemas devido ao alto teor de dureza, o qual gera incrustações em tubulações e chaleiras, entupimento em chuveiros e torneiras, entre outros problemas. Além disso, acredita-se que utilizando esses materiais orgânicos como materiais filtrante pode-se minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte indevido dos mesmos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a qualidade da água oriunda de um poço artesiano que abastece a comunidade de São Domingos localizada na cidade de Bagé-RS, bem como propor um tratamento para esta água através de um filtro orgânico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar as características físico-químicas e microbiológicas em amostras de águas de poço artesiano;
- Determinar as melhores condições operacionais dos processos de secagem e moagem dos biossorventes;
- Criar um filtro orgânico com material filtrante de baixo custo com o intuito de adequar os parâmetros à legislação vigente;
- Avaliar as novas características físico-químicas e microbiológicas após a filtração, para verificar a eficiência do filtro;
- Comparar os valores obtidos com o valores máximos permitidos pela legislação vigente.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Águas subterrâneas

A água proveniente dos aquíferos é um recurso limitado e de extrema importância para a vida de todos os seres vivos. É uma riqueza natural e indispensável na Terra (VITÓ *et al.*, 2016).

Segundo Vieira (2006), a Terra está coberta com aproximadamente 75% de águas, sendo que 97,3% são águas inapropriadas para consumo por serem salgadas, apenas 2,7% são de águas doces, a qual é encontrada nas geleiras polares, no subsolo, em lagos, rios e na atmosfera.

O ciclo hidrológico global nas últimas décadas tem sofrido alterações devido a mudanças climáticas, fazendo com que toda a biosfera seja ameaçada. O uso indevido dos recursos hídricos também leva a impactos sociais e ambientais negativos (JACOBSEN *et al.*, 2012).

Há dois tipos de recursos de águas doces disponíveis para o abastecimento e consumo humano, sendo eles na superfície terrestre ou reservas subterrâneas. Historiadores afirmam que desde a antiguidade as águas subterrâneas já vinham sendo utilizadas (BRITO, 2019).

Segundo o Instituto Água e Terra, o manancial subterrâneo é uma das mais importantes reservas de água doce, e ela compõe aproximadamente 97% da água disponível para consumo humano. A água no subsolo ocorre por meio de infiltração quando as águas da chuva caem na superfície terrestre. Aproximadamente 30% escorrem para os rios e a maior parte é infiltrada no solo, sendo assim ocorre um preenchimento dos poros vazios existentes entre as argilas, areias ou rochas formando os depósitos de água subterrânea (IRITANI; EZAKI, 2008). Na maioria das vezes não é necessário o tratamento das águas subterrâneas, devido à ocorrência de filtração natural no subsolo. Neste manancial estão inclusos: poços rasos ou profundos, galerias de infiltração e as nascentes (BRITO, 2019).

Essas reservas naturais de água são chamadas de aquíferos, e são caracterizados por camadas permeáveis capazes de armazenar e transmitir água em grandes quantidades para o abastecimento (IRITANI; EZAKI, 2008).

No Brasil, a distribuição de reservas subterrâneas não ocorre de forma uniforme. Algumas regiões brasileiras apresentam abundância desse recurso natural

e outras apresentam escassez. A quantidade de água subterrânea disponível no Brasil é capaz de atender toda a população do planeta (BRITO, 2019). Segundo ANA (2022) 52% dos municípios brasileiros são abastecidos por águas subterrâneas.

### **3.2 Fontes de contaminação das águas subterrâneas**

Conforme Silva e Araújo (2003), diversos fatores podem contaminar a água subterrânea, sendo alguns deles o destino final do esgoto doméstico e industrial, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis, agrotóxicos utilizados na agricultura, escavação inadequada de poços artesianos, entre outros.

A agricultura possui grande influência na qualidade das águas subterrâneas devido ao manejo e cultivo no solo usando pesticidas e agrotóxicos indevidamente, essas contaminações ocorrem especialmente em áreas onde o solo é pouco espesso e com boa drenagem, isso pode ocasionar um aumento na salinidade da água (RIBEIRO *et al.*, 2007). Segundo dados da UNESCO (2022), cerca de 38% da massa de água na União Europeia, estão contaminadas através de resíduos agrícola, na China produtos agrícolas são responsáveis por grande parte da poluição em águas superficiais e subterrâneas por nitrogênio, já nos EUA a agricultura é a maior fonte de poluição nos rios e águas subterrâneas através de pesticidas.

A falta de saneamento básico no Brasil também representa grande risco para as águas subterrâneas e superficiais gerando poluição através de infiltração de fossas negras, vazamento de redes de esgotos e o descarte incorreto em rios. Este tipo de poluição está ligado a elevadas concentrações de nitrato, bactérias patogênicas e vírus (ZOBY, 2008).

No Brasil cerca de 45% da população não possui tratamento de esgotos, já os outros 55% da população possui tratamento adequado de esgoto. Destes 55% que possui tratamento adequado, 43% possui coleta e tratamento e 12% possui tratamento individual através da fossa séptica. Dos outros 45%, 18% tem seu esgoto coletado e não tratado e 27% não possui coleta e nem tratamento conforme consta no Atlas Esgotos (2017).

Mélo *et al.* (2019) mostram a caracterização das potenciais fontes de poluição de água subterrânea em uma pequena comunidade da Praia do Rosado-RN. Os autores coletaram água do Aquífero Dunas em 166 poços diferentes e verificaram que

70% dos poços estavam contaminados devido à presença de fossas rudimentares, lixo e um cemitério, ressaltando a importância de uma intervenção para garantir a qualidade da água local.

Um estudo da qualidade das águas subterrâneas do aquífero livre Barreiras, no município de Benevides – PA, que é utilizada para o abastecimento doméstico, uso industrial e comercial foi realizado nos meses de março, junho, agosto, outubro e dezembro de 2017. Foram monitorados 30 poços, sendo observados teores de alumínio e de chumbo máximos de 0,515 mg/L e 0,02 mg/L, respectivamente, um valor de pH variando de 4,33 até, 5,96, valor de amônio de 0,175 mg/L, valor de concentração de ferro total de 1,28 mg/L e valor de nitrato elevado. Quase todos os valores estão em desacordo com a legislação vigente em 2017, a Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde. A alteração desses valores pode ser explicada pela descarga de esgoto doméstico e utilização de fossas negras, próximas à maioria dos poços (FREDDO FILHO, 2018).

Em geral as reservas de água subterrâneas são bem mais resistentes a poluição do que as águas superficiais, pois a camada de solo atua como filtro. Para que um poluente consiga atingir a reserva de água subterrânea, irá depender do tipo de aquífero, permeabilidade da zona de aeração, profundidade do nível estático, a matéria orgânica presente no solo, os tipos de óxidos e minerais de argila presentes no solo (IGINO, 2014).

### **3.3 Poços artesianos como fontes de água potável**

Devido à instabilidade de recursos hídricos no Brasil, à escassez que ocorrem com as grandes secas ou a contaminação de águas superficiais, uma alternativa para o abastecimento de água são os poços artesianos. Algumas pessoas perfuram poços e cisternas no pátio de suas residências para fornecimento de água, assim como em localidades rurais é muito comum utilizar-se desse meio para o fornecimento de água. Porém, muitos desses poços são feitos de forma clandestina e podem ser inapropriados para consumo por não se fazer um controle da qualidade da água (MOTA, 2019).

Segundo Paludo (2010), poço artesiano é um poço perfurado com diâmetro pequeno e com grande profundidade, onde a água deve fluir do solo naturalmente devido a sua pressão. Poços que não possuem pressão suficiente que fazem a água

fluir naturalmente são chamados de poços semi-artesianos, nos quais é necessário a utilização de bombas para captação da água. Tanto o poço artesiano como o semi-artesiano são chamados de poço tubular profundo.

Um poço artesiano quando perfurado de acordo com as normas técnicas apresenta as seguintes vantagens: custo por m<sup>3</sup> inferior comparado a qualquer outra forma de abastecimento, fornecimento constante de água sem interrupções ou cortes temporários e por fim pode acabar com os problemas de estiagem (TUNDISI, 2003).

O poço artesiano se torna uma boa opção de abastecimento, com um custo benefício menor, pois não é necessário utilizar tantos recursos para o tratamento da água como nas águas superficiais.

### **3.4 Legislação e características para água potável**

O Brasil possui legislações específicas de monitoramento da qualidade da água potável. A Portaria GM/MS Nº 888 (BRASIL, 2021), de 4 de maio de 2021, que veio para substituir a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), trata sobre padrões de potabilidade e qualidade da água para consumo humano. O Ministério da saúde oferece valores máximos permitidos (VMP) para parâmetros físico-químicos.

Para se obter um padrão de qualidade e tratamento de água, existe uma outra legislação que deve ser levada em consideração que é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005, a qual trata sobre a classificação dos corpos híbridos que são divididos em águas doces, salinas e salobras e podem ser classificados por critérios de qualidade de água em até treze classes diferentes.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005 as águas doces que podem ser destinadas ao consumo humano devem passar por um tratamento prévio convencional ou de desinfecção, de acordo com a classe que a mesma se enquadra (BRASIL, 2005). A Tabela 1 mostra o tipo de tratamento que se deve ser realizado segundo a classificação de cada classe de água doce.

Tabela 1 – Tipos de tratamento para as classes de águas doces

<b>Classe</b>	<b>Tratamento</b>
Classe especial	Processo de desinfecção
Classe I	Tratamento simplificado
Classe II	Tratamento convencional
Classe III	Tratamento convencional ou avançado

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

Os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de acordo com as portarias nº 5/2017 e nº 888/2021 do Ministério da Saúde e também de acordo com parâmetros da Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2017, 2021, 2005), que serão avaliados neste trabalho estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros estabelecidos nas legislações

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Valor Máximo Permitido</b>
Turbidez	uT (unidade Turbidimétrica)	5
Condutividade Elétrica	µS/cm	10 a 100
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500
pH	-	6,0 a 9,0
OD	mg/L	0 a 19
Cloretos	mg/L	250
Dureza	mg/L	300
Coliformes Totais	mL	Ausência em 100

Fonte: Adaptado de Brasil (2005, 2017, 2021)

### 3.5 Parâmetros da qualidade da água potável

Segundo a Portaria GM/MS Nº 888 (BRASIL, 2021), a definição de água potável é “a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde” e ainda segundo a portaria água para consumo humano pode ser definida como “água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem”.

Os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 são valores máximos permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano, englobando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

### 3.5.1 Parâmetros físico-químicos

Segundo Santos (2017), os parâmetros físicos que devem ser controlados para garantir a qualidade da água são: cor, turbidez, odor, sabor, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

Os parâmetros químicos que devem ser controlados para garantir a qualidade da água são de suma importância, pois esses parâmetros podem tornar a água imprópria para o consumo, e dependendo de como esses elementos se encontram na água pode-se tornar inviável para tratamento (CORRÊA, 2007).

Esses parâmetros químicos da água são: potencial de hidrogênio (pH), alcalinidade, acidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), dureza, cloretos e cloro residual livre.

- **Parâmetros físicos:**

**Turbidez:** a turbidez da água ocorre devido a quantidade de sólidos em suspensão que estão presentes no meio aquoso, diminuindo a transparência da água. Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021 o padrão de turbidez permitido é de 5,0 uT para águas subterrâneas com desinfecção e 1,0 para águas submetidas à filtração lenta.

**Odor e sabor:** segundo Barbosa (2011), esses parâmetros são decorrentes da presença de material orgânico contido na água, gases dissolvidos, algas ou substâncias minerais. Pode ser também devido ao processo de tratamento da água, contaminação durante à distribuição da água e entre outros. Águas subterrâneas não devem possuir sabor e odor, sendo essas características de águas correntes. A legislação não prevê o controle de odor e sabor, ficando de maneira subjetiva a aquisição desse parâmetro.

**Condutividade elétrica:** é capacidade de a água conduzir corrente elétrica, e isso se deve pela quantidade de íons dissolvidos presentes na água (SANTOS, 2017; OLIVEIRA, 2018). Segundo Oliveira (2018), a condutividade elétrica não determina a concentração de cada íon dissolvido, contudo dá uma noção de salinidade total indicando o grau de contaminação da água. A condutividade

elétrica é determinada através de um Condutivímetro, onde as medidas para águas potáveis precisam apresentar uma faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já as águas que apresentam uma alta condutividade não são indicadas para consumo humano, um exemplo são as águas salobras (FUNASA, 2014).

**Sólidos totais dissolvidos:** é a mistura das substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na amostra em formas moleculares ionizadas ou micro granulares (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2013). Os sólidos totais dissolvidos estão diretamente relacionados com a condutividade elétrica. Segundo Vitó *et al.* (2016), é importante analisar esse parâmetro, pois, com altos teores de sais minerais como, por exemplo, sulfato e cloreto podem conferir sabor à água e colaboram para a corrosão nos sistemas de distribuição. A Portaria GM/MS nº 888 (BRASIL, 2021), estabelece que, para fins de abastecimento humano o VMP é de 500 mg/L.

- **Parâmetros químicos**

**pH:** conforme Santos (2017), o potencial hidrogeniônico é a representação de íons de  $\text{H}^+$  presentes em uma solução. O pH é um fator muito importante para determinar o grau de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, sendo um pH menor que 7 a água é considerada ácida, acima de 7 é uma água alcalina e o pH igual a 7 é neutra. A faixa de pH recomendada para água tratada é de 6,0 à 9,5 (BRASIL, 2021).

**OD:** a presença de oxigênio dissolvido é um parâmetro importante para a avaliação da capacidade de um corpo hídrico oxidar a matéria orgânica presente na água e é de fundamental importância para organismos aeróbios, pois as bactérias utilizam oxigênio no seu processo de respiração (BRANDT *et al.*, 2015). Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), águas naturais apresentam um índice de 0 a 19mg/L de oxigênio dissolvido, já as águas subterrâneas apresentam um índice muito inferior por estarem distantes da atmosfera.

**Dureza:** a dureza é expressa como sendo a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio na água. Sua origem pode ser natural ou antropogênica e pode ser dividida em dois tipos, sendo dureza temporária ou dureza permanente. A dureza temporária ou dureza de carbonatos é causada devido à presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, e essa dureza causa incrustações e resistência à reação de saponificação. Já a dureza permanente, ou também conhecida como dureza de não carbonatos, é causada devido à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. A dureza permanente resiste também à ação dos sabões, porém não causa incrustações por seus sais serem mais solúveis na água (FUNASA, 2013). A dureza da água é expressa por mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e pode ser classificada de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação dureza da água

Classificação	Especificação em mg/L de $\text{CaCO}_3$
Leves	0-75
Moderadamente dura	75-100
Dura	150-300
Muito dura	Acima de 300

Fonte: FUNASA (2014)

A Portaria GM/MS nº: 888/2021 estabelece para a dureza total o teor de 300 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  permitidos para água potável.

**Cloretos:** se constituem através da dissolução de minerais ou escoamento de água salgada, e podem ser encontrados na água na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Podem ocasionar sabor salgado quando se encontra em grandes concentrações no meio aquoso (SANTOS, 2017). Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais em diferentes concentrações, em águas de montanhas ou terras altas apresentam um baixo teor de cloretos, já nas águas subterrâneas e de rios podem possuir grande quantidade de cloretos (PAIM, 2013). A adição de hipoclorito de sódio é normalmente realizada para efetuar a desinfecção da água potável. A Portaria GM/MS nº: 888/2021 estabelece o teor de 250mg/L de cloretos como valor máximo permitido para

água potável. Contudo, para valores de concentrações maiores de cloretos os métodos convencionais de tratamento não são capazes de removê-los e pode-se usar osmose reversa ou troca iônica para tornar a água potável (FUNASA, 2013).

### 3.5.2 Parâmetros microbiológicos

A água quando possui um nível de nutrientes, pode ser um meio de desenvolvimento de micro-organismos. Segundo Paludo (2010), as espécies patogênicas são inúmeras, necessitando de técnicas específicas para a identificação. Esses micro-organismos presentes na água podem transmitir doenças.

Alguns desses micro-organismos são as bactérias, os vírus e os protozoários. Os parâmetros microbiológicos da água são determinados por análises laboratoriais. Essa análise é feita através da contagem dos coliformes totais presentes na amostra.

**Coliformes totais:** conforme consta no Ministério da Saúde os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme e bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, que não conseguem formar esporos. A maior parte do grupo coliforme é do gênero *Escherichia Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. A determinação desse parâmetro é importante, pois pode haver a possibilidade de conter micro-organismos patogênicos, agentes de transmissão de doenças de propagação hídrica (MOTA, 2019).

Battistella (2010) avaliou condições de saneamento básico em um bairro (Córrego Grande) de Florianópolis para verificar a existência de doenças de veiculação hídrica. Ele verificou um aumento no caso de diarreia e leptospirose em locais onde havia carência de saneamento básico.

Pinheiro (2022) cita as principais doenças de veiculação hídrica, que estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais doenças transmitidas pela água

<b>Doença</b>	<b>Vírus, bactérias ou parasitas</b>	<b>Nome do transmissor</b>
<b>Cólera</b>	Bactéria	<i>Vibrio cholerae</i>
<b>Diarreia infecciosa</b>	Bactérias	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>Campylobacter pylori</i> , <i>Chlamydia trachomatis</i> , <i>Yersinia enterocolítica</i> e <i>Vibrio vulnificus</i>
	Vírus	Rotavírus, Norovírus (chamado antigamente de vírus Norwalk), Adenovírus, Sapovírus, Astrovírus, Adenovírus entérico, Pólio e Hepatite E.
	Parasitas	<i>Giardia lamblia</i> , <i>Entameba histolytica</i> , <i>Trichuris trichiura</i> , <i>Isospora belli</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Cyclospora cayetanensis</i> .
<b>Esquistossomose</b>	Parasita	<i>Schistosoma</i>
<b>Hepatite A</b>	Vírus	
<b>Legionelose</b>	Bactéria	<i>Legionella pneumophila</i>
<b>Leptospirose</b>	Bactéria	Leptospira presente na urina de ratos

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2022)

### 3.6 Uso de filtros como tratamento de água

Segundo Franco (2021), a filtração é definida como um processo de separação sólido-líquido onde a água passa por um meio poroso. Nesse processo de filtração estão envolvidos os fenômenos físicos, químicos e biológicos. Contudo a eficiência da filtração depende de outros fatores como as propriedades físico-químicas e microbiológicas da água e também a taxa de resistência do meio poroso.

O processo de filtração é classificado de acordo com o tipo de filtração, podendo ser lento ou rápido. Filtros lentos operam em vazões baixas e são de baixo custo, possuem maior eficiência para águas de baixa turbidez (FRANCO, 2021). Ainda segundo a autora, o filtro rápido opera em altas vazões, geralmente necessitando de um pré-tratamento como coagulação e floculação. Os filtros de leito granulares

operam com materiais filtrantes como areia, brita e/ou material filtrante orgânico, e são compostos por camada simples ou dupla, ou até mesmo podendo ser de camada tripla (BRINCK, 2009).

Nos filtros com material filtrante orgânico ocorre o mesmo processo que nos filtros de areia, os quais envolvem filtração, adsorção e biotransformação. A diferença está que no filtro com material filtrante orgânico é utilizado, por exemplo, um resíduo agroindustrial como a casca de arroz, sabugo de milho, casca de banana, entre outros, com a finalidade de adsorver impurezas. Este é um processo de baixo custo e ainda reduz a quantidade de resíduos orgânicos dispostos no meio ambiente (FRANCO, 2021).

Um bom material filtrante possui grande relevância para um tratamento apropriado de efluentes. Os principais materiais filtrantes comerciais empregados são carvão ativado, sílica gel, bauxita, polímeros, resinas sintéticas, entre outros.

O carvão ativado é o material filtrante mais comum utilizado industrialmente, pois ele apresenta alta capacidade de adsorção e boa eficiência de remoção devido a sua estrutura porosa. Porém seu custo elevado se torna uma desvantagem para a aplicação na indústria em larga escala (VAGHETTI, 2009). Assim, pesquisas vem sendo realizadas em busca de materiais filtrantes alternativos que apresentem baixo custo e alta eficiência, uma das alternativas são os materiais orgânicos. Os materiais filtrantes orgânicos podem ser produzidos a partir de resíduos agroindustriais, os quais reduzem o custo de processo e proporcionam redução do impacto ambiental.

No Brasil são produzidos diversos subprodutos e resíduos agroindustriais que podem ser utilizados como materiais filtrantes orgânicos em substituição aos materiais convencionais. Esses resíduos são compostos basicamente por macromoléculas, sendo elas substâncias húmicas e fúlvicas, lignina, proteínas e celulose, possuem sítios ativos, assim como carbonilas, carboxilas, aminas e hidroxilas, as quais possuem a capacidade de reter as impurezas presentes no soluto (SILVA, 2014).

O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de pesquisas que utilizaram material orgânico para a filtração.

Quadro 2 – Exemplos de trabalhos que utilizaram materiais orgânicos

<b>Autor</b>	<b>Material filtrante</b>	<b>Material a ser retido</b>
Gurgel (2007)	Bagaço cana-de açúcar	Metais pesados
Ströher (2010)	Bagaço de laranja	Efluente da indústria têxtil
Da Gama (2021)	Casca de amendoim	Íons de cádmio e cobre
Sampaio (2014)	Torta de mamona	Íons de cobre
Alfredo (2013)	Casca de batata	Corante azul de metileno
Silva (2014)	Casca de banana	Metais pesados
De Gasper e Pitol-Filho (2016)	Casca de arroz	Íons de cálcio

Fonte: Autora (2023)

Os materiais filtrantes utilizados neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) serão a casca de banana e a casca de arroz, que são descritos a seguir.

### 3.6.1 Casca de banana

A banana é uma fruta tropical, produzida nas regiões mais quentes do mundo, sendo produção ocorrida o ano inteiro (ROSSO, 2009).

Segundo SEBRAE (2023), a banana é produzida em mais de 125 países no mundo e o Brasil fica em 4º lugar como país que mais produz a fruta. No Brasil é considerada a fruta mais consumida de norte a sul, em média cada brasileiro consome cerca de 25 kg de banana ao ano.

Segundo Rosso (2009) os resíduos industriais podem chegar a cerca de 83.573 toneladas de casca de banana, entre 40% e 50% desses resíduos é perdido. Ainda segundo a autora foram identificadas algumas substâncias na casca da banana dentre elas estão compostos fenólicos, fitoesteróis, glicosídeos e monossacarídeos com atividades antioxidantes, além de ácidos graxos polinsaturados.

Conforme De Moraes (2016), o peso total da banana madura está cerca de 47 a 50% na sua casca, esses resíduos não possuem em sua maioria grande aplicabilidade no setor industrial, sendo sua forma mais usada a alimentação de animais. A Tabela 4 a seguir mostra a composição da casca e da polpa da banana.

Tabela 4 – Composição química da casca e da polpa da banana

<b>Parâmetro</b>	<b>Teores da casca de banana/100 g</b>	<b>Teores da polpa de banana/100 g</b>
Umidade (g)	89,47	64
Cinzas (g)	0,95	0,8
Lipídeos (g)	0,99	0
Proteínas (g)	1,69	1
Fibras (g)	1,99	1,5
Carboidratos (g)	4,91	34
Calorias (kcal)	35,30	128
Cálcio (mg)	66,71	0
Ferro (mg)	1,26	0,3
Sódio (mg)	54,27	<0,4
Magnésio (mg)	29,96	24
Zinco (mg)	1,00	0,3
Cobre (mg)	0,10	0,05
Potássio (mg)	300,92	328

Fonte: Gondim *et al.* (2005)

A casca da banana gera uma biomassa residual que não é aproveitada pelas indústrias alimentícias, no descarte da casca acaba gerando uma poluição e impacto local devido ao processo de decomposição que libera mau odor e junta vetores (BONIOLO, 2008). A casca possui alto teor de fibras, o qual se torna um material atrativo para a filtração de substâncias catiônicas devido ao ácido péptico, ácidos orgânicos, lignina e proteínas que estão presentes na casca.

Conforme Boniolo (2008), ao utilizar a casca da banana como material filtrante, pode-se diminuir o impacto ambiental por ela causado já que seu acúmulo será reduzido no meio ambiente e também a casca irá se tornar uma alternativa para tratamento de águas residuais. Devido a casca da banana ser de grande abundância, ela se torna um meio alternativo como material filtrante a baixo custo para tratamentos na remoção de metais pesados e colabora com o desenvolvimento sustentável.

### **3.6.2 Casca de arroz**

Segundo Penha (2009) o Brasil é um país agropastoril, o qual apresenta vocação para a agricultura em larga escala, e como consequência acaba gerando

grandes volumes e variedades de resíduos agroindustriais que acabam sendo descartados em lixões e aterros sanitários.

De acordo com a Embrapa (2021), o arroz está entre os cereais mais cultivados e consumidos no mundo, sendo o alimento básico para mais de três bilhões de pessoas e ocupa o segundo lugar em produção e extensão de área cultivada. Em 2019 obteve uma produção de 755,5 milhões de toneladas de grãos em casca.

A casca é um dos principais subprodutos nas indústrias de beneficição de arroz, cerca de 22% do peso bruto, a qual passa a ser um incômodo para as indústrias beneficiadoras que necessitam encontrar um destino adequado para o descarte (ZUQUINAL, 2016).

A casca de arroz é composta por alta concentração em sílica, baixo valor nutritivo, alta dureza, fibrosidade e possui natureza abrasiva (SANTOS; JUNGER; SOARES, 2014). A casca de arroz tem baixa degradabilidade, existem poucas alternativas para a utilização desse resíduo e, portanto, acaba sendo uma prática comum o seu descarte incorreto a céu aberto e nas margens dos rios, sendo considerada essa pratica prejudicial ao meio ambiente e criminosa (PENHA, 2009).

Segundo Penha (2009) a casca de arroz é um composto lignocelulósico e sua composição é basicamente conforme mostra na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição da casca do arroz

<b>Elemento</b>	<b>Composição</b>
Celulose	35 %
Hemicelulose	13,1 %
Lignina	13,27 %

Fonte: Adaptado de Penha (2009)

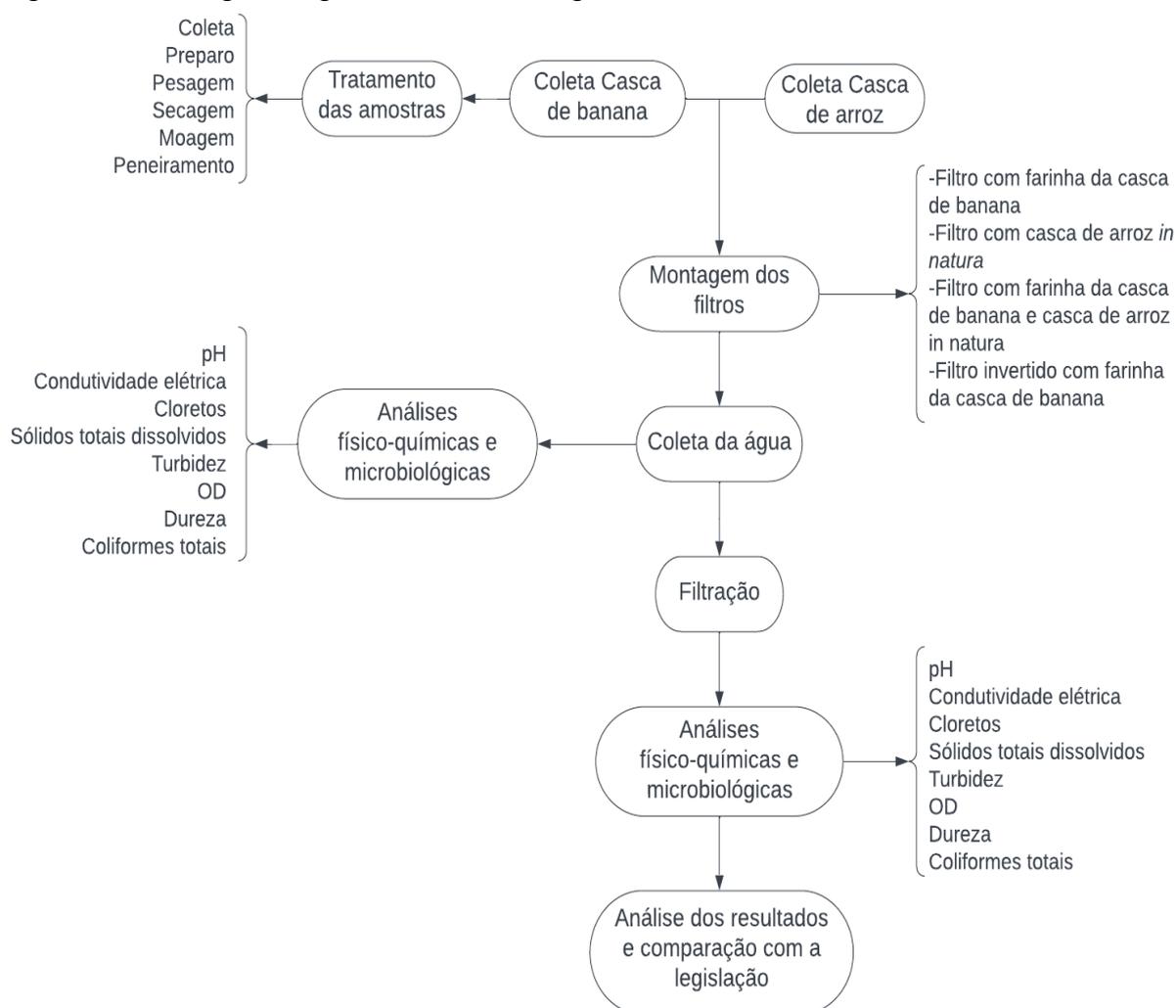
Ainda conforme Penha (2009), os compostos mais abundantes da biosfera são os lignocelulósicos, chegando a aproximadamente 50% da biomassa do mundo. Esses lignocelulósicos são produzidos em grandes escalas através das atividades agrícolas, e ocorrem sob a forma de madeira e fibras vegetais. Existem estudos sobre o aproveitamento desses compostos que revelam que podem ser usados como adsorventes naturais para tratamento de efluentes.

## 4. METODOLOGIA

Os equipamentos utilizados na realização deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) estão localizados nos laboratórios do curso Engenharia Química e no laboratório de microbiologia do curso Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, campus Bagé - RS.

Na Figura 1 está disposto o fluxograma geral da metodologia realizada neste presente trabalho.

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia realizada



Fonte: Autora (2023)

### 4.1 Preparo do material filtrante

As cascas de banana foram obtidas através do comércio local e de doação de alunos e professores da UNIPAMPA, as variedades de casca de banana utilizadas

foram banana-nanica, banana-caturra e banana-prata que são as que se encontra na Região Sul do Brasil. No laboratório do curso de Engenharia Química, as cascas foram cortadas em formato retangular e tamanhos semelhantes, conforme mostra a Figura 2. As cascas de banana *in natura* foram pesadas em balança analítica e passaram por um processo de secagem de 48 h em estufa convencional a 65 °C, conforme metodologia adaptada de Martins *et al.* (2015). A preparação do material filtrante foi feita em dois lotes para serem misturadas.

Figura 2 - Casca de banana cortada para secagem em estufa convencional



Fonte: Autora (2022)

As cascas de banana depois de secas, foram submetidas a moagem por moinho analítico, modelo A 11 BASIC IKA, conforme mostra a Figura 3. A farinha obtida foi submetida a peneiramento, por período de 10 min, em peneiras vibratórias com aberturas 32 e 60 MESH/TYLER, sendo a abertura da última peneira de 0,25 mm.

Figura 3 - Moinho analítico



Fonte: Autora (2022)

A casca de arroz proveniente da safra 2022, foi obtida através de doação do Engenho CAMAL e foram utilizadas no filtro *in natura*, sem nenhum processo de pré-tratamento e sua aparência pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 - Casca de arroz utilizada no filtro orgânico



Fonte: Autora (2022)

#### **4.2 Montagem dos filtros orgânicos**

Os filtros foram montados na própria residência em que a água foi coletada. Na montagem foi utilizada como medida padrão mililitros (mL) para determinar as espessuras de cada camada.

As camadas foram distribuídas da seguinte maneira: primeiro colocou-se um suporte de fibra de algodão, uma camada de material filtrante, uma camada de areia fina e por último uma camada de pedregulho.

Para a elaboração dos filtros adaptou-se a metodologia utilizada por Igino (2014). Foram utilizadas garrafas PET de 2 L devidamente higienizadas e torneiras para filtros. Para a higienização, as garrafas foram lavadas com sabão líquido neutro e utilizou-se álcool 70° para desinfecção. Para a montagem do filtro as garrafas foram cortadas em duas partes onde a parte do gargalo ficou com aproximadamente 20 cm e na parte do fundo da garrafa, que servirá como reservatório de água, foi instalada as torneiras para facilitar a coleta das amostras.

Tanto a areia quanto o pedregulho foram obtidos no Arroio do Piraizinho que está localizado em uma latitude 31°16'01.2" sul e longitude 54°07'57.8" oeste, e está próximo à comunidade em que foi realizada a montagem dos filtros e coleta das amostras.

Foram montados quatro filtros, sendo eles: (a) farinha da casca de banana, (b) casca de arroz, (c) farinha da casca de banana e casca de arroz juntos e por fim um (d) filtro invertido, onde foi colocado a farinha da casca de banana antes de passar pela camada de areia e pedregulho.

No filtro (a) foi colocado um suporte de fibra de algodão, 100 mL de medida de farinha da casca de banana, 300 mL de areia e 300 mL de medida de pedregulho, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Filtro utilizando a farinha da casca de banana



Fonte: Autora (2023)

Para o filtro (b) foi colocado um suporte de fibra de algodão, 200 mL de medida de casca de arroz, 300 mL de medida de areia e 300 mL de medida de pedregulho, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Filtro utilizando a casca de arroz



Fonte: Autora (2023)

Para o filtro (c) foi colocado um suporte de fibra de algodão, 100 mL de medida de farinha da casca de banana e 200 mL de medida de casca de arroz, 300 mL de medida de areia e 300 mL de medida de pedregulho, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Filtro utilizando a farinha da casca de banana e a casca de arroz



Fonte: Autora (2023)

Já no filtro (d) foram utilizadas duas garrafas PET, uma contendo a areia e o pedregulho e outra contendo a farinha da casca. Para a primeira parte do filtro foi utilizado um suporte de fibra de algodão, 300 mL de medida de areia e 300 mL de medida de pedregulho. Para a segunda parte do filtro foi utilizado um suporte de fibra de algodão e um copo de farinha da casca de banana conforme a Figura 8.

Figura 8 - Filtro invertido utilizando a farinha da casca de banana



Fonte: Autora (2023)

### 4.3 Coletas das amostras de água

As amostras de água que foram analisadas são provenientes de um poço artesiano que está localizado na rua Trezentos e Cinquenta e Oito, 1-169-São Domingos, Bagé-RS (Figura 9) e é utilizado pelo DAEB (Departamento de Água e Esgotos de Bagé), para o abastecimento da mesma. O único tratamento que esse poço recebe é através de desinfecção simples, ou seja, a água do poço recebe apenas cloro antes de ser distribuída para a comunidade. As amostras foram coletadas em uma residência local.

Figura 9 - Poço artesiano que abastece a comunidade São Domingos / Bagé-RS



Fonte: Autora (2023)

A coleta das amostras de água foram realizadas segundo a NBR 9898-1987 (ABNT, 1987) que trata da preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. As amostras foram coletadas em recipientes devidamente higienizados, e foram dispostas em galões de 2 L.

### 4.4 Filtração da água

Os filtros depois de montados passaram por lavagem com uma solução de água sanitária diluída em água para desinfecção. Na diluição da solução foi utilizada aproximadamente 30 mL de água sanitária para 1 L de água da torneira. Além disso, foram realizadas diversas lavagens no filtro com água da torneira para retirar os vestígios de água sanitária e não haver interferência no resultado das análises. A água filtrada foi coletada em galão de 2 L devidamente higienizado e transportada para a UNIPAMPA para realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

## 4.5 Análises das amostras

As análises físico-químicas foram feitas no laboratório do curso de Engenharia Química, onde foram avaliados os parâmetros de índice de turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH, oxigênio dissolvido (OD), dureza e teor de cloretos. Também foram realizadas análises microbiológicas no laboratório de microbiologia do curso de Engenharia de Alimentos, onde foi feita a análise para verificar a existência de coliformes totais e termotolerantes nas amostras coletadas.

### 4.5.1 Análises físico-químicas

As medições das análises físico-químicas foram determinadas através dos seguintes métodos (Figura 10):

- O índice de turbidez foi determinado a partir do aparelho chamado turbidímetro de bancada, marca Del Lab, modelo DLT-WV (Figura 10A).
- A condutividade elétrica e o índice de sólidos totais dissolvidos foram determinados pelo equipamento chamado múltiplo medidor digital, marca Hanna Instruments, modelo HI 9835 (Figura 10B), e também através desse equipamento foi determinado a porcentagem de cloretos para comparação com o valor encontrado através da titulação.
- Para as medições de pH foi utilizado um medidor de pH digital de bancada, marca Metrohm, modelo 827 pH lab (Figura 10C).
- Para a obtenção dos dados de oxigênio dissolvido foi utilizado um equipamento portátil de medição, marca Hanna modelo HI 9146 (Figura 10D).

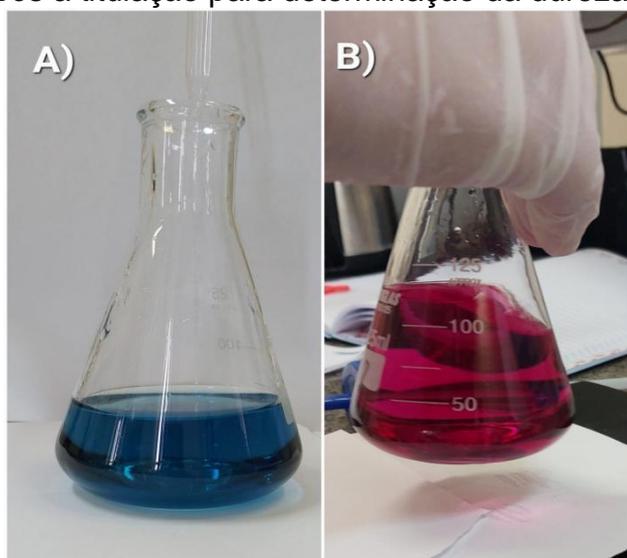
Figura 10 - Equipamentos de medições



Fonte: Autora (2023)

- Seguindo a metodologia empregada no Manual Prático de Análise da Água (FUNASA, 2013), a dureza foi determinada através da titulação com EDTA 0,01M como titulante, solução tampão para elevar o pH da amostra, como indicador usar negro de ericromo T. Para determinação da dureza da água foi utilizada 50 mL da amostra, com 4 mL da solução tampão, a amostra foi diluída em 50 mL de água destilada e adicionou-se cerca de 0,05 g do indicador negro de ericromo T, após foi titulado com EDTA 0,01 agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o surgimento da cor azul conforme mostra a Figura 11 do antes (A) e o depois (B) da titulação.

Figura 11 - Antes e após a titulação para determinação da dureza



Fonte: Autora (2023)

A dureza total foi obtida através da Equação 1.

$$D = \frac{V_{EDTA} * 1000 * F_C}{V_{amostra}} \quad (1)$$

Onde, D é a dureza total expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ,  $V_{EDTA}$  é o volume de EDTA em mL gasto na amostra menos o volume de EDTA em mL gasto no branco,  $F_C$  é o fator de correção do EDTA e  $V_{amostra}$  é o volume da amostra.

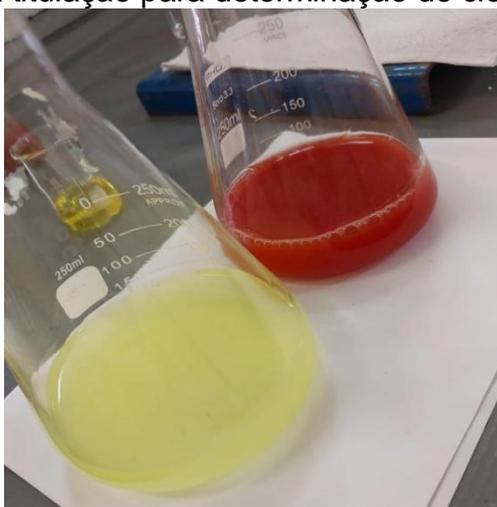
O fator de correção de correção do EDTA segundo FUNASA (2013), é obtido através da Equação 2:

$$F_c = \frac{25}{V_p} \quad (2)$$

Onde,  $V_p$  é o volume de EDTA gasto na titulação.

- A determinação de cloretos foi determinado através da titulação com nitrato de prata 0,0141 N e indicador cromato de potássio  $K_2CrO_4$ . Foi adicionado 100 mL da amostra em um erlenmeyer, acrescentou-se cerca de 0,05 g de carbonato de cálcio para ajuste do pH e adicionou-se 1 mL do indicador, titulou-se com a solução de nitrato de prata agitando continuamente até o desaparecimento da cor amarela e aparecimento da cor vermelho tijolo conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 - Antes e após a titulação para determinação de cloretos



Fonte: Autora (2023)

O cálculo de cloretos foi realizado através da Equação 3.

$$\text{mg/L Cl} = \frac{(A-B) \cdot N \cdot 35,45 \cdot F_c}{V_{\text{amostra}}} \quad (3)$$

Onde, A é o volume de nitrato de prata gasto na amostra, B é o volume de nitrato de prata gasto no branco, N é a normalidade do titulante e  $F_c$  é o fator de correção do nitrato de prata.

O fator de correção de correção do nitrato de prata segundo FUNASA (2014), é obtido através da Equação 4:

$$F_C = \frac{V_{sol.padr\tilde{a}o}}{V_{gasto}} \quad (4)$$

Onde,  $V_{sol.padr\tilde{a}o}$  é o volume de solução padrão para padronização do nitrato de prata e  $V_{gasto}$  é o volume de nitrato de prata gasto na solução padrão.

#### 4.5.2 Análise microbiológica

Na análise microbiológica foi utilizado o teste de presença/ausência para investigação de coliformes totais e termotolerantes. O método baseia-se na atividade enzimática dos coliformes e termotolerantes. Os meios de cultura são compostos por nutrientes indicadores que ao serem hidrolisados por enzimas específicas acabam provocando uma mudança de cor no meio.

Para o procedimento experimental foram esterilizados 4 vidros na autoclave a 121 °C por 15 min. Para a coleta das amostras foi higienizada a torneira aonde foram coletadas. As amostras foram coletadas 1 h antes da análise e foram transportadas em caixa térmica até a universidade para ser realizada a análise.

A amostras foram inoculadas utilizando como indicador microbiológico Colitag (Figura 13), e após foram incubadas em uma estufa a 35 °C por 24 h. Os resultados obtidos foram observados em luz ultravioleta para verificar a ocorrência de fluorescência. A fluorescência significa que há presença de termotolerantes e a cor amarelada que existe a presença de coliformes totais.

Figura 13 - Indicador microbiológico Colitag



Fonte: Autora (2023)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir dos experimentos realizados para a elaboração deste TCC, juntamente com a discussão dos mesmos.

### 5.1 Material filtrante

Para o preparo do material filtrante da farinha da casca de banana o processo de secagem foi necessário ser feito em dois lotes, para obter uma quantidade de amostra de farinha de casca de banana suficiente para a montagem do filtro. Durante o primeiro lote de secagem da casca, obteve-se um peso total da casca de banana *in natura* de 1,45 kg, e depois de seco resultou em 0,19 kg, já no segundo lote de secagem, obteve-se um peso *in natura* de 1,75 kg e depois de seco 0,26 kg.

A umidade da casca de banana *in natura* foi de  $85,95 \pm 0,94\%$ , próxima do valor obtido por Rosso (2009), que encontrou uma umidade de  $86,5 \pm 0,2\%$ .

Obteve-se uma farinha da casca de banana de granulometria de 0,25 mm, aproximadamente.

Foi realizada a análise visual dos materiais filtrantes antes e após a filtração, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 - Materiais filtrantes antes e após filtração

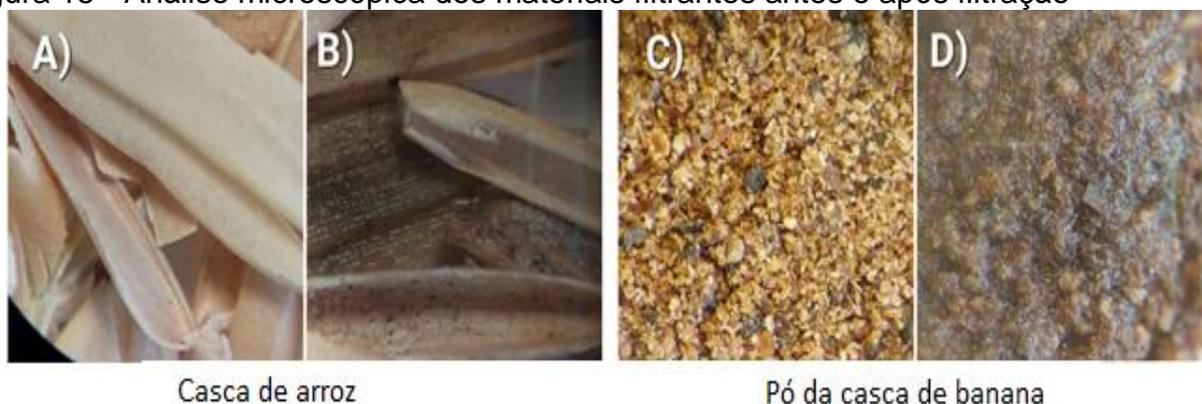


Fonte: Autora (2023)

Na Figura 14 é possível observar um escurecimento na casca de arroz e também no pó da casca de banana, isso ocorreu devido a partículas de água que se depositaram nos materiais filtrantes, quando se compara as imagens antes e após a filtração.

Para uma melhor visualização, também foi realizada a análise microscópica dos materiais filtrantes antes e após a filtração, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Análise microscópica dos materiais filtrantes antes e após filtração



Fonte: Autora (2023)

Na Figura 15 é possível observar a confirmação do escurecimento na casca de arroz e também no pó da casca de banana, quando se compara as imagens antes e após a filtração. Esse escurecimento ocorre, possivelmente, devido as partículas de solutos presentes na água se depositarem na casca de arroz. Também é possível observar que a farinha da casca de banana inicialmente parecia com uma areia (Figura 15C) e após ser submetida à filtração da água passou a ter um aspecto argiloso (Figura 15D).

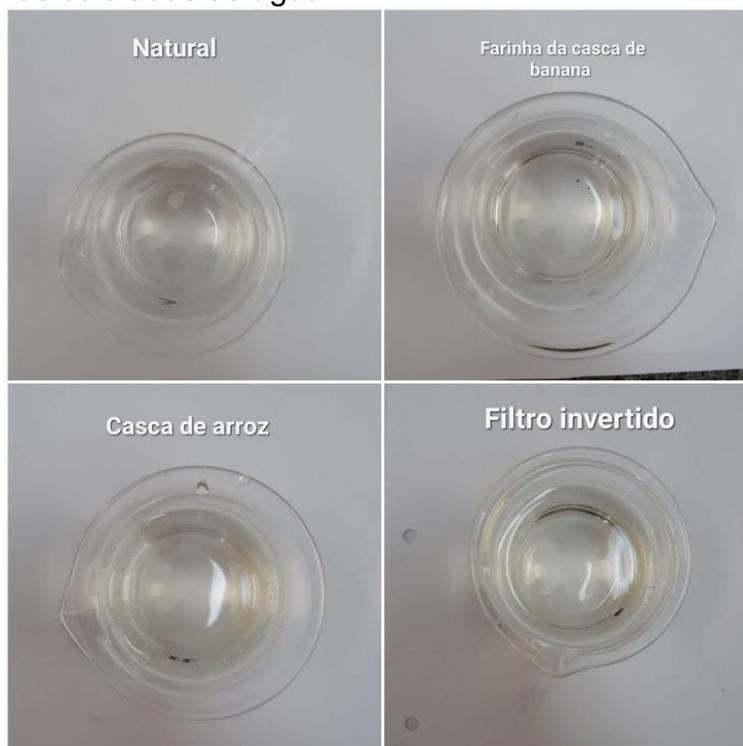
## 5.2 Caracterização da água filtrada

As amostras de água filtradas foram coletadas somente em 3 filtros, pois no filtro misto, que continha farinha da casca de banana e casca de arroz, não foi possível fazer a coleta, já que a água ficou retida na farinha da casca de banana durante 12 h e não percolou pela camada filtrante. Acredita-se que o aspecto argiloso observado impediu a passagem da água. Devido a esse aspecto argiloso da farinha da casca de banana, optou-se por fazer um filtro invertido somente com a farinha da casca de banana, o que poderia ter sido feito também misturando os dois materiais filtrantes, farinha da casca de banana e casca de arroz, fazendo dois filtros em série.

Observando o escoamento dos filtros, o filtro com a farinha da casca de banana teve um escoamento lento devido ao mesmo motivo de ter formado um aspecto

argiloso. Já o filtro com a casca de arroz teve um escoamento rápido. E por fim, o filtro invertido, onde a água foi misturada com a farinha da casca de banana antes da passagem pelo pedregulho e a areia fina, teve um escoamento rápido. Também foi coletada uma amostra de água da torneira, todas as amostras foram coletadas conforme a NBR 9898-1987 (ABNT, 1987) e estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16 - Amostras coletadas de água



Fonte: Autora (2023)

Através da análise visual notou-se que a amostra da torneira e a amostra coletada do filtro com casca de arroz mantiveram-se parecidas sem nenhuma alteração visual perceptível, já as amostras que foram submetidas a filtração com a farinha da casca de banana, obtiveram uma coloração levemente amarelada devido à alguma substância presente na casca da banana que foi liberada na água.

### 5.3 Análises das amostras de água

#### 5.3.1 Análises físico-químicas

Os resultados obtidos das análises físico-químicas das amostras de água provenientes do poço artesiano, que foram coletadas em uma residência local, estão

apresentados na Tabela 6, juntamente com os valores máximos estabelecidos pelas legislações. Os valores de VMP da dureza, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos e cloretos estão presentes na Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). O parâmetro de condutividade elétrica está presente no manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS (FUNASA, 2014) e o oxigênio dissolvido está presente na Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 6 – Análise dos parâmetros da água da torneira

<b>Análises</b>	<b>Água da torneira</b>	<b>VMP</b>
pH	6,99	6,0 a 9,0
Condutividade elétrica (µS)	470,5	10 a 100
Sólidos totais dissolvidos (ppm)	235,5	500
Turbidez (UT)	0,25	5
Oxigênio dissolvido (ppm)	5,06	0 a 19
Cloretos (mg/L de Cl)	0,45	250
Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	517,24	300

Fonte: Autora (2023)

Os parâmetros de pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, oxigênio dissolvido e cloretos apresentaram valores dentro dos VMP pelas portarias e resolução nos padrões de potabilidade. Já a condutividade elétrica e a dureza apresentaram valores maiores que o permitido pelas portarias.

Para comparação de resultados serão utilizados os trabalhos realizados por Mota (2019) e Santos (2017), os parâmetros obtidos pelas autoras estão apresentados na Tabela 7. Mota (2019) realizou um diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas de áreas rurais de Caçapava do Sul - RS. E Santos (2017) realizou uma avaliação da qualidade da água de três poços artesiano que são utilizados no abastecimento público do município de Carlos Gomes - RS, as análises de Santos (2017) foram realizadas no período de três meses.

Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos de poços artesiano para comparação

Análises	Mota (2019)	Santos (2017)		
	Poço rural	Poço 1	Poço 2	Poço 3
pH	6,07 a 6,47	7,0 a 7,27	7,06 a 7,09	7,21 a 7,25
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )	35,23 a 181,8	220,8 a 278,5	202,2 a 206,6	301,4 a 308,4
Turbidez (UT)	1,5 a 6,73	0,01 a 0,03	0,05 a 0,36	0,1 a 1,34
OD (ppm)	-	3,0 a 3,02	3,1 a 3,3	3,1 a 3,7
Cloretos (mg/L de Cl)	2,99 a 13,14	6,75 a 7,24	2,25 a 4,49	9,99 a 10,99
Dureza (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )	15,68 a 59,90	100 a 114	94 a 98	140 a 142

Fonte: Adaptado de Mota (2019); Silva (2017)

A faixa de pH obtida neste presente trabalho está de acordo com o que Mota (2019) e Santos (2017) encontraram. Para o oxigênio dissolvido Santos (2017) encontrou valores baixos conforme o encontrado neste presente trabalho, o que é justificado devido a se tratar de águas subterrâneas onde a água não tem contato direto com a atmosfera. A condutividade elétrica obtida por Mota (2019) e por Santos (2017) foram valores bem abaixo do que o obtido neste presente trabalho. A condutividade elétrica está ligada a quantidade de sais dissolvidos na água, o que pode estar relacionado também com o valores baixos obtidos na determinação da dureza pelos autores (MOTA, 2019; SANTOS, 2017) sendo consideradas águas leves. No presente trabalho o valor da dureza foi elevado sendo considerada uma água muito dura devido ao alto teor de carbonato de cálcio. Os cloretos obtidos pelos autores (MOTA, 2019; SANTOS, 2017), foram valores baixos assim como o do presente trabalho. A turbidez obtida por Santos (2017) se manteve em uma faixa aproximada com o que foi obtido neste presente trabalho na análise da água da torneira. Mota (2019) encontrou uma faixa maior da turbidez mas se mantendo dentro do valor máximo permitido.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores obtidos para as análises físico-químicas da água filtrada, e é realizada a comparação com o valor máximo permitido pelas legislações estudadas.

Tabela 8 – Análise físico-química após a filtração

<b>Análises</b>	<b>Água da torneira</b>	<b>Filtro a</b>	<b>Filtro b</b>	<b>Filtro d</b>	<b>VMP</b>
pH	6,99	7,11	7,07	7,17	6,0 a 9,0
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )	470,5	463,5	445	441,5	10 a 100
Sólidos totais dissolvidos (ppm)	235,5	230,5	223,5	222,33	500
Turbidez (UT)	0,25	10,5	0,42	11,73	5
Oxigênio dissolvido (ppm)	5,06	4,71	4,43	4,73	0 a 19
Cloretos (mg/L de Cl)	0,45	0,46	0,42	0,39	250
Dureza (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )	517,24	431,03	491,38	431,03	300

Filtro a - Farinha da casca de banana; Filtro b - Casca de arroz; Filtro d - Invertido (Farinha da casca de banana); VMP = valor máximo permitido.

Fonte: Autora (2023)

De acordo com a Tabela 8, é possível observar que o pH da água da torneira estava em 6,99 e após a filtração ocorreu um aumento no pH da água, mas mesmo assim o valor permanece dentro da faixa estipulada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Observa-se também que os filtros que continham a farinha da casca de banana acarretaram um aumento maior no valor de pH.

Quanto aos valores da condutividade elétrica, observa-se que todos os valores obtidos são superiores aos estipulados pelo manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS (FUNASA, 2014) que determina uma faixa de valores entre 10 a 100  $\mu\text{S}$ . Após a filtração houve uma diminuição no seu valor. No filtro com farinha da casca de banana obteve-se um valor de 463,5  $\mu\text{S}$ , no filtro com casca de arroz obteve-se um valor de 445  $\mu\text{S}$  e no filtro invertido com farinha da casca de banana obteve-se um valor de 441,5  $\mu\text{S}$ . Porém, mesmo com a diminuição manteve-se um valor maior que o permitido. O alto valor de condutividade elétrica é devido à quantidade de íons dissolvidos na água, ou seja, a quantidade total de sais dissolvidos presentes na água. O consumo excessivo de água com grandes quantidades de sais dissolvidos pode acabar acarretando em complicações para a saúde, sendo uma dessas complicações o acúmulo de sais na corrente sanguínea, a qual possibilita a formação de cálculo renal (MOTA, 2019). Um alto valor de condutividade elétrica também pode acabar afetando no sabor e odor da água devido a quantidade de sais dissolvidos.

Os sólidos totais dissolvidos apresentaram valor dentro da faixa permitida que é de até 500 ppm, conforme consta na Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). A água da torneira apresentou valor de 235,5 ppm. Após a filtração apresentou uma diminuição nos sólidos totais dissolvidos para os três filtros. No filtro com a farinha da casca de banana foi para 230,5 ppm, no filtro com a casca de arroz foi para 223,5 ppm e no filtro invertido foi para 222,3 ppm, permanecendo dentro do padrão de potabilidade.

A turbidez da água da torneira apresentou valor de 0,25 UT, estando dentro da faixa permitida pela Portaria GM/MS nº 888/2021 que é de até 5 UT para o padrão de potabilidade (BRASIL, 2021). Após a filtração os valores de turbidez tiveram um aumento. No filtro com a farinha da casca de banana obteve-se valor de 10,5 UT, no filtro com casca de arroz obteve-se valor de 0,42 UT e no filtro invertido obteve-se valor de 11,73 UT, sendo que somente o filtro que continha casca de arroz se manteve dentro do padrão estabelecido. Os filtros com farinha da casca de banana obtiveram um valor muito elevado de turbidez, sendo o dobro do valor permitido. Isso pode ter ocorrido devido à farinha da casca de banana ter liberado alguma substância na água durante a filtração, o que ficou evidente porque foi necessário fazer a filtração diversas vezes para tirar a cor amarela e o odor presentes na água filtrada.

O oxigênio dissolvido apresentou valor dentro do padrão permitido para águas subterrâneas que é de 0 a 19 ppm conforme consta na Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Para a água da torneira obteve-se valor de 5,06 ppm. Após a filtração ocorreu uma diminuição, no filtro com a farinha da casca de banana obteve-se valor de 4,71 ppm, no filtro com casca de arroz foi obtido valor de 4,43 ppm e no filtro invertido foi obtido um valor de 4,73 ppm. O filtro com a casca de arroz ocorreu uma maior diminuição e nos filtros com farinha da casca de banana se mantiveram próximos os valores um do outro. Os valores baixos de oxigênio dissolvido são justificáveis devido as águas subterrâneas não estarem em contato direto com a atmosfera.

A quantidade de cloretos presente nas amostras de água estão dentro do padrão permitido conforme consta na Portaria MG/MS nº 888/2021 que é até 250 mg/L de Cl. Foi obtido para a água da torneira 0,45 mg/L de Cl. Para o filtro com farinha da casca de banana foi obtido 0,46 mg/L de Cl, para o filtro com a casca de arroz foi obtido 0,42 mg/L de Cl e para o filtro invertido foi obtido 0,39 mg/L de Cl, os resultados obtidos mantiveram uma variação próxima um do outro. Os cloretos são os

responsáveis por dar sabor salgado na água e podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L (DOS SANTOS, 2015).

A dureza presente nas amostras analisadas apresentaram valores elevados, bem maior que o valor máximo permitido conforme consta na Portaria GM/MS nº 888/2021 que é de até 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Na água da torneira obteve-se dureza de 517,24 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Após a filtração ocorreu uma diminuição na dureza da água obtendo-se para o filtro com farinha da casca de banana valor de 431,03 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, para o filtro com casca de arroz 491,38 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e para o filtro invertido 431,03 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Após a filtração houve uma diminuição da dureza em todos os filtros, sendo que a diminuição mais expressiva ocorreu nos filtros com a farinha da casca de banana. As amostras provenientes do poço artesiano da comunidade são classificadas como águas muito dura de acordo com FUNASA (2014), o que justifica o problema que a comunidade enfrenta com a calcificação de torneiras, chuveiros, chaleiras, tubulações e entre outros problemas que podem surgir devido à alta dureza da água.

Da Silva Filho *et al.* (2019) fez um filtro utilizando a casca de banana e sabugo de milho para o tratamento físico-químico da água de um poço tubular localizado na zona urbana do município de Lagoa Seca – PB. E Santos *et al.* (2020) realizou um estudo experimental elaborando um filtro orgânico para tratar águas provenientes de poços artesiano utilizando a casca de arroz como material filtrante. Os resultados obtidos pelos autores estão apresentados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Parâmetros antes e após a filtração para comparação de resultados

Parâmetros	Da Silva Filho <i>et al.</i> (2019)		Santos <i>et al.</i> (2020)	
	A.F.	D.F.C.B.	A.F.	D.F.C.A.
pH	7,3	6,0	6,98	7,82
Condutividade elétrica (µS)	712	430	4637	3890
STD (ppm)	367	699	2391	2228
Cloretos (mg/L de Cl)	278	190	1360	1099,9
Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	140	80	852	106

A.F.- Antes da filtração; D.F.C.B.- Depois da filtração com casca de banana; D.F.C.A.- Depois da filtração com casca de arroz; STD - Sólidos totais dissolvidos.

Fonte: Adaptado de Da Silva Filho *et al.* (2019); Santos *et al.* (2020)

Da Silva Filho *et al.* (2019) considerou eficiente o filtro com a casca de banana e sabugo de milho na diminuição de alguns parâmetros. A água analisada por Santos *et al.* (2020) não era uma água própria para consumo, e mesmo com a boa eficiência da filtração com casca de arroz, continuou imprópria para consumo.

Observando os resultados obtidos para dureza neste presente trabalho nota-se que o valor obtido é superior ao encontrado por Da Silva Filho *et al.* (2019), os quais também conseguiram reduzir a dureza utilizando a casca de banana como material filtrante. O pH obtido antes da filtração por Da Silva Filho *et al.* (2019) estava básico e após a filtração ocorreu uma redução tornando a água ácida, neste presente trabalho ocorreu um aumento no pH da água após a filtração, essa diferença pode ter ocorrido pelo tempo de secagem da casca de banana que foi de 24 h à 70 °C em um secador convencional, tempo menor que o tempo utilizado no presente trabalho, que foi de 48 h à 65 °C. E também outro motivo para a diminuição do pH pode ter sido por terem utilizado sabugo de milho junto com a casca de banana. A condutividade elétrica obtida por Da Silva Filho *et al.* (2019) antes da filtração foi um valor bem elevado e após a filtração ocorreu uma diminuição, o mesmo ocorreu no presente trabalho. Para os sólidos totais dissolvidos obtidos por Da Silva Filho *et al.* (2019), teve um aumento após a filtração, isso pode ter sido ocasionado devido a alguma partícula liberada nos materiais filtrantes utilizados. No presente trabalho o valor de sólidos totais dissolvidos já estavam dentro do padrão permitido pela portaria vigente, porem ocorreu uma diminuição após a filtração.

Observa-se que Santos *et al.* (2020) e Da Silva Filho *et al.* (2019) obtiveram bons resultados na utilização dos filtros, os resultados obtidos neste presente trabalho, também foram satisfatórios para alguns parâmetros analisados.

### **5.3.2 Análise microbiológica**

É possível observar conforme mostra a Figura 17, que para todas as amostras analisadas obteve-se resultados positivo para coliformes totais e também os termotolerantes, não passando no teste de potabilidade.

Figura 17 - Resultados da análise microbiológica



Fonte: Autora (2023).

Os resultados positivos para coliformes e termotolerantes pode ter ocorrido devido a alguma contaminação na torneira da residência ou até mesmo na distribuição da água para a comunidade, pois antes de ser distribuída a água é armazenada em uma caixa d'água. Nos filtros a contaminação pode ter ocorrido porque após a desinfecção com a solução de água sanitária, foi feita a lavagem com água da torneira, a mesma que foi feita a coleta para a análise. Vale destacar que as amostras foram coletadas em janeiro de 2023, período em que estava se iniciando o racionamento devido à estiagem na cidade de Bagé, o que também torna possível a explicação para a contaminação, já que tanto o tratamento como a captação da água pode ter sido afetado.

Esse mesmo teste havia sido feito em dezembro de 2022, dando ausência em 100 mL para a amostra da torneira, para os filtros deu positivo devido a uma possível contaminação na areia e no pedregulho utilizado nos primeiros testes.

Roberto (2018), realizou análises de coliformes totais e *E. coli*. para um poço artesiano, 100% das amostras analisadas em 2015 apresentaram coliformes totais e 66,7% apresentaram *E. coli*. Segundo Roberto (2018) esses fatores indicam uma possível falha da proteção do poço ou uma contaminação do lençol freático. Já nas análises realizadas em 2016 e 2017 não foram detectadas a presença de *E. coli*. e nem de coliformes totais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos testes físico-químicos realizados para a água coletada na torneira da residência local, oriunda do poço artesiano que abastece a comunidade de São Domingos, que está localizada na cidade de Bagé-RS, apontaram um enquadramento dentro dos parâmetros permitidos pela Portaria MG/MS nº 888/2021, com exceção da dureza da água, devido ao seu alto valor a água é caracterizada como água muito dura. A condutividade elétrica foi maior do que a permitida quando comparado com o parâmetro estabelecido pelo FUNASA (2014). O oxigênio dissolvido manteve-se dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

O tratamento da água através de filtros orgânicos, compostos por materiais filtrantes casca de banana seca e casca de arroz *in natura*, se mostraram eficientes para diminuição dos parâmetros avaliados, com exceção do pH, que ocorreu um aumento. Os filtros que continham a farinha da casca de banana obtiveram melhores resultados do que o filtro com a casca de arroz. Mesmo após o tratamento com os filtros, a dureza e a condutividade elétrica mantiveram-se fora do valor máximo permitido, além de apresentarem presença de contaminação microbiológica por coliformes totais e termotolerantes.

Por fim pode-se concluir que a utilização de filtros orgânicos utilizando a casca de banana e casca de arroz como material filtrante foi satisfatória, pois cumpriu com seu papel na melhoria dos parâmetros da água proveniente de um poço artesiano, mas ainda carece de mais estudos para que os padrões de qualidade desta água sejam atendidos.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os materiais filtrantes orgânicos se mostraram eficientes no tratamento de água provenientes de poço artesianos, sendo uma boa opção na substituição ou diminuição no uso de materiais filtrantes convencionais, como por exemplo o carvão ativado que tem um valor elevado para sua obtenção. Para melhoria dos resultados é necessário realizar um estudo mais aprimorado. A seguir estão alguns tópicos que podem ser levados em consideração para melhores resultados:

- Realizar um estudo para a secagem da casca de banana com diferentes tempos de secagem e temperatura;
- Utilizar diferentes granulometrias da casca de banana para a filtração;
- Fazer a esterilização da casca do arroz para eliminar possíveis microrganismos presentes neste material filtrante, que possam vir contaminar a água;
- Moer a casca de arroz *in natura* e fazer um estudo com diferentes granulometrias;
- Utilizar diferentes camadas dos materiais filtrantes;
- Fazer um estudo de adsorção tanto para a casca de banana como para a casca de arroz;
- Fazer um estudo da permeabilidade dos materiais filtrantes;
- Utilizar uma pequena camada de carvão ativado para retirar o gosto e coloração da água filtrada.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**”, 1987. Disponível em: <https://silo.tips/download/nbr-9898-preservacao-e-tecnicas-de-amostragem-de-efluentes-liquidos-e-corpos-rece>. Acesso em: 08 jul. 2023.

ALFREDO, A. P. C. **Adsorção de azul de metileno em casca de batata utilizando sistema em batelada e coluna de leito fixo**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15889>. Acesso em: 04 mar. 2023.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **As águas subterrâneas na Política Nacional de Recursos Hídricos**. 2022. Disponível em: [https://biblioteca.ana.gov.br/sophia\\_web/acervo/detalhe/93469](https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/93469). Acesso em: 17 jul. 2023.

ARAÚJO, Y. C. A. **Produção de biocoagulante a partir de sementes de moringa oleífera para substituição de sulfato de alumínio no tratamento de águas em ETAs**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química), Universidade Federal do Pampa, Bagé – RS. 2021.

ARAÚJO, M. C.; OLIVEIRA, M. B. M. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 3, p. 247-257, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92829234021.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

**ATLAS ESGOTOS**. Despoluição de Bacias Hidrográficas. 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 04 mar. 2023.

BARBOSA, P. M. **Estudo da qualidade da água distribuída pelo poço artesiano em relação à água servida pelo abastecimento público**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá. 2011.

BATTISTELLA, N. **Avaliação da Inter-relação do Saneamento Básico e da Saúde no Bairro Córrego Grande**, 2010 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124505/226.pdf?sequence=1> Acesso em: 26 jan. 2023.

BONIOLO, M. R. **Biossorção de urânio nas cascas de banana**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-19082009-155206/es.php>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRANDT, C. R.; KUHN, D.; KUFFEL, F. J. M.; HOEHNE, L.; SCHEIBEL, M. Caracterização físico-química da água potável de diferentes prédios do centro universitário UNIVATES. **Revista Destaques Acadêmicos**, [S.l.], v. 7, n. 4, dez. 2015. ISSN 2176-3070. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/506/498> . Acesso em: 28 mai. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf). Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 66, p. 64-68, 07 abr. 2008. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 39, 14 dez. 2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed. 190, p. 360, 03 out. 2017. Disponível em: [http://www.portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria\\_Consolidacao\\_5\\_28\\_SETEMBRO\\_2017.pdf](http://www.portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf) . Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS Nº 888 de 04 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed. 96, p. 69, 04 de mai. de 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: 18 jul. 2022.

BRINCK, N. C. P. **Avaliação do tipo de material filtrante no comportamento hidráulico de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento**. 2009. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

BRITO, K. P. **Qualidade da água de poços artesianos das comunidades rurais aroeiras e pau ferro em São José de Piranhas – PB.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras – PB. 2019.

CORRÊA, J. M. **Estudo do controle da capacidade de processo de produção de água potável.** 2007. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

COSTA, A. S. **Avaliação da qualidade da água de poços artesianos no município de Magalhães de Almeida – MA.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais - Química), Universidade Federal do Maranhão, São Bernado – MA. 2018.

DA GAMA, B. M. V. **Adsorção dos íons cádmio e cobre em adsorventes preparados a partir de casca de amendoim.** 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40918>. Acesso em: 04 mar. 2023.

DA SILVA FILHO, E. D.; DA SILVA, A. B.; GONZAGA, F. D. A. D. S.; SENA, W. M. D. M.; DE ARAÚJO, N. S.; CARACOL, M. D. C. S. D. M.; DUARTE, M. T. L. Utilização de casca de banana como tratamento físico-químico da água de um poço tubular localizado na zona urbana do município de Lagoa Seca – PB **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2268>. Acesso em: 30 mai. 2022.

DE GASPER, J.; PITOL-FILHO, L. Tratamento de soluções aquosas de íons cálcio usando casca de arroz em batelada e em leite empacotado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa-MG, BR, v. 2, n. 1, p. 29–38, 2016. DOI: 10.18540/jcecvl2iss1pp29-38. Disponível em: <https://doi.org/10.18540/jcecvl2iss1pp29-38>. Acesso em: 6 mar. 2023.

DE MORAIS, C. E. P. **Estudo cinético e do equilíbrio da casca da banana ativada com ácido na remoção de chumbo e cobre em meio aquoso.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal–PB, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/12569/CARLOS%20EDUARDO%20PEREIRA%20DE%20MORAIS%20%20-%20TCC%20-%20ENGENHARIA%20AMBIENTAL%202016.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 26 jun. 2023.

DOS SANTOS, J. F. **Análise físico-química e bacteriológica da água do poço Valdemiro Francisco Mota, do município Brejo do Cruz - Paraíba.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2015. Disponível em: <https://1library.org/document/q2gmv62y-analise-fisico-quimica-bacteriologica-valdemiro-francisco-municipio-paraiba.html>. Acesso em: 08 jul. 2023.

EMBRAPA. **Cultivo de arroz**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz>. Acesso em: 23 jun.2023.

FRANCO, B. M. **Aplicação de filtros contendo biossorventes no tratamento de um efluente de telhado verde extensivo**. 2021. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2021.

FREDDO FILHO, V. J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides - PA**. 2018. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências), Universidade Federal do Pará, Belém – PA. 2018 Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/19641/1/dissertacao\\_freddo\\_filho.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/19641/1/dissertacao_freddo_filho.pdf) Acesso em: 26 jan. 2023.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. Brasília, 2006. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf). Acesso em: 18 jul. 2022.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. Brasília, 2013. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 18 jul. 2022.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidad+e+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

GURGEL, L. V. A. **Mercerização e modificação química de celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico e trietilenotetramina: preparação de novos materiais quelantes para a adsorção de PB (II), CD (II), CR (VI) e CU (II)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2231>. Acesso em: 04 mar. 2023.

IGINO, L. C. **Análise microbiológica e físico-química da água dos poços artesianos do bairro Água da Jacutinga, na cidade de Andirá – PR**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química), Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis. 2014.

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Cadernos de Educação Ambiental. 104p. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2014/11/01-aguas-subterraneas-estado-sao-paulo.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2022.

JACOBSEN, D.; MILNER, A.; BROWN, L.; DANGLES, O. **Biodiversity under threat in Glacier-Fed River Systems**. *Nature Climate Change*, v. 2, p. 361–364, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/258686106\\_Biodiversity\\_under\\_threat\\_in\\_Glacier-Fed\\_River\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/258686106_Biodiversity_under_threat_in_Glacier-Fed_River_systems). Acesso em: 2 ago. 2022.

MARTINS, W. A.; DE OLIVEIRA, A. M. B. M.; DE MORAIS, C. E. P.; COELHO, L. F. D. O.; DE MEDEIROS, J. F. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, n. 1, p. 96-102, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281496586\\_Reaproveitamento\\_de\\_residuos\\_agroindustriais\\_de\\_casca\\_banana\\_para\\_tratamento\\_de\\_efluentes](https://www.researchgate.net/publication/281496586_Reaproveitamento_de_residuos_agroindustriais_de_casca_banana_para_tratamento_de_efluentes). Acesso em: 23 jun. 2023.

MÉLO, F. E. L.; FERREIRA, I. C. S.; OLIVEIRA, M. L. D. S.; DA SILVA, N. H. S.; PEIXOTO, F. D. S. Fontes potenciais de contaminação da água subterrânea na comunidade de Praia do Rosado – Porto do Mangue/RN **VI CONgest – Congresso de Economia & Gestão**, Mossoró, 1206-1218, 2019. Disponível em: [https://www.uern.br/controladepaginas/DGE-bibliotecavirtual/arquivos/0356fontes\\_potenciais\\_de\\_contaminaa%E2%80%A1ao\\_da\\_agua\\_subterranea\\_na.pdf](https://www.uern.br/controladepaginas/DGE-bibliotecavirtual/arquivos/0356fontes_potenciais_de_contaminaa%E2%80%A1ao_da_agua_subterranea_na.pdf). Acesso em: 26 jan. 2023.

MOTA, D. A. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em poços nas áreas rurais de Caçapava do Sul – RS**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul – RS. 2019.

NETO, V. P. **Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho bovino na Embrapa pecuária sudeste**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

OLIVEIRA, L. T. **Avaliação da Qualidade da água de poços artesianos da zona rural de mineração em Caçapava do Sul**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química), Universidade Federal do Pampa, Bagé – RS. 2018.

PAIM, R. A. **Alcalinidade, cloretos, dureza e pH de amostras de água de poços nos municípios de Alegrete, São Gabriel e Santa Maria-RS**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Pampa, São Gabriel – RS. 2013.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial), Centro Universitário UNIVATES, Lajeado – RS. 2010.

PENHA, R. S. **Casca de arroz como adsorvente para íons de metais pesados: caracterização e modificação química**. 2009. Dissertação (Mestrado em QUIMICA) - Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2009. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/bitstream/tede/900/1/Rosiane%20Silva%20Penha.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2023.

PINHEIRO, P. **Doenças transmitidas por água contaminada**, 2022. Disponível em: <https://www.mdsaude.com/doencas-infecciosas/doencas-da-agua/> Acesso em: 26 jan. 2023.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; DE MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 688–694, jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300031>. Acesso em: 04 mar. 2023.

ROBERTO, M. L. **Avaliação da qualidade da água bruta, tratada e distribuída de um estabelecimento produtor e comercializador de alimentos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia), Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/farmacia/files/2015/04/TCC-Mar%c3%adlia-Lima-Roberto.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

ROSSO, S. R. **Aproveitamento do resíduo da agroindústria da banana: caracterização química e levantamento de parâmetros termodinâmicos**. 2009. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92351>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SAMPAIO, L. R. **Avaliação de bioadsorventes obtidos da torta de mamona para remoção de íons metálicos em solução aquosa utilizando coluna de adsorção em leito fixo**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia, Campina Grande - PB. 2014. Disponível em: LÍGIA RODRIGUES SAMPAIO - TESE (PPGEP) 2014.pdf (ufcg.edu.br). Acesso em: 04 mar. 2023.

SANTOS, M. C. Q., SILVA, M. H. A.; MELO, L. M. B.; GOMES, C. D. S.; SANTOS, E. Q. S.; CARVALHO, L. M. A.; CARVALHO, A. L. A.; LINS, B. S.; RAMOS, T. T. O.; SILVA FILHO, E. D. **ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA DE POÇOS SUBTERRÂNEOS E ELABORAÇÃO DE FILTRO ORGÂNICO: UM ESTUDO EXPERIMENTAL**. Extensão Rural em Foco: Apoio à Agricultura Familiar, Empreendedorismo e Inovação – vol. 1. 2020. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/200600402>. Acesso em: 30 de mai. 2022.

SANTOS, A. P. D. S. **Avaliação da qualidade da água de poços artesianos utilizados no abastecimento público do município de Carlos Gomes - RS, através de análises físico-químicas, microbiológicas e testes toxicológicos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim – RS. 2017.

SANTOS, H.; JUNGER, D. L.; SOARES, A. B. Cascas de Arroz: Uma Alternativa Promissora. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*. v. 6, n. 4, p. 267-275, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/307800687\\_Cascas\\_de\\_Arroz\\_Uma\\_Alternativa\\_Promissora](https://www.researchgate.net/publication/307800687_Cascas_de_Arroz_Uma_Alternativa_Promissora). Acesso em: 23 jun. 2023.

SEBRAE. **Brasil é o 4º produtor mundial de banana**, 2023. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/brasil-e-o-4-produtor-mundial-de-banana,1f00286bf0837810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVA JÚNIOR, E. N. **Análise da água do poço artesiano no município de Conceição do Araguaia/PA para fins potáveis.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas - TO. 2017.

SILVA, N. C. R. **Utilização da casca de banana como bioissorvente para a adsorção de chumbo (II) em solução aquosa.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6953>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, 1019-1028, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/Jqm4CW7ykGsmMsfNwt3tLqR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 jul. 2022.

STRÖHER, A. P. **Tratamento por adsorção em bagaço de laranja de um efluente da indústria têxtil.** 2010. Dissertação de Mestrado submetida à Universidade Estadual de Maringá, 2010. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3844>. Acesso em: 04 mar. 2023.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos, **Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp.** São Paulo, out. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jul. 2022.

UNESCO, **The United Nations World Water Development Report 2022: GROUNDWATER Making the invisible visible**, Paris, 2022. Disponível em: [https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Artigo\\_The-United-Nations-World-Water-Development-Report-2022.pdf](https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Artigo_The-United-Nations-World-Water-Development-Report-2022.pdf). Acesso em: 04 mar. 2023.

VIEIRA, A. R. **Água para Vida, Água para Todos:** Livro das Águas. Brasília: WWF-Brasil, 2006. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/educacao\\_ambiental/Livro\\_das\\_Aguas\\_WWF\\_Brasil.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/educacao_ambiental/Livro_das_Aguas_WWF_Brasil.pdf). Acesso em: 31 jul. 2022.

VITÓ, C. V. G.; DA SILVA, L. J. B. F.; OLIVEIRA, K. D. M. L.; GOMES, A. T.; NUNES, C. R. D. O. Avaliação da qualidade da água: Determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311879456\\_AVALIACAO\\_DA\\_QUALIDADE\\_DA\\_AGUA\\_DETERMINACAO\\_DOS\\_POSSIVEIS\\_CONTAMINANTES\\_DA\\_AGUA\\_DE\\_POCOS\\_ARTESIANOS\\_NA\\_REGIAO\\_NOROESTE\\_FLUMINENSE](https://www.researchgate.net/publication/311879456_AVALIACAO_DA_QUALIDADE_DA_AGUA_DETERMINACAO_DOS_POSSIVEIS_CONTAMINANTES_DA_AGUA_DE_POCOS_ARTESIANOS_NA_REGIAO_NOROESTE_FLUMINENSE). Acesso em: 18 jul. 2022.

ZOBY, J. L. G. PANORAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL. **Águas Subterrâneas**, 20 set. 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23802>. Acesso em: 04 mar. 2023.

ZUQUINAL, R. **Utilização da casca de arroz na produção de energia para uma indústria de beneficiamento de arroz Sul Catarinense**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia), Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165085/TCC%20Final%20-%20Pronto%20.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 jun. 2023.