



Universidade Federal  
de Campina Grande

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**EMPREGO DA FILTRAÇÃO SIMPLES COMO MEIO DE MELHORIA DAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DE POÇOS EM CAMPINA  
GRANDE - PB**

**LUANA VARELA MIRANDA**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**FEVEREIRO - 2018**

**LUANA VARELA MIRANDA**

**EMPREGO DA FILTRAÇÃO SIMPLES COMO MEIO DE MELHORIA DAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DE POÇOS EM CAMPINA  
GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de bacharelado em  
Engenharia Civil da Universidade Federal de  
Campina Grande, em cumprimento parcial  
das exigências para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Saneamento Ambiental

**Orientadores:** Dra. Dayse Luna Barbosa

Me. Marconi Andrade Farias

**CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO – 2018**

**LUANA VARELA MIRANDA**

**EMPREGO DA FILTRAÇÃO SIMPLES COMO MEIO DE MELHORIA DAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DE POÇOS EM CAMPINA  
GRANDE - PB**

Trabalho de conclusão de curso aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Profª. Dra. Dayse Luna Barbosa – Orientadora  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEC/CTRN/UFCG)

---

Prof. Me. Marconi Andrade Farias – Coorientador  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEM/CCT/UFCG)

---

Me. Antônio Leomar Ferreira Soares – Avaliador Externo  
Engenheiro da Prefeitura da Universidade Federal de Campina Grande

---

Prof. Dr. Ricardo de Aragão – Avaliador Interno  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEC/CTRN/UFCG)

## AGRADECIMENTOS

Neste momento ímpar de minha vida e tão sonhado por outros, tenho muito a agradecer. “Outros” porque não tive esse sonho sozinha, pois amigos, familiares, professores e Deus sonharam junto comigo esse momento de finalização dos meus estudos de graduação, o primeiro passo para um futuro profissional.

Reiteradamente agradeço a Deus pela dádiva da vida, pelo dom de estudar e aprender e pela proteção constante em todos os meus passos dessa graduação, pois tenho a certeza de sua presença em muitas decisões, tropeços e acertos nessa caminhada.

Agradeço aos familiares, em especial à minha mãe, companheira de todos os momentos e patrocinadora de todos os sonhos, que sempre torceu e divulgou minhas vitórias e consolava meus insucessos. Como também à minha avó Socorro que esteve sempre presente nessa conquista, fosse pelos almoços e lanches preparados com carinho, fosse pela ligação para saber como eu estava nessa vida de estudos constantes.

Agradeço ao amado noivo pela compreensão e apoio em todas as minhas decisões, que muitas vezes resultavam em fins de semana sem nos vermos, telefonemas rápidos e encontros entre caronas para casa. Gratidão pelo companheirismo e pela dedicação de em muitas situações colaborar com um slide ou uma ideia.

Agradeço aos muitos amigos, que de uma forma ou de outra também colaboraram para o meu crescimento pessoal, em especial às amigas de escola, que sonhamos juntas esse sucesso e levaremos, umas às outras, em nossos corações. Aos amigos do intercâmbio que, vivenciando tantas novas situações, nos tornamos família, por mais de um ano; e amigos do centro espírita, que acompanharam minha correria e estiveram sempre ao meu dispor para dividir as tarefas do Cristo e acadêmicas.

Por fim, agradeço aos professores de minha formação escolar e graduação de ensino superior. Vocês são os grandes responsáveis pela educação que salva jovens e que transforma vidas. Em especial, agradeço aos professores Marconi Andrade e Dayse Luna pela confiança de embarcar nessa ideia e levar comigo esse trabalho, seja no laboratório ou através de suas valiosas orientações. Minha gratidão também ao professor “Tiquinho” pelos ensinamentos das técnicas laboratoriais, repassadas com notável competência e humor; aos funcionários do Laboratório de Saneamento, Igor e Savana.

Deus, família, noivo, amigos e professores, este trabalho de conclusão de curso é dedicado a vocês e essa é a minha singela homenagem ao que vocês representam em minha vida.

MIRANDA, LUANA V. **Emprego da filtração simples como meio de melhoria das características físico-químicas da água de poços em Campina Grande - PB.** 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.

## **RESUMO**

A situação de escassez hídrica vivenciada nos últimos anos na cidade de Campina Grande – PB, promoveu o uso de fontes alternativas no atendimento das demandas, sendo a captação de águas subterrâneas uma das fontes utilizadas. O presente trabalho analisou as propriedades físico-químicas da água de três poços nos bairros do Catolé e Jardim Quarenta em Campina Grande. O objetivo desta pesquisa é verificar o comportamento de pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, dureza relacionada ao cálcio, sólidos totais e coliformes totais da água desses poços a partir do tratamento por cloração e filtração. O filtro utilizado na pesquisa foi desenvolvido artesanalmente para esse fim. Os resultados apresentaram melhorias significativas na qualidade de tais parâmetros com o uso do filtro. No poço 1 houve uma redução da turbidez em 19,32%. No poço 2 houve um aumento do pH em 25,68%. No poço 3, a redução da turbidez foi de 98,46%. Portanto, pode-se dizer que tais melhorias nos parâmetros propicia o uso da água subterrânea para diversos outros fins menos exigentes, como o uso agrícola e o uso industrial.

**Palavras-chave:** Poços, filtração, água subterrânea.

MIRANDA, LUANA. **Use of simple filtration as a means of improving the physico-chemical characteristics of water from wells in Campina Grande - PB.** 67 p. Final dissertation (Bachelor of Civil Engineering) – Federal University of Campina Grande, Paraíba, 2018.

### **ABSTRACT**

The situation of water scarcity experienced in recent years in the city of Campina Grande - PB, motivated the use of alternative sources to meet the demands, and the abstraction of groundwater is one of the sources used. The present study analyzed the physical and chemical properties of water from three wells in the Catolé and Jardim Quarenta, neighborhoods in Campina Grande. The objective of this research is to verify the behavior of pH, turbidity, electrical conductivity, total hardness, calcium - related hardness, total solids and total coliforms of the water of these wells from the treatment by chlorination and filtration. The filter used in the research was handcrafted for this purpose. The results showed significant improvements in the quality of such parameters with the use of the filter. In well 1 there was a turbidity reduction of 19.32%. In well 2 there was an increase of pH in 25.68%. In well 3, the turbidity reduction was 98.46%. Therefore, it can be said that such improvements in the parameters allow the use of groundwater for several other less demanding purposes, such as agricultural use and industrial use.

**Key Words:** Wells, filtration, groundwater.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Fluxograma de atividades para elaboração da pesquisa .....                          | 32 |
| Figura 2 - Localização da área de estudo .....   | 33 |
| Figura 3 - Localização dos bairros na cidade de Campina Grande .....                           | 34 |
| Figura 4 - Mapa com localização dos poços estudados .....                                      | 35 |
| Figura 5 - Poço 1 no Bairro Jardim Quarenta.....   | 36 |
| Figura 6 - Poço 2 no Bairro do Catolé .....  | 36 |
| Figura 7 - Poço 3 no Bairro do Catolé .....  | 37 |
| Figura 8 - Filtro artesanal utilizado na pesquisa.....   | 39 |
| Figura 9 - Filtro internamente com velas .....   | 39 |
| Figura 10 - Ensaio de pH em andamento .....  | 40 |
| Figura 11 - Ensaio de Turbidez em andamento .....  | 41 |
| Figura 12 - Ensaio de Condutividade Elétrica em andamento.....                                 | 42 |
| Figura 13 - Ensaio de dureza total e dureza relacionada ao cálcio em andamento .....           | 43 |
| Figura 14 - Fase de evaporação do ensaio de Sólidos Totais Dissolvidos .....                   | 44 |
| Figura 15 - Cápsulas com resíduos após evaporação no ensaio de Sólidos Totais Dissolvidos..... | 44 |
| Figura 16 - Membranas após o ensaio de Coliformes Totais .....                                 | 45 |
| Figura 17 - Amostras do Poço 3 .....   | 51 |
| Figura 18 - Comportamento do pH com a ação do Filtro.....                                      | 54 |
| Figura 19 - Comportamento da Turbidez dos poços 1 e 2 com a ação do Filtro .....               | 55 |
| Figura 20 - Comportamento da Turbidez do poço 3 com a ação do Filtro .....                     | 55 |
| Figura 21 - Comportamento da Condutividade Elétrica com a ação do Filtro.....                  | 56 |
| Figura 22 - Comportamento da Dureza Total com a ação do Filtro.....                            | 57 |
| Figura 23 - Comportamento da Dureza do cálcio com a ação do Filtro.....                        | 57 |
| Figura 24 - Comportamento dos Sólidos Totais com a ação do Filtro.....                         | 58 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Disponibilidade Hídrica do Brasil .....                                 | 16 |
| Tabela 2 - Usos Múltiplos da Água.....   | 24 |
| Tabela 3 - Dias e horários das coletas nos três poços estudados.....               | 38 |
| Tabela 4 - Parâmetros analisados e metodologia utilizada.....                      | 40 |
| Tabela 5 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA e Ministério da Saúde ..... | 46 |
| Tabela 6 - Dados das análises do Poço 1.....                                       | 48 |
| Tabela 7 - Dados das análises do Poço 2.....                                       | 50 |
| Tabela 8 - Dados das análises do Poço 3.....                                       | 52 |
| Tabela 9 - Dados do Ensaio de Coliformes Totais nas amostras de água bruta.....    | 59 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|         |  |
|---------|--|
| AESA    | Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba        |
| CONAMA  | Conselho Nacional do Meio Ambiente                     |
| EDTA    | Ácido Etilenodiamino Tetra-acético                     |
| FUNASA  | Fundação Nacional de Saúde                             |
| GDA     | Gerenciamento da Demanda de Água                       |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística        |
| INMET   | Instituto Nacional de Meteorologia                     |
| LQP     | Limites de Quantificação Praticáveis                   |
| MMA     | Ministério do Meio Ambiente                            |
| MS      | Ministério da Saúde                                    |
| PB      | Água bruta do poço                                     |
| PC      | Água do poço com cloro                                 |
| PF      | Água após passagem pelo filtro                         |
| pH      | Potencial Hidrogeniônico                               |
| SINGREH | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| UFCG    | Universidade Federal de Campina Grande                 |
| VMP     | Valores Máximos Permitidos                             |

## SUMÁRIO

|            |   |    |
|------------|---|----|
| <b>1.</b>  | <b>INTRODUÇÃO</b>   | 12 |
| <b>1.1</b> | <b>Considerações Iniciais</b>   | 12 |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivos</b>  | 13 |
| 1.2.1      | <i>Objetivo Geral</i>   | 13 |
| 1.2.2      | <i>Objetivos Específicos</i>  | 13 |
| <b>2.</b>  | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>  | 14 |
| <b>2.1</b> | <b>A Importância da água</b>  | 14 |
| <b>2.2</b> | <b>A Escassez Hídrica</b>   | 15 |
| 2.2.1      | <i>A Escassez Hídrica no Nordeste</i>   | 17 |
| 2.2.2      | <i>A Escassez Hídrica na cidade de Campina Grande</i>                         | 18 |
| <b>2.3</b> | <b>Legislação ambiental para água</b>   | 19 |
| 2.3.1      | <i>Política Nacional de Recursos Hídricos</i>                                 | 19 |
| 2.3.2      | <i>Resolução CONAMA nº 396/08</i>   | 20 |
| 2.3.3      | <i>Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde</i>                          | 21 |
| <b>2.4</b> | <b>Fontes Alternativas de água</b>  | 21 |
| <b>2.5</b> | <b>Água Subterrânea</b>   | 23 |
| 2.5.1      | <i>Tipos de Aquíferos</i>   | 23 |
| 2.5.2      | <i>O uso da água subterrânea</i>  | 24 |
| 2.5.3      | <i>Captação da água subterrânea (em poços)</i>                                | 25 |
| 2.5.4      | <i>Qualidade da água subterrânea</i>  | 26 |
| 2.5.5      | <i>Parâmetros para características físico-químicas das águas subterrâneas</i> | 28 |
| <b>2.6</b> | <b>Formas de Tratamento</b>   | 30 |
| 2.6.1      | <i>Tratamento da água com cloro</i>   | 30 |
| 2.6.2      | <i>Filtração da água</i>  | 30 |
| <b>3.</b>  | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>  | 32 |
| <b>3.1</b> | <b>Caracterização da área de estudo</b>                                       | 33 |
| <b>3.2</b> | <b>Coletas e análises</b>   | 37 |
| <b>3.3</b> | <b>Metodologia do uso do filtro</b>   | 38 |
| <b>3.4</b> | <b>Análise de parâmetros</b>  | 39 |
| 3.4.1      | <i>pH</i>   | 40 |
| 3.4.2      | <i>Turbidez</i>   | 41 |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 3.4.3      | <i>Condutividade Elétrica</i> .....                      | 41        |
| 3.4.4      | <i>Dureza Total e Dureza relacionada ao Cálcio</i> ..... | 42        |
| 3.4.5      | <i>Sólidos Totais Dissolvidos</i> .....                  | 43        |
| 3.4.6      | <i>Coliformes Totais</i> .....                           | 45        |
| <b>4.</b>  | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                     | <b>46</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Análise dos dados por área de estudo (poço)</b> ..... | <b>46</b> |
| 4.1.1      | <i>Poço 1</i> .....                                      | 46        |
| 4.1.2      | <i>Poço 2</i> .....                                      | 49        |
| 4.1.3      | <i>Poço 3</i> .....                                      | 51        |
| <b>4.2</b> | <b>Análise por parâmetro</b> .....                       | <b>53</b> |
| <b>5.</b>  | <b>CONCLUSÕES</b> .....                                  | <b>60</b> |
| <b>6.</b>  | <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....                                | <b>61</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Desde os primórdios da civilização humana que as populações constroem suas vidas ao redor de rios e lagos a fim de garantir o abastecimento hídrico. Por isso é que nos aglomerados urbanos sempre existem água disponível para beber, o que não implica que as fontes sejam suficientes em termos de volume nem em qualidade para saúde pública.

Levando em consideração a situação hídrica emergente no estado da Paraíba, damos ênfase à problemática enfrentada desde meados de 2012 quando se iniciou o maior período de seca no reservatório que abastece 19 cidades paraibanas, o Reservatório Epitácio Pessoa – Boqueirão. Em fevereiro de 2018, tem-se 10,28% de seu volume total, AESA (2018), voltando a recuperar sua capacidade, devido à transposição do Rio São Francisco a partir de 18 de abril de 2017, uma vez que passou por uma instabilidade preocupante chegando a apenas 2,9% de sua capacidade.

Portanto, é diante desse cenário que a água subterrânea vem assumindo uma importância cada vez mais relevante. Segundo Capucci et al. (2001), a água subterrânea está sendo reconhecida como alternativa viável aos usuários devido a uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais, bem como ao crescente aumento dos custos da sua captação, adução e tratamento. E tem apresentado uso crescente nos últimos anos, obtidas em poços bem locados e construídos. Além dos problemas relacionados à facilidade de contaminação das águas superficiais, o maior interesse pelo uso da água subterrânea vem sendo despertado pela maior oferta desse recurso e em decorrência do desenvolvimento tecnológico da perfuração, bombas e acessórios, promovendo uma melhoria na produtividade dos poços e um aumento de sua vida útil.

Segundo Rebouças (2004), as águas subterrâneas no Brasil continuam sendo extraídas livremente por meio de poços de qualidade técnica duvidosa, para o abastecimento de hotéis, hospitais, indústrias, condomínios privados e, de forma geral, todos aqueles que dispõem de recursos financeiros para abrir um poço de captação de água subterrânea. Devido à falta de controle na captação, recarga e monitoramento da

água subterrânea não se tem uma avaliação segura no número de poços já perfurados, tanto no mundo quanto no Brasil. A UNESCO estima que cerca de 250 milhões de poços estão em operação no mundo. No Brasil, a água subterrânea também é explorada intensamente. Zoby e Matos (2002) estimam que existam no país pelo menos 400.000 poços. Os estados com maior número de poços perfurados, segundo Leal (1999) são: São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí.

Neste trabalho, a filtragem surge como uma oportunidade de tratamento e alternativa de melhoria da qualidade dessa água subterrânea a fim de propor à população uma alternativa barata e viável na utilização de uma água de qualidade adequada ao consumo. A filtragem nada mais é do que um método de tratamento bastante antigo para a retenção de materiais sólidos e orgânicos em suspensão.

Nesta pesquisa, foram selecionados os bairros do Catolé e Jardim Quarenta da cidade de Campina Grande para análises das águas dos poços.

## **1.2 Objetivos**

### *1.2.1 Objetivo Geral*

Mostrar a possibilidade do uso de um filtro artesanal simples para as águas de poços localizados na cidade de Campina Grande otimizando a qualidade da água.

### *1.2.2 Objetivos Específicos*

- Caracterizar as águas dos três poços investigados através de ensaios físico-químicos;
- Estimar a eficácia do filtro na melhoria das propriedades físico-químicas de pH, condutividade elétrica, turbidez, dureza, sólidos totais dissolvidos e coliformes totais;
- Comparar os resultados obtidos em laboratório com a resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria nº 2914/2011.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 A Importância da água**

A água é fonte de vida no planeta, uma vez que constitui cerca de 70% do organismo humano e demais mamíferos, sendo elemento essencial para a sobrevivência de animais e vegetais na Terra. Além de ser utilizada em inúmeras atividades, como o transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia, produção e processamento de alimentos, na indústria, na recreação, entre muitos outros que são fundamentais ao desenvolvimento do planeta Terra e seus habitantes (MIERZWA, 2005).

A água é imprescindível para manter a vida na terra e sua importância vem desde as necessidades fisiológicas, até produção de alimentos, higiene, pesca, geração de energia, navegação, entre outros. Desde o princípio da história da humanidade, as relações com os recursos hídricos determinavam o surgimento de civilizações, pois além do abastecimento, disponibilizava meios para o desenvolvimento da população e uma melhor qualidade de vida.

O Ciclo Hidrológico é o processo mais importante atuando na dinâmica externa da Terra, movimentando a água através da atmosfera, superfície (rios, lagos, mares, geleiras e etc.) e subsuperfície (água subterrânea), gerando condições para o aparecimento da vida, essencial para as atividades humanas, bem como para manter o equilíbrio do planeta.

A quantidade total de água no Planeta Terra é fixa e sua distribuição não é uniforme, concentrando-se os maiores volumes nos oceanos (97,5%), restando uma pequena quantidade de água doce disponível (2,5%), da qual a maior parcela (68,9%) se encontra nas calotas polares e na forma de geleiras.

Sendo assim, dos 2,5% da água doce em condições de ser explorada, física e economicamente pelo homem, as águas superficiais, (rios e lagos), representam somente 0,3% do total das reservas, enquanto as águas subterrâneas, que se encontram armazenadas no subsolo, em rochas chamadas de aquíferos, totalizam cerca de 30%.

Além de sua incontestável importância e emergente escassez, a água teve um papel determinante em 37 guerras nos últimos 60 anos. Até 2025, faltará água para dois terços da população mundial e os conflitos do século 21 serão sobre as matérias-primas, a começar pela água que será rara em toda parte.

Segundo o Banco Mundial, se as políticas de gestão da água se mantiverem como estão e se os modelos climáticos se confirmarem, a escassez de água irá se estender a regiões onde atualmente não existe, como a África central e a Ásia oriental – e piorar gravemente onde já é uma realidade, como o Oriente Médio e o Sahel, na África.

Conseqüentemente, algumas regiões do mundo poderão ver as suas taxas de crescimento cair até 6% do Produto Interno Bruto (PIB) até 2050, caso nada seja feito para melhorar as políticas de gestão da água.

## **2.2 A Escassez Hídrica**

O problema da escassez hídrica atinge algumas regiões do Brasil de forma severa, principalmente a região semiárida, devido às questões climáticas e geológicas desta região. A crise hídrica vivida nos dias atuais é uma consequência da má administração de nossas águas, assim como das mudanças climáticas e a falta de conscientização da população e dos gestores. Tal problemática pode ser solucionada de diferentes formas: através de transposições de águas, construções de barragens e açudes e outros. Porém, essas soluções pedem recursos financeiros que a região muitas vezes não tem condições. Portanto, a correta gestão da água por meio de campanhas dos consumidores e administradores em prol de uma conscientização e educação seria a proposta mais “em conta” para uma situação emergente (SUASSUNA, 1999).

É importante ressaltar que a falta d’água no país é produto também de alguns outros fatores geográficos, pois a água no Brasil é dividida de forma desigual, assim como a população também o é, além de ser um dos países que mais desperdiça tal preciosidade no mundo. Desta maneira, alguns outros frutos podem ser decorrentes de tal falta de conscientização, como por exemplo a queda e risco de demissões na

indústria, o preço da conta de luz e de alimentos que encarecem ainda mais, e tantas outras consequências advindas da falta d'água.

O Brasil, segundo dados da ONU, detém 13,3% de toda Reserva Hídrica da Terra, com 180.000 m<sup>3</sup>/s, o que representa uma disponibilidade hídrica de cerca de 47.000 m<sup>3</sup>/habitante/ano. Ocorre, porém, que essa riqueza não está distribuída uniformemente, ocorrendo regiões críticas, conforme demonstrado na Tabela 1 abaixo, em que a Paraíba se inclui.

Como se observa na Tabela 1, o Estado da Paraíba possui uma disponibilidade hídrica média de 1.394 m<sup>3</sup>/habitante/ano, que poderia ser considerada suficiente, porém os centros de consumo estão concentrados. Em boa parte do estado, já estão ocorrendo problemas de escassez e aumento da vulnerabilidade (principalmente tratando-se dos mananciais superficiais), causados por um desequilíbrio entre a oferta e a demanda, agravados pelos elevados níveis de poluição.

Tabela 1 - Disponibilidade Hídrica do Brasil

| <b>Estado</b>              | <b>Disponibilidade Hídrica Social<br/>(m<sup>3</sup>/hab/ano)</b> |        | <b>Consumo per<br/>capita (m<sup>3</sup>/hab/ano)</b> |
|----------------------------|---|--------|---|
| <b>Maranhão</b>            | Rica  | 16.226 | 61  |
| <b>Rio Grande do Sul</b>   | Rica  | 19.792 | 1015  |
| <b>Paraná</b>              | Rica  | 12.600 | 189   |
| <b>Minas Gerais</b>        | Rica  | 11.611 | 262   |
| <b>Piauí</b>               | Suficiente  | 9.185  | 101   |
| <b>Rio de Janeiro</b>      | Suficiente  | 2.189  | 224   |
| <b>São Paulo</b>           | Suficiente  | 2.209  | 373   |
| <b>Rio Grande do Norte</b> | Pobre   | 1.654  | 207   |
| <b>Alagoas</b>             | Pobre   | 1.692  | 159   |
| <b>Paraíba</b>             | Crítico   | 1.394  | 172   |
| <b>Pernambuco</b>          | Crítico   | 1.270  | 268   |

Fonte: Águas Doces do Brasil – (Rebouças et al.) - 2002

Com o aumento populacional, a demanda de água torna-se cada vez maior. A escassez de água no planeta está também relacionada ao aumento populacional, os recursos hídricos estão cada vez mais escassos. Os mananciais estão mais poluídos e degradados, a dificuldade em conseguir-se água de boa qualidade é crescente no mundo inteiro. O uso intenso, a poluição e a contaminação, oriundas de lançamentos de efluentes sem tratamento, contribuem ainda mais para agravar essa escassez de água e reforçam a necessidade crescente do acompanhamento da alteração de sua qualidade.

Segundo Suassuna (1995), regiões com clima de baixo e irregular volume pluviométrico, baixa umidade, altos valores de radiação solar e altas temperaturas possuem em sua formação geológica um escudo cristalino que dificulta o acúmulo de água subterrânea, influenciando também na temporariedade dos rios, além de apresentar um índice alto de salinidade da água, deixando-a imprópria para o consumo humano. Tal afirmação preocupa a população que enfrenta tamanha crise, atingindo a todos de maneira radical, dada a importância da água. Portanto, atualmente o governo incentiva a população sertaneja ao acesso à água através de seus rios, açudes, cisternas e poços.

### *2.2.1 A Escassez Hídrica no Nordeste*

O Nordeste possui uma extensa área, cerca de 18% do território nacional. Apesar de toda essa dimensão territorial, a região só possui dois rios perenes de grande vazão, são eles o rio São Francisco e o rio Parnaíba, onde concentram cerca de 75% das águas nordestinas. O resto do percentual de águas vêm de rios intermitentes das bacias hidrográficas da região.

Embora ainda pertinente, a seca nessa região vem desde possivelmente, antes da colonização. Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2009), desde a época do séc. XVI existem registros de índios migrando para o litoral em busca de meio de sobrevivência. Situação essa que se intensificou após a ocupação do sertão para pecuária e agricultura. Tanto é que segundo o historiador, Oliveira (2015), desde a Brasil colônia existe o projeto da transposição do rio São Francisco, mas que só está sendo finalizado séculos depois.

Segundo AB'SÁBER, (1999), entre as causas para a seca estão a ausência de massas de ar frio, relevo e, por vezes, são intensificadas por fenômenos mundiais, como o El niño. Tal evento faz com que as águas do oceano fiquem mais quentes, provocando mudança nos padrões de massas de ar, fazendo com que se diminua as chuvas no Nordeste.

### *2.2.2 A Escassez Hídrica na cidade de Campina Grande*

Entre os anos de 1979 a 1983 e 1998 e 1999, o sistema de abastecimento de água da cidade de Campina Grande, localizada no Agreste paraibano, quase entrou em colapso, devido a eventos de seca na região. Seria uma situação embaraçosa para a segunda maior cidade do Estado, considerada um grande pólo tecnológico e industrial.

A partir do ano de 2004 inicia-se um novo ciclo de anos chuvosos na região semiárida do Nordeste brasileiro e o Açude Epitácio Pessoa recupera rapidamente os seus volumes de armazenamento, chegando ao nível de extravasamento (cerca de 411 milhões m<sup>3</sup>) neste e nos anos consecutivos até 2011, à exceção dos de 2007 e 2010.

A severa seca de 2012 marcou o retorno do ciclo de anos pouco chuvosos, e o rápido declínio do nível d'água no reservatório tornou visível o estado precário da gestão dos seus recursos hídricos (Rego et al., 2012). A continuação e o agravamento da seca até o ano de 2017 provocou a reação de técnicos e autoridades judiciais, políticas e administrativas da região no sentido de evitar a repetição do problema, tanto através do diagnóstico de suas causas e soluções, como pela clara identificação e convocação dos órgãos com atribuições e responsabilidades concernentes à questão.

Em março de 2017, o açude que abastece Campina Grande e região começou a receber as águas da transposição do Rio São Francisco no eixo leste e após décadas de espera, a região pôde começar a ter uma reserva hídrica e alguns meses depois parar o racionamento que desde dezembro de 2014 a região vivia por causa da crise hídrica.

## **2.3 Legislação ambiental para água**

As características que delimitam o modelo de água destinada ao abastecimento doméstico, denomina-se padrões de potabilidade. Estes padrões compreendem critérios essenciais e complementares. Os essenciais dizem respeito, principalmente, à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas. Os complementares visam o controle da qualidade no que diz respeito ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos, econômicos, entre outros, que embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (SANTOS, 2000).

### *2.3.1 Política Nacional de Recursos Hídricos*

Uma “escassez na abundância” é percebida, pois já falta acesso à água potável e saneamento para grande parte da população mundial. A devida gestão, conservação e uso racional é urgente. Pensando nessa necessidade, o Brasil deu seu pontapé inicial com a lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a política nacional de recursos hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A política das águas é um dos instrumentos institucionais mais modernos de gerenciamento dos recursos hídricos, estabelecendo compromisso com a disponibilidade de água para a atual e futuras gerações, buscando o desenvolvimento sustentável por meio do uso racional da água e da gestão integrada desse bem, que como a própria Lei estabelece, é de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Vale lembrar sempre que a lei veio trazer instrumentos fundamentais para a gestão adequada desses mananciais, que são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes, a outorga e cobrança do direito de uso e o sistema de informações sobre os recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu diretrizes de ação, objetivos, fundamentos, instrumentos e planos para a prática da chamada Lei das águas, em que aconteceu finalmente o reconhecimento da necessidade de proteger as águas dentro da estrutura global ambiental, a partir da gestão que se preocupasse em integrar

os recursos hídricos ao meio ambiente, para garantir o desenvolvimento sustentável e à manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

No artigo 1º e talvez um dos mais importantes, a lei elenca os principais fundamentos da Política Nacional. Nele contém a compreensão de que a água é um bem público e recurso natural limitado, dotado de valor econômico, mas que deve priorizar o consumo humano e de animais, em especial em situações de escassez. A água deve ser gerida de forma a proporcionar usos múltiplos (abastecimento, energia, irrigação, indústria) e sustentáveis, e esta gestão deve se dar de forma descentralizada, com participação de usuários, da sociedade civil e do governo.

O artigo seguinte explicita seus objetivos: assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais ou decorrentes do mau uso dos recursos naturais.

De acordo com a lei, o Estado compartilha com os diversos segmentos da sociedade uma participação ativa nas decisões. Cabe à União e aos estados, cada um em suas respectivas esferas, implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), legislar sobre as águas e organizar, a partir das bacias hidrográficas, um sistema de administração de recursos hídricos que atenda às necessidades regionais.

### *2.3.2 Resolução CONAMA nº 396/08*

A resolução do CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

De acordo com a resolução, as águas subterrâneas são classificadas em Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4 e Classe 5, como já foi detalhado anteriormente, que vão desde as águas mais preservadas de ecossistemas e sem exigência de tratamento até as águas com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas e que necessitem de tratamento para o uso ou que sejam destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

Os Valores Máximos Permitidos (VMP) e os Limites de quantificação praticáveis (LQP) para cada uso considerado preponderante das águas subterrâneas são apresentados na resolução de forma a tornar tal análise mais acessível, não esquecendo, porém, que esses parâmetros devem ser reavaliados a cada 5 anos aproximadamente, a fim de que a condição de qualidade dos corpos hídricos seja atualizada pelos órgãos competentes por meio de relatórios de qualidade.

### *2.3.3 Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde*

A Portaria MS nº 2.914/2011 dispõe os procedimentos de controle e vigilância e ressalta a importância da qualidade da água para consumo humano, para a saúde da população e para verificar seu padrão de potabilidade.

Na portaria são estabelecidas competências e responsabilidades à União, ao Estado, aos Municípios, ao responsável pelo Sistema de Abastecimento de água e aos Laboratórios de Controle e Vigilância para que o padrão de potabilidade das águas esteja em conformidade com o padrão microbiológico, conforme é disposto nos diversos anexos da portaria.

Portanto, a importância desta portaria é dada devido às suas finalidades, que são de executar ações de vigilância da qualidade da água desde a captação em sua nascente até as estações de tratamento e de distribuição dessa água aos habitantes.

## **2.4 Fontes Alternativas de água**

Tendo em vista a qualidade e disponibilidade da água na região nordeste, outras opções se tornam viáveis ao abastecimento humano e sobrevivência da população. A captação de água da chuva, utilização da água subterrânea, armazenamento de água a partir da umidade do ar, abastecimento através de carros pipa, chafariz e o gerenciamento da demanda de água (GDA) são fontes alternativas na carência do recurso.

A captação de água da chuva através de cisternas não é uma tecnologia nova, armazena água para uso doméstico geral. Trata-se de calhas que levam a água da chuva

a um reservatório (cisterna) a partir de onde se eliminará impurezas mecanicamente através de filtração.

O armazenamento de água a partir da umidade do ar é uma tecnologia recente e ainda não muito conhecida. Existem diferentes maneiras de se retirar a água da umidade do ar. Uma delas seria utilizando-se uma unidade de fotodesinfecção inicial e unidade trocadora de calor com base na célula de Peltier (HENKER, et al., 2014)

Já o carro pipa é o transporte de água retirada de outra região para suprir as necessidades de algum povoado que não tenha água para consumo. Optar por essa possibilidade implica em gastos momentâneos, porém sem a garantia da continuidade do abastecimento.

Chafariz é uma extremidade de um conduto de água próprio para abastecimento humano, que pode jorrar naturalmente ou não.

O gerenciamento da demanda de água (GDA) consiste em medidas e práticas que produzam um uso eficiente de água pela sociedade através da redução do consumo final do usuário e a modificação de hábitos de consumo, sem prejudicar os atributos de higiene e conforto dos sistemas originais. Tal escolha de gerenciamento não deve ser aplicada apenas em época de crise (GUEDES, 2009).

O método mais antigo de captação de águas subterrâneas é a escavação do solo até uma profundidade abaixo do nível freático. Normalmente a quantidade de água que pode ser obtida por este método é bastante limitada, e quando quantidades maiores são necessárias, é preciso aumentar a área de captação, o que pode ser conseguido lateral ou verticalmente, ou ainda uma combinação destes dois métodos.

A utilização da água subterrânea através de poços tubulares é também uma importante e usual alternativa para o abastecimento humano nos dias de hoje e vem se tornando cada vez mais relevante como fonte de abastecimento devido a uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais. Apesar de suas desvantagens no que diz respeito à modificação na formação dos solos, as águas subterrâneas vêm se constituindo em importante alternativa para abastecimento de comunidades rurais e urbanas, tanto para uso agrícola, quanto industrial, uma vez que o interesse pelo seu

uso vem sendo despertado pela maior oferta do recurso e em decorrência do desenvolvimento tecnológico, o que promoveu uma melhoria na produtividade dos poços e um aumento de sua vida útil (CAPUCCI et al., 2001).

## **2.5 Água Subterrânea**

### *2.5.1 Tipos de Aquíferos*

De acordo com a Associação Brasileira de Águas subterrâneas, os tipos de aquíferos vão depender do tipo de armazenamento e de sua geologia, fator esse que influenciará tanto a qualidade da água, como seu fluxo. Os aquíferos podem ser classificados de acordo com a porosidade da rocha. De acordo com Feitosa et al. (2009), este parâmetro é determinado pela razão entre o volume de vazios e o volume total da rocha, havendo dois tipos de porosidade: a) primária, que se refere aos vazios inerentes à matriz da rocha ou solo; b) secundária, resultante de fenômenos posteriores sobre a rocha, como a ocorrência de fraturas. Desse modo, esses espaços livres das rochas podem ser classificados como poroso, fissural e cárstico.

**Aquífero poroso ou sedimentar:** Como própria definição já explícita, são os aquíferos formados por rocha sedimentares e solo arenoso. Possuem grande capacidade de armazenamento de volume de água, pois possibilita a locomoção da água em todas as direções.

**Aquífero fraturado ou fissural:** São formados por rochas ígneas, metamórficas e cristalinas. A locomoção da água se dá através das fraturas e falhas das rochas, resultando em baixo nível de acumulação hídrica. Poços perfurados nesses aquíferos só resultarão em vazão quando atingirem as fissuras.

**Aquífero cárstico:** São rochas calcárias ou carbonáticas, onde o contato com a água produz a dissolução do material, ocasionando em aberturas imensas, chegando até produzir cavernas e rios subterrâneos.

Nota-se que os aquíferos se diferenciam de acordo com a geologia da região. Normalmente aquíferos em rocha são definidos como fraturados e, aqueles formados em solos arenosos são definidos como sedimentares. Comumente, os aquíferos cristalinos vão dispor vazão bem menor que os sedimentares.

### 2.5.2 O uso da água subterrânea

As águas subterrâneas no Brasil vêm sendo progressivamente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, assim como para a indústria, irrigação e turismo. No Brasil, estima-se que cerca de 30 a 40% da população já se utiliza de poços para o abastecimento, destacando-se as cidades de médio e pequeno porte. Porém, as águas subterrâneas ainda são pouco exploradas no país quando comparado às potencialidades de suas reservas renováveis (COSTA, 1994).

De acordo com a qualidade da água subterrânea captada, serão avaliados os possíveis usos propostos para essa água. Os usos múltiplos da água podem ser classificados em duas categorias: O uso consuntivo e o uso não-consuntivo. O uso consuntivo ocorre quando a quantidade de água retirada não retorna imediatamente, no mesmo local de onde foi retirada e na mesma quantidade; enquanto o uso não consuntivo ocorre quando não existe consumo de água na atividade. Os múltiplos usos das águas doces no Brasil são apresentados na Tabela 2 abaixo, classificando-as em usos consuntivos e usos não-consuntivos.

Tabela 2 - Usos Múltiplos da Água

| <b>Usos Consuntivos</b>  | <b>Usos Não-consuntivos</b>       |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Abastecimento Urbano     | Geração de Energia Elétrica       |
| Agropecuário (Irrigação) | Lazer / Paisagem / Pesca          |
| Abastecimento Industrial | Usos Ecológicos                   |
| Dessedentação de animais | Navegação Fluvial                 |
|                          | Piscicultura                      |
|                          | Diluição e assimilação de esgotos |

Fonte: MMA, 2006

Os desafios enfrentados para a correta gestão desse recurso envolvem: o disciplinamento do uso da água subterrânea, reconhecendo as áreas de maior demanda e avaliando os perigos de super exploração; a proteção dos aquíferos e de suas captações quanto à contaminação antrópica; e o estabelecimento de bases técnicas que permitam aproveitar, de forma integrada e sinérgica, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (HIRATA, 2010).

De forma geral, os aquíferos do país apresentam excelente a boa qualidade natural de suas águas em quase todo o seu território, tornando-se, portanto, notável a vantagem da exploração educada desse manancial, principalmente em situações de escassez extrema.

### *2.5.3 Captação da água subterrânea (em poços)*

Fatores naturais distribuem a água subterrânea no subsolo de forma que um poço não pode ser locado em qualquer lugar. Para a construção de um poço, torna-se extremamente importante levar em consideração as condições hidrogeológicas, hidrodinâmicas e físico-químicas da formação geológica a ser explorada, para que o empreendimento seja mais proveitoso e de sucesso, já que se trata de uma obra de engenharia de custos elevados. O ideal para tal empreitada é a contratação de um profissional especializado (geólogo ou engenheiro de minas) para que o poço seja corretamente locado, projetado, fiscalizado e executado, o que resultará numa vida útil bem maior.

O estudo da geologia estrutural tornará possível fazer uma adequada escolha do local da perfuração, bem como fornecerá os elementos básicos do projeto construtivo do poço, como método de perfuração, profundidades e diâmetros de perfuração a alcançar, profundidades a serem revestidas, necessidade ou não de aplicação de seções filtrantes, métodos de serviços de limpeza, testes de produção, etc (CAPUCCI, et al., 2001).

De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas e Feitosa (1997), os poços para captação de água são classificados do seguinte modo:

**Poço artesiano:** É denominado de poço artesiano quando existe um aquífero confinado entre as camadas da perfuração que faz com que a água captada seja jorrada para fora, sem a necessidade de bombas.

**Poço convencional:** Para se fazer a retirada da água é necessário que haja bombas elevatórias.

**Poço freático:** Construídos manualmente.

**Poço perfurado em rochas cristalinas:** São aqueles onde só existe a possibilidade de água devido às fraturas no corpo rochoso.

Poço perfurado em rochas sedimentares: Em aquífero poroso, a água é transmitida por espaços vazios, quando não, é armazenada. Necessitam de revestimento, pois tem alta probabilidade de desmoronamento.

Neves & Morales (2006) se dedicaram à definição da melhor relação possível entre profundidade e vazão para se obter máximo aproveitamento da vazão do poço. Eles concluíram que há uma tendência, de inversa proporcionalidade entre as características, devido ao fechamento das fraturas com os efeitos da pressão litostática.

#### *2.5.4 Qualidade da água subterrânea*

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, define as águas subterrâneas como as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo (BRASIL, 2008).

As águas subterrâneas apresentam elevado padrão de qualidade físico-química e microbiológica em geral. Por serem naturalmente protegidas, mas não imunes, dos agentes de poluição e contaminação, essas águas dispensam, geralmente, um tratamento físico-químico para consumo humano (MMA, 2007).

A forma como as rochas armazenam e transmitem a água subterrânea influencia diretamente na sua qualidade (ZOBY, 2008). A água é uma substância quimicamente muito ativa, que tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas e inorgânicas. A água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, ficam mais ricas em sais minerais, provenientes da dissolução dos seus minerais, por isso as águas subterrâneas têm concentrações de sais superiores às águas superficiais em geral (SANTOS, 2000).

Cada vez mais os aquíferos estão em perigo de contaminação em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e das empresas de mineração (AMARAL, BAYER, 2015). Em aquíferos fissurais, nos quais há baixa circulação da água nas fraturas, associado a áreas com índice elevado de evaporação, as atividades antrópicas podem provocar a salinização do aquífero (MMA, 2007).

A qualidade da água subterrânea vem declinando muito lentamente, principalmente nas proximidades das zonas urbanas e industriais das cidades. A maioria

dos poluentes é proveniente dos usos urbanos, industriais e da agricultura (SOUZA, 2009).

No cristalino, os problemas de qualidade das águas subterrâneas estão concentrados no semiárido nordestino. Os poços na região exploram fraturas isoladas, muitas vezes com grandes diferenças de salinidade de uma fratura para a outra vizinha. Assim como a falta de critérios de locação de poços, de programas de manutenção das obras de captação e os tornam muito elevada a quantidade de poços abandonados e desativados nas áreas do cristalino nordestino (ZOBY, 2008). Poços construídos sem critério técnico, com revestimento corroído, abandonados sem o fechamento adequado, podem constituir vias importantes de contaminação (MMA, 2007).

A qualidade da água subterrânea é um aspecto bastante importante, assim como a vazão, e é definida pelas características físicas, químicas e biológicas da água. Dentro dos valores encontrados para cada um destes parâmetros, é possível estabelecer os diferentes usos: consumo humano, irrigação, industrial e outros. A qualidade dessa água pode sofrer a influência de outros fatores como composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas. As águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas do que as águas superficiais devido ao contato direto com os materiais geológicos. Pelas mesmas razões, possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica. Devido as suas condições de circulação, as águas subterrâneas tendem a possuir menor teor de oxigênio dissolvido do que as superficiais. (CAPUCCI et al., 2001).

Em algumas áreas do Brasil, a qualidade das águas subterrâneas é um problema maior do que a quantidade, principalmente devido às variadas formas de contaminação. Dependendo do sistema aquífero e da profundidade perfurada, a água pode estar enriquecida em ferro e algumas vezes em cloretos. Outro fato importante é a ocorrência de águas minerais carbo-gasosas, captadas a pequenas profundidades, provavelmente associadas a aquíferos rasos (CAPUCCI et al., 2001).

### *2.5.5 Parâmetros para características físico-químicas das águas subterrâneas*

A água é um meio de desenvolvimento de microrganismos quando esta contiver nutrientes suficientes para sua proliferação. As espécies patogênicas são inúmeras, e necessitam de técnicas específicas para a identificação. Entre elas, encontram-se organismos como bactérias, vírus e protozoários, que podem ser patogênicos. As características microbiológicas da água são determinadas por análises laboratoriais. Uma delas é a contagem de coliformes, que são bactérias que normalmente habitam o intestino de animais e do homem e sua presença pode indicar a contaminação da água por esgotos domésticos (MACÊDO, 2001).

Considerando a qualidade da água em suas características físicas, espera-se que esta seja transparente, sem cor, cheiro e sabor, para estar adequada ao consumo humano. Os parâmetros químicos são os mais importantes para se caracterizar a qualidade da água, pois permitem classificá-la por seu conteúdo mineral, determinar o grau de contaminação, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção da vida aquática (MACÊDO, 2001)

Os coliformes totais são os microrganismos que apresentam bastonetes Gram-negativos não-esporogênicos, aeróbios, ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35C (MACÊDO, 2001). As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais podem ser encontradas na água, no solo e em vegetais, sendo que possuem capacidade de se multiplicar na água com altos teores de nutrientes.

O pH da água representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução, fator este de extrema importância, principalmente nos processos de tratamento. Nas estações de tratamento, ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação, floculação e desinfecção da água. Abaixo de 7, a água é considerada ácida, acima de 7, alcalina, e de pH 7 é neutra. O Ministério da Saúde (MS) recomenda que o pH da água seja mantido entre 6,0 e 9,5.

A turbidez da água é o processo devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode também ser resultante do processo

natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais. A turbidez tem sua importância no processo de tratamento de água, pois em turbidez elevada e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados, que decantam mais rapidamente do que a água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens, como no caso da desinfecção, que pode ser dificultada pela proteção que pode proporcionar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes. O MS determina o valor máximo permitido de 5,0 uT.

Já a condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Alguns íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade podem ser o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos. Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem chegar a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (FUNASA, 2014).

A dureza é provocada pela presença de sais de cálcio e magnésio. Não apresenta importância sanitária, mas o uso de uma água com excesso destes íons leva a nível industrial a problemas de incrustações, corrosão e outros. A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; e muito dura: > 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (FUNASA, 2014). A dureza elevada pode trazer limitações para o uso da água, como em atividades domésticas e industriais, e alguns autores falam até em aumento de ocorrência de cálculos renais.

Sólidos dissolvidos totais é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares, ionizadas ou micro granulares. É um parâmetro de determinação da qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. O MS determina que o valor máximo permitido é de 1000 mg/L.

Dessa maneira, percebe-se a relevância de tais ensaios em laboratório, uma vez que a detecção de muitos desses parâmetros pode afetar diretamente a saúde e a qualidade de vida de quem se utiliza de tal recurso.

## **2.6 Formas de Tratamento**

### *2.6.1 Tratamento da água com cloro*

No Brasil, visando a atender ao padrão microbiológico de potabilidade, estabelecido pela Portaria MS nº 2914/2011, obrigatoriamente as águas têm que ser submetidas a um processo de desinfecção, com o objetivo de promover a inativação de microrganismos patogênicos.

O uso de cloro na desinfecção da água foi iniciado com a aplicação do hipoclorito de sódio (NaClO), obtido pela decomposição eletrolítica do sal. Inicialmente, o cloro era empregado na desinfecção de águas somente em casos de epidemias. A partir de 1902, a cloração foi adotada de maneira contínua na Bélgica. Em 1909, passou a ser utilizado o cloro guardado em cilindros revestidos com chumbo (MEYER, 1994).

O uso de cloro no tratamento da água pode ter como objetivos a desinfecção (destruição dos microrganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração, o que acarreta, muitas vezes, o uso das palavras “desinfecção” e “cloração” como sinônimos (BAZZOLI, 1993).

### *2.6.2 Filtração da água*

A filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, que pode ser em geral areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas produzindo um efluente mais limpo. Os filtros são usados para remover pequenas partículas, sólidos dissolvidos e produtos químicos ou metais pesados prejudiciais. A filtração em si pode ser considerada um polimento ao tratamento de separação de

sólidos e decantação primária. Para isso, algumas técnicas são utilizadas a fim de tornar o processo da filtração mais eficiente, como por exemplo o emprego do carvão ativado, do carbonato de cálcio e da prata coloidal nos filtros.

O carvão ativado tem o propósito de melhorar o gosto e odor da água, retirada de cloro e outros gases além de metais pesados. O carvão adsorve moléculas orgânicas, cromatos, sulfetos, também retira os peróxidos, ácido nítrico e cloro. (NATURALTEC, 2017)

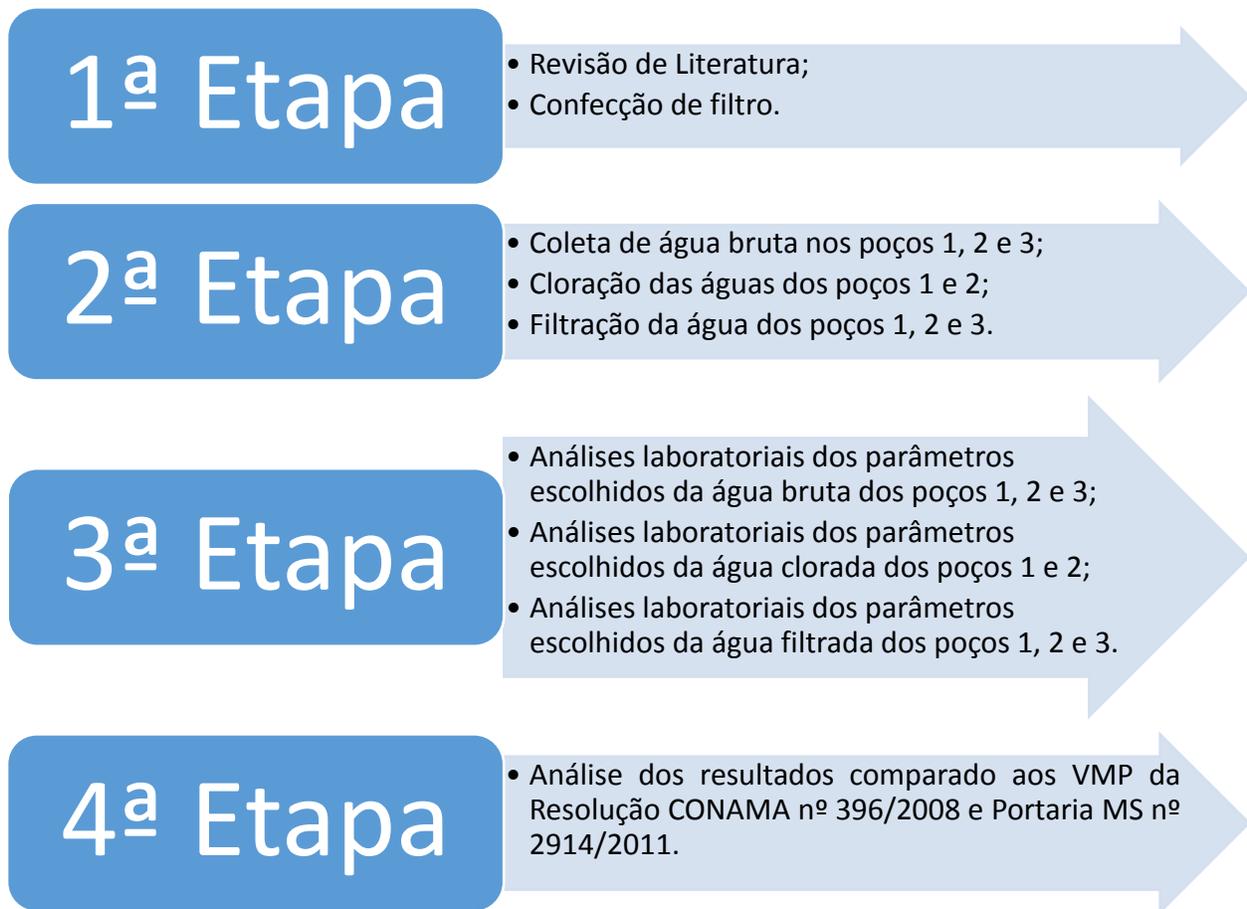
A prata coloidal é antibacteriana, antimicrobiana, antiviral e antifúngicos. Carregados positivamente as partículas de prata literalmente buscam, oxidam e destroem bactérias carregadas negativamente e patógenes. Uma vez que o patógene foi oxidado, ele perde a sua carga negativa e escoa neutro deixando a partícula de prata livre para atacar outro patógeno. (NATURALTEC, 2017)

As resinas de Troca Iônica são outra alternativa para abrandamento e retirada ou recuperação de cátions ou ânions específicos. Resinas de troca iônica são grânulos que tem em sua estrutura molecular radicais ácidos ou básicos passíveis de troca por outros íons em solução. Os íons positivos ou negativos fixos nestes radicais são substituídos pelos íons contaminantes na solução. (NATURALTEC, 2017)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 apresenta as etapas desenvolvidas nesta pesquisa para obtenção dos resultados.

Figura 1 - Fluxograma de atividades para elaboração da pesquisa



Fonte: Autoria Própria

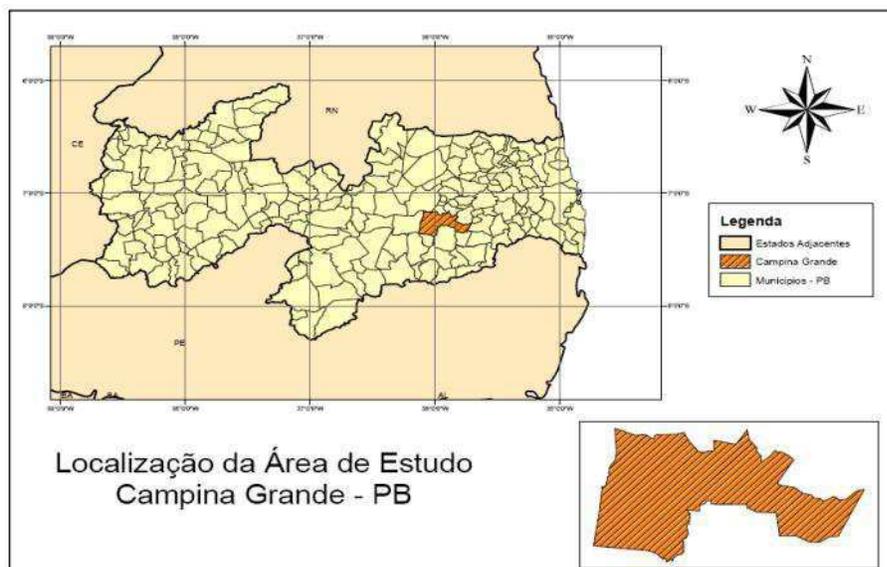
Na Figura 1, pode-se observar as etapas desenvolvidas nesta pesquisa, que consistiu sobretudo em uma investigação de como um filtro confeccionado artesanalmente poderia otimizar as propriedades físico-químicas em águas de três poços em locais residenciais. O estudo se esquematizou da seguinte forma: as águas deveriam ser coletadas em todas as etapas do seu tratamento, ou se não houver tratamento,

apenas bruta e filtrada, de forma que possa ser visualizada a interferência desse tratamento na qualidade da água e depois comparar-se com os parâmetros estabelecidos nas resoluções e portarias.

### 3.1 Caracterização da área de estudo

De acordo com o WSG84 (World Geodesic System), a cidade de Campina Grande está localizada na posição 7°13'50' S, 35°52'52" W, conforme Figura 2, situada a 125 km da capital paraibana. A cidade pertence à região do agreste paraibano, e localiza-se em pleno planalto da Borborema, tendo curvas de níveis variando entre 337 e 665m acima do nível do mar.

Figura 2 - Localização da área de estudo

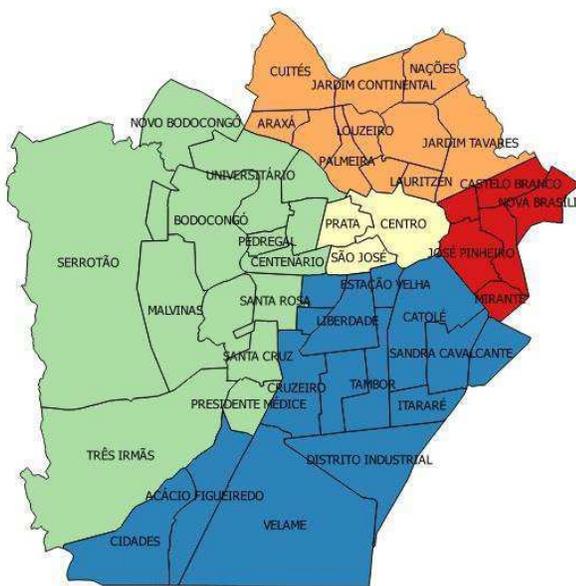


Fonte: Araújo et al. (2012)

A cidade é caracterizada, por abrangência, como clima de semiárido brasileiro, mas apesar da classificação a altitude da região faz com que a temperatura seja moderada e tendo ainda algumas chuvas concentradas nos meses de abril a julho. O município de Campina Grande possui 593 km<sup>2</sup>, sendo 98 km<sup>2</sup> equivalente à área da cidade, e densidade demográfica de 648,31 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Campina Grande é a segunda cidade mais importante do estado. Apresenta uma população estimada de

407.754 habitantes, distribuída em 50 bairros, cuja localização pode ser observada na Figura 3. Formada por maciços e morros altos, sua altitude varia entre 650 a 1000 metros e é caracterizada pelo clima quente e úmido, com temperaturas amenas, que variam de acordo com o relevo. Está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, nas regiões do Médio e Baixo curso do rio, apresentando assim rios perenes, de pequena vazão e com baixo potencial de águas subterrâneas.

Figura 3 - Localização dos bairros na cidade de Campina Grande



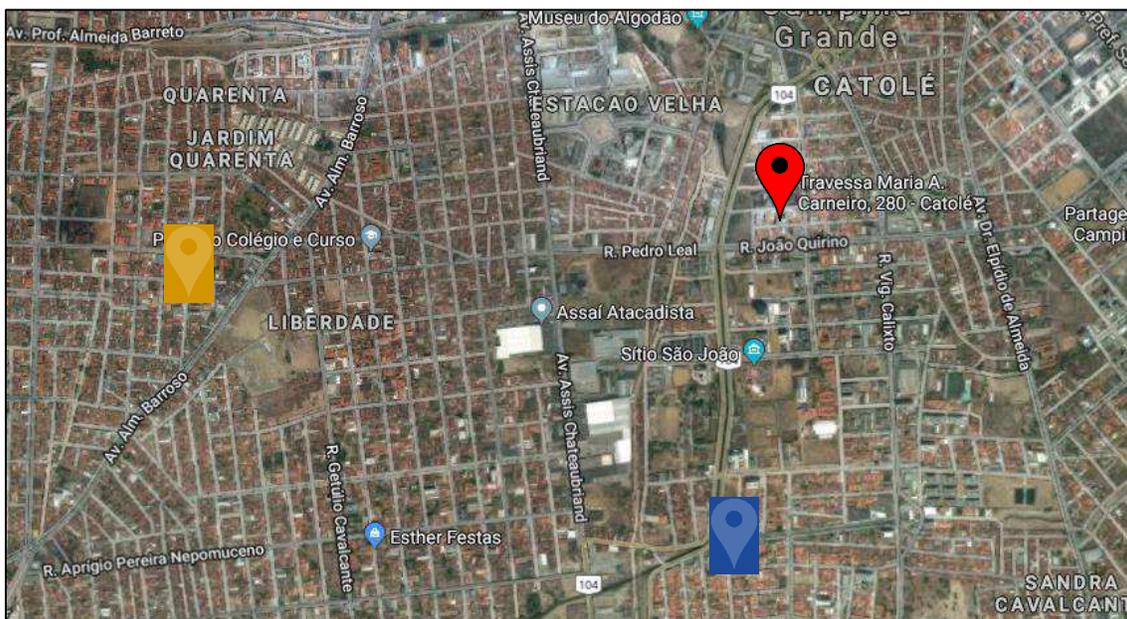
Fonte: DARI, 2015.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a menor temperatura já registrada em Campina Grande foi de 13,2°C e a maior foi de 34,6°C e a maior precipitação acumulada em um dia foi de 110,1mm.

A vegetação no município de Campina Grande é bastante diversificada, pois a cidade se faz fronteira com várias microrregiões de climas e vegetações, dentre elas árvores, pastagens, caatinga e vegetação rasteira.

A Figura 4 abaixo apresenta parte do mapa de Campina Grande com a localização em que os poços estão instalados, onde o ponto amarelo localiza o poço do bairro Jardim Quarenta (Poço 1), e os pontos vermelho e azul localizam os poços do bairro Catolé (Poços 2 e 3).

Figura 4 - Mapa com localização dos poços estudados



Fonte: Adaptação do Google Maps

Os poços selecionados para o estudo estão situados nos seguintes endereços:

- Poço 1 - Rua Professora Yayá de Melo, 559 – Bairro Jardim Quarenta, Campina Grande – PB
- Poço 2 - Rua Teresinha de Farias, 167A – Bairro Catolé, Campina Grande – PB
- Poço 3 - Rua Maria Aparecida Carneiro, 280 – Bairro Catolé, Campina Grande – PB

O poço 1 de vazão 1636 L/h (0,45 L/s) foi perfurado com a finalidade de suprir as necessidades de uma família, diante da instabilidade hídrica na região que o racionamento provocou. Na residência, a água é tratada com cloro pelo próprio morador na proporção de 20 ml de Hipoclorito de Sódio a 12,5% para cada 1000 litros de água, o que nos resulta em 1,2 mg/L.

O poço 2 de também alta vazão foi perfurado para o abastecimento de um residencial com 16 apartamentos e o tratamento da água também é feito com cloro,

utilizando-se uma pastilha composta por ácido tricloro isocianúrico (100%) e teor de cloro ativo de 90%.

Enquanto que no poço 3 a água não recebe tratamento, uma vez que sua qualidade não é adequada ao consumo humano, e seu uso é destinado apenas à lavagem de garagens e regar as plantas, apesar de se tratar de um condomínio residencial de 24 apartamentos. As Figuras 5, 6 e 7 mostram os poços 1, 2 e 3 instalados nos seus locais.

A escolha dos poços se deu devido à facilidade de acesso para coleta das águas.

Figura 5 - Poço 1 no Bairro Jardim Quarenta



Fonte: Autoria Própria

Figura 6 - Poço 2 no Bairro do Catolé



Fonte: Autoria Própria

Figura 7 - Poço 3 no Bairro do Catolé



Fonte: Aatoria Própria

### **3.2 Coletas e análises**

As amostras das águas dos poços estudados foram coletadas no intervalo de 01 de novembro de 2017 a 30 de janeiro de 2018 (Tabela 3). Em cada endereço, durante a coleta, aguardou-se um tempo de aproximadamente 5 minutos, com a finalidade de deixar a água escoar, descartando os primeiros litros de água que poderiam estar contaminados pela própria tubulação ou com temperatura elevada pela exposição da tubulação ao sol. As amostras eram usualmente armazenadas em garrafas PET de 500 ml, previamente lavadas e encaminhadas para ensaios no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), geralmente no mesmo dia, porém nunca depois de 24 horas após a coleta; razão pela qual se justificam os horários de coleta dispostos na Tabela 3. Para as águas que passariam pelo tratamento de cloração (no próprio residencial) e posteriormente pela filtração, a coleta acontecia da mesma forma, com a diferença que as águas cloradas eram coletadas diretamente da torneira da residência e as águas filtradas, do filtro após passagem pelas velas de carvão ativado e prata coloidal.

De forma geral, as águas dos poços apresentaram-se sem odor, sem cor aparente e sem materiais em suspensão visíveis.

As variáveis pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, dureza relacionada ao cálcio, sólidos totais dissolvidos e coliformes totais foram analisadas em laboratório através de procedimentos devidamente normatizados, como apresentado nos próximos itens.

As análises foram feitas em triplicata para melhor garantia dos resultados.

Tabela 3 - Dias e horários das coletas nos três poços estudados

| Coletas        | Poço 1           | Poço 2           | Poço 3           |
|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 <sup>a</sup> | 01/nov, às 12:00 | 20/nov, às 10:00 | 27/nov, às 8:00  |
| 2 <sup>a</sup> | 08/nov, às 12:00 | 06/dez, às 10:00 | 13/dez, às 8:00  |
| 3 <sup>a</sup> | 20/nov, às 12:00 | 18/jan, às 8:00  | 24/jan, às 9:00  |
| 4 <sup>a</sup> | 14/jan, às 17:00 | 19/jan, às 8:00  | 25/jan, às 16:00 |
| 5 <sup>a</sup> | 15/jan, às 17:00 | 21/jan, às 16:00 | 28/jan, às 12:00 |
| 6 <sup>a</sup> | 16/jan, às 17:00 | 23/jan, às 8:00  | 30/jan, às 10:00 |

Fonte: Autoria Própria

### 3.3 Metodologia do uso do filtro

O filtro utilizado na pesquisa (Figuras 8 e 9) foi construído artesanalmente e os materiais utilizados para sua construção são os seguintes: 2 baldes, quantas velas tríplices achar necessária, cuja composição é de carbonato de cálcio, carvão ativado e prata coloidal, e 1 torneira, o que custa em torno de R\$ 35,00 quando construído com 2 velas.

A água bruta ou já tratada com cloro é passada no filtro e espera-se que as micro impurezas fiquem retidas no mesmo. Após a sua filtragem, a água é analisada em laboratório para dar continuidade ao estudo, avaliando se esta é adequada ao consumo humano de acordo com as normas e resoluções consideradas.

Figura 8 - Filtro artesanal utilizado na pesquisa



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 - Filtro internamente com velas



Fonte: Autoria Própria

### 3.4 Análise de parâmetros

As metodologias utilizadas para as análises laboratoriais seguem as recomendações descritas no Manual de Análises Físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias (SILVA et al., 2001). Os procedimentos utilizados na determinação do pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total e dureza relacionada ao cálcio, sólidos totais dissolvidos e coliformes totais estão descritos na Tabela 4 e analisados pela Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (MS).

Tabela 4 - Parâmetros analisados e metodologia utilizada

| Parâmetros                        | Métodos               |
|-----------------------------------|-----------------------|
| <b>pH</b>                         | Potenciômetro         |
| <b>Turbidez</b>                   | Nefelométrico         |
| <b>Condutividade Elétrica</b>     | Condutivímetro        |
| <b>Dureza Total</b>               | Titulométrico do EDTA |
| <b>Dureza do Cálcio</b>           | Titulométrico do EDTA |
| <b>Sólidos Totais Dissolvidos</b> | Gravimétrico          |
| <b>Coliformes Totais</b>          | Membrana de Filtração |

Fonte: Aatoria Própria

### 3.4.1 pH

A indicação do pH é feita eletrometricamente pelo potenciômetro e eletrodos onde o princípio é a determinação da atividade iônica do hidrogênio utilizando o padrão de hidrogênio.

De forma prática, o ensaio foi feito no pHmetro modelo mPA-210 e consiste na calibração do equipamento através dos padrões de pH 4 e 7 e posterior leitura do pH da amostra utilizando cerca de 50 ml de água e mergulhando o eletrodo no béquer com o auxílio de um agitador de barras magnéticas com o intuito de homogeneizar a amostra, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Ensaio de pH em andamento



Fonte: Aatoria Própria

### 3.4.2 Turbidez

A medida da Turbidez é feita com o uso do nefelômetro, sendo baseada na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra, com a intensidade de luz desviada por uma suspensão padrão de referência, eis a importância da calibração do equipamento no início do ensaio. O equipamento utilizado foi o Portable Turbidimeter modelo 2100P HACH. A Figura 11 apresenta uma amostra sendo ensaiada.

Figura 11 - Ensaio de Turbidez em andamento



Fonte: Autoria Própria

### 3.4.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a indicação da facilidade com a qual um material é capaz de conduzir uma corrente elétrica.

A condutividade foi determinada através do condutímetro de bancada modelo Q795A2, com geralmente 50 ml da amostra, como demonstrado pela Figura 12.

Figura 12 - Ensaio de Condutividade Elétrica em andamento



Fonte: Autoria Própria

#### 3.4.4 Dureza Total e Dureza relacionada ao Cálcio

Para a determinação da dureza, foi utilizado o método titulométrico do EDTA, em que se empregaram pipetas de 25 ml e de 2 ml, bureta de 25 ml, erlenmeyer e algumas soluções reagentes necessárias ao ensaio. O experimento foi feito com 25 ml de amostra, 2 ml da solução padrão de pH 10 e uma pitada de preto de eriocromo. A titulação com o EDTA é feita até a viragem da cor vermelho vinho até azul. E a dureza total é finalmente calculada anotando-se o volume necessário de EDTA na fórmula a seguir.

O ensaio foi feito em duplicata para cada amostra e o resultado foi a média dos dois resultados. Na Figura 13 é possível visualizar o ensaio em andamento juntamente com a Dureza relacionada ao cálcio.

$$\text{Dureza Total} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3 \right) = \frac{V_T * N_{\text{EDTA}} * 50000}{V_a} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que  $V_T$  é o volume de EDTA necessário para a viragem de cor,  $N_{\text{EDTA}}$  é a titulação do EDTA utilizado e  $V_a$  é o volume da amostra, neste caso, 25 ml.

Figura 13 - Ensaio de dureza total e dureza relacionada ao cálcio em andamento



Fonte: Autoria Própria

Já para a Dureza relacionada ao cálcio, a solução reagente utilizada é o NAOH e uma pitada de indicador Murexida. A viragem deve ser de rosa vinho para púrpura. A fórmula adotada para o cálculo é a mesma.

$$\text{Dureza em Cálcio} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3 \right) = \frac{VC * N_{EDTA} * 50000}{V_a} \quad \text{Eq. 2}$$

#### 3.4.5 Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos foram calculados a partir do método gravimétrico que nada mais é do que um quadro semiquantitativo das diferentes partículas presentes na amostra dos sólidos em suspensão e dissolvidos.

Antes de tudo, as cápsulas de porcelana foram limpas e aquecidas a 105°C por 1 hora, resfriadas até temperatura ambiente em um dessecador e pesadas para serem postas à evaporação em banho maria com 50 ml da amostra. Depois da evaporação, a cápsula com o resíduo é levada à estufa à 105°C para eliminação da umidade residual. Após secagem, a cápsula é resfriada em um dessecador e pesada novamente. Através da fórmula a seguir o cálculo de sólidos totais é feito.

$$ST \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{1000(B-A)}{\frac{VA}{1000}} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde, A – Peso da cápsula, g;

B – Peso da cápsula com resíduo após secagem, g;

C – Peso da cápsula com resíduo após ignição, g;

VA – Volume da amostra, ml.

As Figuras 14 e 15 mostram as fases de evaporação e as cápsulas com resíduo após secagem em estufa.

Figura 14 - Fase de evaporação do ensaio de Sólidos Totais Dissolvidos



Fonte: Autorial Própria

Figura 15 - Cápsulas com resíduos após evaporação no ensaio de Sólidos Totais Dissolvidos

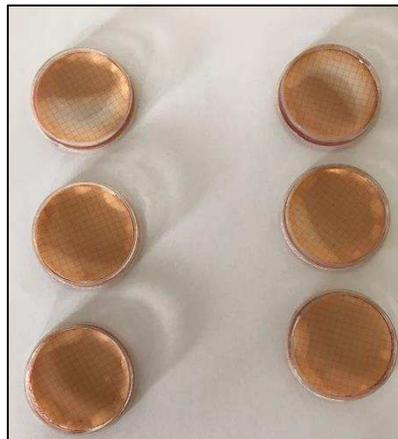


Fonte: Autorial Própria

### 3.4.6 Coliformes Totais

Para a avaliação dos coliformes totais utilizou-se a técnica da membrana de filtração. O crescimento de colônias em membranas seria o resultado afirmativo ou negativo da presença de coliformes nas águas subterrâneas ensaiadas. A Figura 16 apresenta as membranas no resultado final de algumas amostras para coliformes totais.

Figura 16 - Membranas após o ensaio de Coliformes Totais



Fonte: Autoria Própria

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As amostras ensaiadas do poço 1 são as de codinome PB1, PC1 e PF1, que significam, respectivamente, água bruta do poço 1, água com cloro do poço 1 e água após o filtro do poço 1. No poço 2 têm-se a mesma simbologia, porém com índice 2, sendo PB2, PC2 e PF2. Enquanto que no poço 3, existirão apenas PB3 e PF3, uma vez que os usuários do poço 3 não fazem o tratamento da água com cloro.

As análises foram feitas de tal forma que reproduzissem a realidade de como esses usuários utilizam essa água efetivamente e qual seria o avanço na qualidade dessa água com a passagem dela pelo filtro, após tratamento com cloro ou não.

Os parâmetros analisados neste estudo serão limitados pelos dados apresentados na Tabela 5, retirados da Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011.

Tabela 5 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA e Ministério da Saúde

| Consumo Humano                                |               |
|---|---------------|
| Parâmetro                                     | VMP           |
| pH  | entre 6 e 9,5 |
| Turbidez (NTU)                                | 5,00          |
| Condutividade (mS/cm)                         | 1,5           |
| Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 500,00        |
| Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 500,00        |
| Sólidos Totais (mg/L)                         | 1000,00       |

Fonte: Adaptação da Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria MS nº 2914/2011

### 4.1 Análise dos dados por área de estudo (poço)

#### 4.1.1 Poço 1

No poço 1, as primeiras análises foram realizadas ainda no ano de 2017 com velas de carvão ativado e prata coloidal que já vinham sendo usadas por cerca de 1 ano. Em janeiro de 2018, os resultados apresentaram-se não satisfatórios comparados aos dados obtidos em dezembro de 2017. Por isso, após a quarta coleta, o filtro foi lavado e uma nova coleta de água foi feita. No entanto, os resultados continuavam mostrando a

repentina ineficiência do filtro. Duas possibilidades foram consideradas: as características da água poderiam ter piorado dentro de um mês ou as velas já estavam muito usadas e o filtro precisava de manutenção.

Então, novas velas foram adquiridas e testadas com as águas. Assim, percebeu-se, novamente, a melhoria nas propriedades da água pós-passagem pelo filtro, o que comprovou a teoria de que o filtro necessitava de manutenção. Há uma lógica evidente. As velas ficaram sem água (sem uso) por aproximadamente 20 dias, eliminando toda a umidade do seu interior. Como o uso já se dava a aproximadamente 1 ano, havia significativa retenção de partículas no interior que estavam aderidas ao carvão e soltaram-se com o ressecamento. Assim, comprometendo a qualidade das novas filtragens.

Portanto, diante de tal situação, duas coletas foram desconsideradas da análise de dados e obteve-se um total de 6 análises desse poço, como pode ser observado na Tabela 6.

A partir de uma avaliação preliminar dos dados médios para o poço 1 pode-se inferir que o filtro contribuiu na melhoria das especificações do pH em um aumento de 19,23%, redução da turbidez em 19,32%, redução da condutividade elétrica em 2,4% e redução dos sólidos totais dissolvidos em 6,47% quando comparados à água bruta. Enquanto que para a dureza, este filtro não contribuiu para sua melhoria neste poço.

Com relação à adequação dessas águas ao consumo humano, considerando os VMP da Resolução CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (Tabela 5), encerra-se que os parâmetros de pH, turbidez e durezas total e do cálcio estão de acordo, e que o filtro contribuiu ainda mais um pouco para que elas melhorassem a qualidade da água nesses parâmetros. Enquanto que para os sólidos totais, o filtro ainda não foi o suficiente para adequar-se às resoluções, mas auxiliou no processo de melhoria da água.

Tabela 6 - Dados das análises do Poço 1

|        | Parâmetros                                    | PB1     | PC1     | PF1     | VMP      |
|--------|---|---------|---------|---------|----------|
| 01/nov | pH  | 7,00    | 8,85    | 7,73    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,81    | 3,05    | 0,22    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,06    | 4,39    | 2,11    | 1,5      |
| 08/nov | pH  | 7,00    | 7,58    | 8,10    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,93    | 0,50    | 0,40    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,01    | 2,10    | 2,05    | 1,5      |
| 20/nov | pH  | 7,17    | 7,46    | 8,02    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,19    | 0,53    | 0,70    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,12    | 2,09    | 1,81    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 151,20  | 133,20  | 144,00  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 46,80   | 68,40   | 64,80   | 500,00   |
| 15/jan | pH  | 6,53    | 7,00    | 8,23    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,00    | 0,76    | 0,36    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,14    | 2,11    | 2,10    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 273,65  | 257,79  | 273,65  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 49,57   | 55,52   | 53,54   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1112,00 | 1277,00 | 1036,00 | 1000,00  |
| 16/jan | pH  | 6,53    | 6,73    | 8,10    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,77    | 0,74    | 1,84    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,05    | 2,03    | 2,04    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 255,81  | 247,87  | 317,28  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 53,54   | 57,51   | 79,32   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1158,00 | 1118,00 | 1099,00 | 1000,00  |
| 17/jan | pH  | 6,63    | 6,74    | 8,53    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,57    | 0,49    | 0,76    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,09    | 2,09    | 2,04    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 263,74  | 263,74  | 273,65  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 39,66   | 51,56   | 49,58   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1225,00 | 1201,00 | 1134,00 | 1000,00  |
| Média  | pH  | 6,81    | 7,39    | 8,12    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,88    | 1,01    | 0,71    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,08    | 2,47    | 2,03    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 236,10  | 225,65  | 252,15  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 47,39   | 58,25   | 61,81   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1165,00 | 1198,67 | 1089,67 | 1000,00  |

Fonte: Autoria Própria

#### 4.1.2 Poço 2

No poço 2 foram realizadas 6 coletas, sendo duas em 2017 e quatro em 2018, o que não gerou grandes diferenças na análise dos resultados, como pode ser conferido na Tabela 7.

A partir de uma observação preliminar dos dados médios para o poço 2 pode-se concluir que o filtro foi mais eficaz e contribuiu para o aumento do pH em 25,68%, redução da turbidez em 26,39% e condutividade elétrica em 15,34%. A dureza total teve redução em 10,73% e sólidos totais dissolvidos em 6,88% quando comparados à água bruta. As porcentagens obtidas na redução e aumento dos parâmetros deste poço foram superiores aos do poço 1. Sendo o poço 2 com qualidade da água inferior ao poço 1, conclui-se que o filtro proporcionou melhores resultados para o poço com qualidade de água inferior.

Com relação à adequação dessas águas (Tabela 5), conclui-se que os parâmetros de pH, turbidez e durezas total e do cálcio estão de acordo, e que o filtro contribuiu também na melhoria da qualidade da água nesses parâmetros. Enquanto que para os sólidos totais, o filtro ainda não foi suficiente para adequar-se às resoluções, no entanto, houveram reduções.

Tabela 7 - Dados das análises do Poço 2

|        | Parâmetros                                    | PB2     | PC2     | PF2     | VMP      |
|--------|---|---------|---------|---------|----------|
| 20/nov | pH  | 6,84    | 7,20    | 8,02    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,00    | 2,00    | 1,00    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,04    | 3,07    | 1,74    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 363,60  | 360,00  | 237,60  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 118,80  | 140,40  | 252,00  | 500,00   |
| 06/dez | pH  | 6,80    | 7,25    | 8,20    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 2,00    | 1,00    | 1,00    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,13    | 3,28    | 2,25    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 555,24  | 507,65  | 360,91  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 63,46   | 43,63   | 47,59   | 500,00   |
| 18/jan | pH  | 6,64    | 6,84    | 8,57    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 0,58    | 0,51    | 0,99    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,30    | 3,32    | 3,07    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 475,92  | 489,80  | 483,85  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 33,71   | 45,61   | 39,66   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1922,00 | 1862,00 | 1697,00 | 1000,00  |
| 19/jan | pH  | 6,60    | 6,98    | 8,56    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 2,11    | 0,94    | 1,40    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,07    | 2,95    | 2,78    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 475,92  | 481,87  | 495,75  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 39,66   | 45,61   | 47,59   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1921,00 | 1921,00 | 1835,00 | 1000,00  |
| 22/jan | pH  | 6,40    | 6,78    | 8,45    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,43    | 0,57    | 0,83    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,13    | 3,13    | 3,06    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 486,59  | 474,72  | 478,68  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 43,52   | 37,58   | 35,60   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1838,00 | 1800,00 | 1740,00 | 1000,00  |
| 23/jan | pH  | 6,70    | 7,04    | 8,39    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,50    | 0,48    | 1,12    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,12    | 3,10    | 3,02    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 405,49  | 393,62  | 409,45  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 29,67   | 31,65   | 27,69   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1642,00 | 1626,00 | 1547,00 | 1000,00  |
| Média  | pH  | 6,66    | 7,02    | 8,37    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 1,44    | 0,92    | 1,06    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,13    | 3,14    | 2,65    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 460,46  | 451,28  | 411,04  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 54,80   | 57,41   | 75,02   | 500,00   |

|  |                       |         |         |         |         |
|--|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | Sólidos Totais (mg/L) | 1830,75 | 1802,25 | 1704,75 | 1000,00 |
|--|-----------------------|---------|---------|---------|---------|

Fonte: Autorial Própria

#### 4.1.3 Poço 3

As águas do poço 3 se mostraram mais expressivas, trazendo novas conclusões e pontos de vista ao trabalho. As águas do mesmo se revelaram com a forte presença de matéria orgânica, evidenciando uma diferença visual notável nas amostras (Figura 17). No entanto, nas duas últimas coletas, tal fato não ocorreu e as águas coletadas passaram a ser mais límpidas, indicando que o poço é perfurado em solo, e não em rocha como nos casos anteriores e como não é um manancial utilizado frequentemente ao abastecimento, como nos outros poços estudados, onde as retiradas de água sucessivas estavam provocando uma “renovação” do poço, explicando tal episódio.

Figura 17 - Amostras do Poço 3



Fonte: Autorial Própria

Porém, mesmo com essa problemática, decidiu-se por utilizar os dados obtidos das 6 coletas realizadas, uma vez que retrata a realidade do poço em estudo.

Com base nos dados da Tabela 8, pode-se concluir que o filtro foi ainda mais eficaz no poço 3, já que sua água é de qualidade inferior às anteriores. O tratamento contribuiu na melhoria das especificações do aumento do pH em 20,44%, redução da

turbidez em 98,46%, condutividade elétrica em 14,36%, Dureza total em 10,30% e sólidos totais dissolvidos em 8,47%, quando comparados à água bruta

Com relação à adequação dessas águas, percebe-se que os parâmetros de pH, turbidez e durezas total e do cálcio estão de acordo com as resoluções (Tabela 5). O filtro foi capaz de fazer alterações em todos os parâmetros analisados. No entanto, para os sólidos totais não foi possível deixá-lo dentro do VMP das resoluções para consumo humano.

Tabela 8 - Dados das análises do Poço 3

|        | Parâmetros                                    | PB3     | PF3     | VMP      |
|--------|---|---------|---------|----------|
| 27/nov | pH  | 6,54    | 7,84    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 88,00   | 1,00    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 4,11    | 2,04    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 509,40  | 270,00  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 156,60  | 205,20  | 500,00   |
| 13/dez | pH  | 6,43    | 8,12    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 25,00   | 1,00    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 5,21    | 4,71    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 793,20  | 743,63  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 212,18  | 150,71  | 500,00   |
| 25/jan | pH  | 7,77    | 8,50    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 239,00  | 1,00    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 4,21    | 4,11    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 553,84  | 553,84  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 178,02  | 90,99   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 3011,00 | 2907,00 | 1000,00  |
| 26/jan | pH  | 6,28    | 8,30    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 218,00  | 4,02    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 4,21    | 3,93    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 518,24  | 508,35  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 120,66  | 118,68  | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 2671,00 | 2341,00 | 1000,00  |
| 29/jan | pH  | 6,07    | 8,11    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 9,88    | 0,81    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,39    | 2,99    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 391,64  | 359,99  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 104,83  | 104,83  | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 2052,00 | 1763,00 | 1000,00  |

|        |   |         |         |          |
|--------|---|---------|---------|----------|
| 31/jan | pH  | 7,70    | 8,25    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 3,12    | 1,15    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 2,71    | 2,63    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 174,06  | 201,76  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 49,45   | 59,34   | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 1427,00 | 1374,00 | 1000,00  |
| Média  | pH  | 6,80    | 8,19    | 6<pH<9,5 |
|        | Turbidez (NTU)                                | 97,17   | 1,50    | 5,00     |
|        | Condutividade (mS/cm)                         | 3,97    | 3,40    | 1,5      |
|        | Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )     | 490,06  | 439,60  | 500,00   |
|        | Dureza do Cálcio (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 136,96  | 121,62  | 500,00   |
|        | Sólidos Totais (mg/L)                         | 2290,25 | 2096,25 | 1000,00  |

Fonte: Autoria Própria

#### 4.2 Análise por parâmetro

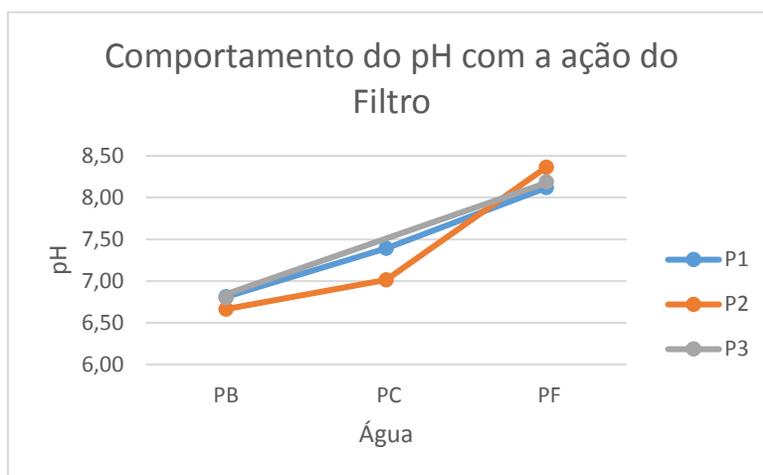
Analisando-se agora os parâmetros de forma geral, pode-se ter uma visão do impacto do filtro em cada poço estudado.

O pH apresentado na Figura 18 foi mais influenciado no Poço 2, em que o tratamento com filtro depois de clorado, o que não aconteceu no poço 3, costuma aumentar o valor do pH.

O pH é um indicador fundamental de controle de desinfecção, pois influencia diretamente na velocidade de reação do cloro na água, por exemplo em pH elevado a cloração perde eficiência (GOMES, 2014).

As águas analisadas se mostraram alcalinas (pH maior que 8), o que é benéfico à saúde humana e possui um poder de hidratação superior às águas de menor pH.

Figura 18 - Comportamento do pH com a ação do Filtro



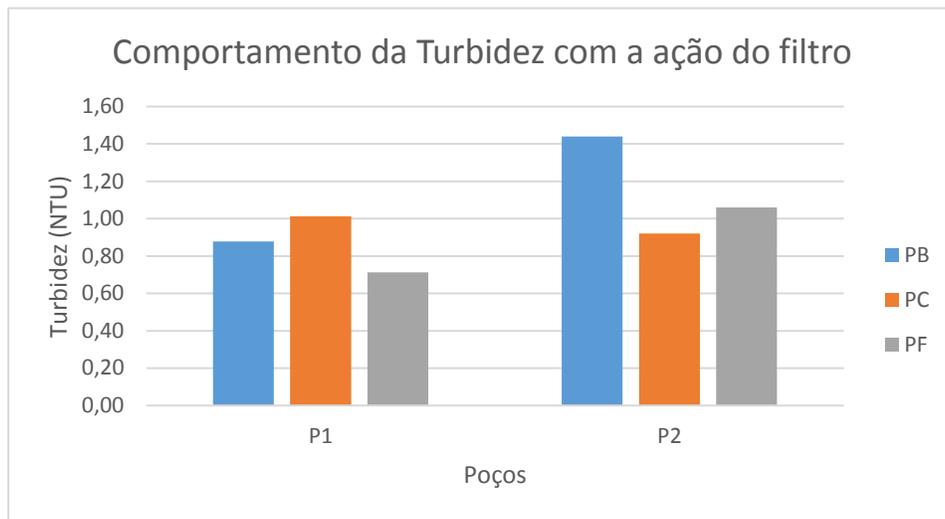
Fonte: Autoria Própria

Na turbidez, o filtro foi mais eficaz no poço 3, já que se tratava de águas mais turvas e com matéria orgânica. Durante as análises em laboratório também foi possível observar que às vezes no tratamento com cloro, a turbidez é elevada, mas após o tratamento com o filtro, ela se recupera e reduz a turbidez da água quando comparada à água bruta coletada. As Figuras 19 e 20 apresentam esse comportamento.

A turbidez está relacionada à presença de material em suspensão na água; também é um indicador de qualidade da água considerado sentinela pela facilidade e agilidade de diagnosticar a situação da água, uma vez que os usos e as fontes de poluição podem causar alterações (GOMES, 2014).

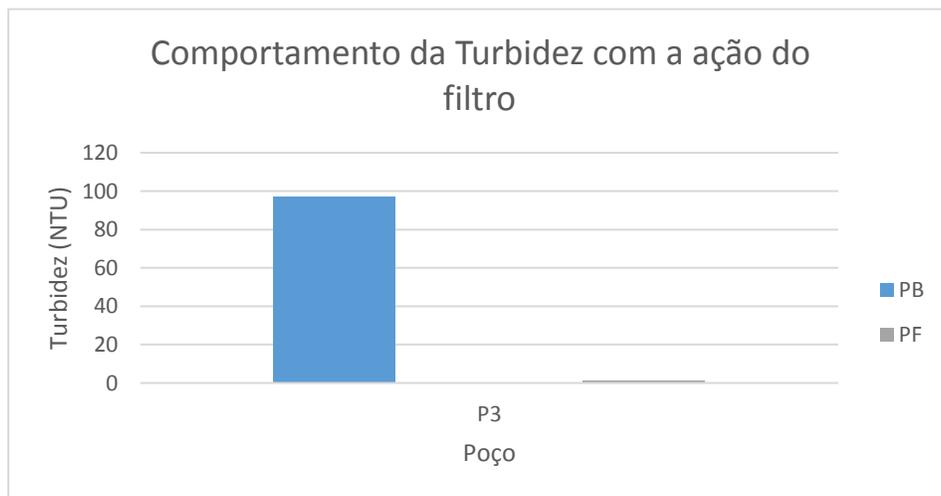
Portanto, as amostras analisadas após o tratamento apresentaram valores de turbidez em conformidade (Tabela 5).

Figura 19 - Comportamento da Turbidez dos poços 1 e 2 com a ação do Filtro



Fonte: Autoria Própria

Figura 20 - Comportamento da Turbidez do poço 3 com a ação do Filtro



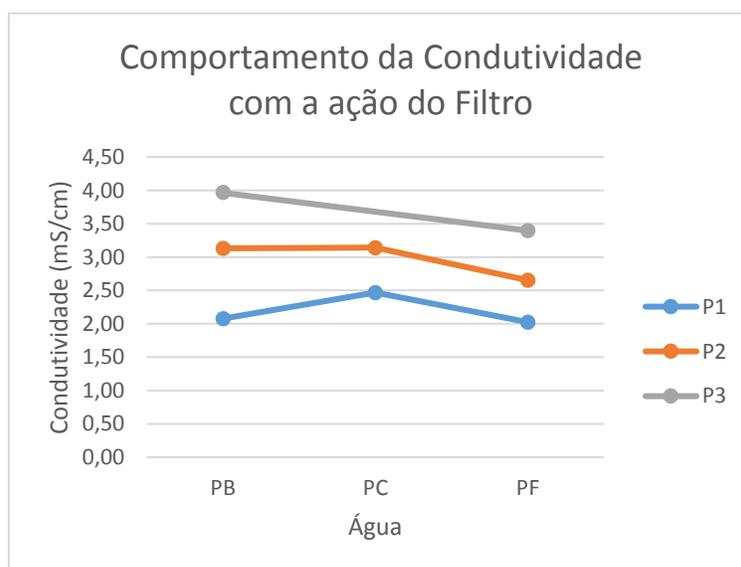
Fonte: Autoria Própria

A condutividade elétrica foi um dos parâmetros que mais chamou atenção no poço 2, evidenciando que com o tratamento proposto, partículas dissolvidas podem ser reduzidas e tornar a água mais pura. No entanto, vale lembrar que esse parâmetro continua fora do estabelecido pela resolução para água potável. A Figura 21 mostra o comportamento da condutividade nos três poços nas fases de tratamento.

Conforme Jesus (2005), valores superiores a 1mS/cm proporcionam um sabor exagerado na água, que a torna “pesada”, segundo a definição popular, no intervalo de 1,5 a 2 mS/cm a água pode ser classificada como salobra. Apesar de a Portaria MS nº 2914/2011 não limitar o valor da condutividade elétrica para o consumo humano, este parâmetro é importante, pois relaciona-se à presença de íons, como o cloreto, que é nocivo a saúde humana.

Todas as amostras possuem valor acima de 1,5 mS/cm, portanto podem ser classificadas como águas salobras segundo Jesus (2005).

Figura 21 - Comportamento da Condutividade Elétrica com a ação do Filtro



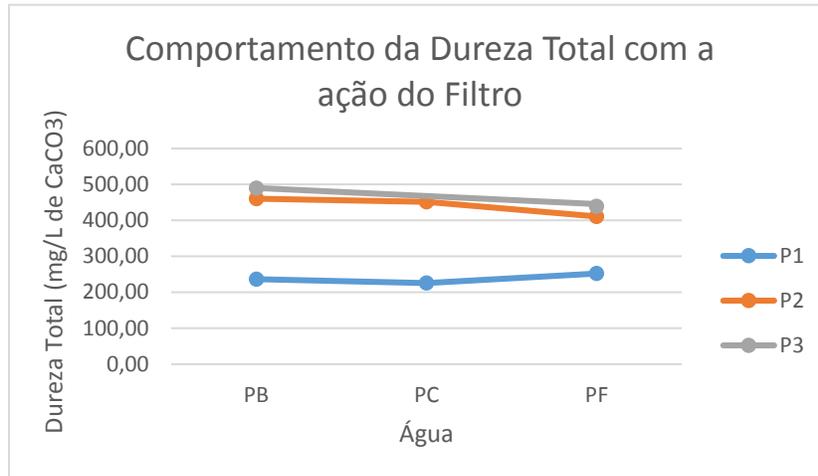
Fonte: Autoria Própria

A dureza total e a dureza relacionada ao cálcio (Figuras 22 e 23) não apresentaram grandes alterações com o tratamento. Pode-se perceber que no poço 3 a presença de cálcio é mais constante, além de ter tido uma melhor eficiência devido à má qualidade da água.

A dureza afeta consideravelmente os usos domésticos, uma vez que as águas duras consomem grande quantidade de sabão e detergentes, dificultando o cozimento dos alimentos e o uso industrial, originando incrustações nas caldeiras, tubagens e

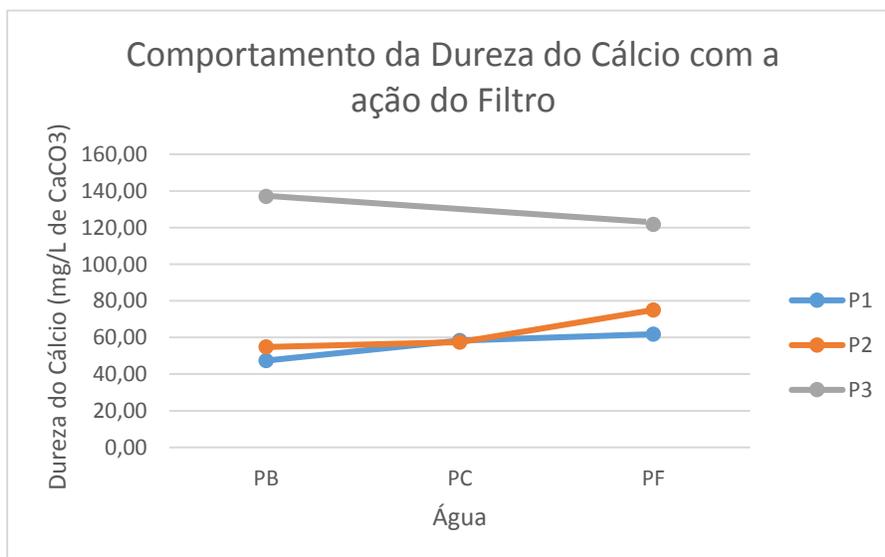
radiadores. Em determinadas circunstâncias, a água dura pode afetar o organismo causando problemas de saúde como cálculos renais (JESUS, 2005).

Figura 22 - Comportamento da Dureza Total com a ação do Filtro



Fonte: Autoria Própria

Figura 23 - Comportamento da Dureza do cálcio com a ação do Filtro



Fonte: Autoria Própria

Para os sólidos totais, o poço 3 foi o que apresentou maior redução neste parâmetro, porém foi também o que obteve maior valor final, visto que em nenhum dos poços a resolução foi atendida, e também devido à qualidade da água. A Figura 24 demonstra o desempenho desse parâmetro nas águas dos três poços, como também nas diferentes fases do tratamento.

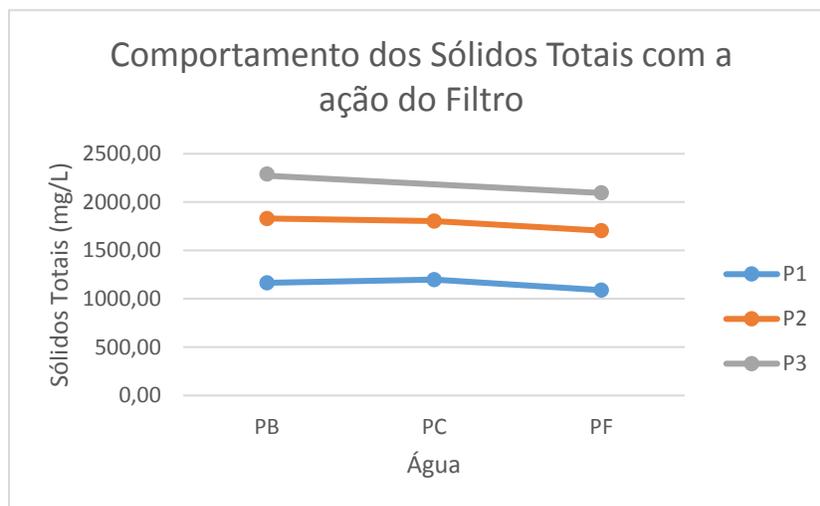
A Resolução CONAMA nº 357/2005 define as águas conforme o parâmetro de sólidos totais dissolvidos como:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰ (500 mg/L);
- Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5‰ (500 mg/L) e inferior a 30‰ (3000 mg/L);
- Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰ (3000 mg/L).

Na região do cristalino nordestino, as águas subterrâneas são normalmente salinas e apresentam valores de sólidos totais dissolvidos superiores a 2000 mg/L em 75% dos casos (REBOUÇAS, 2006).

Portanto, de acordo com esta classificação, as águas dos poços 1, 2 e 3 podem ser denominadas de águas salobras, como já comentado de acordo com a condutividade elétrica.

Figura 24 - Comportamento dos Sólidos Totais com a ação do Filtro



Fonte: Autoria Própria

No que se refere aos coliformes totais, as amostras de água bruta foram coletadas e ensaiadas em laboratório. Em todos os três poços, o resultado foi negativo (Tabela 9), mostrando que as águas desses poços não apresentam contaminação externa, apesar da proximidade com canais urbanos que transportam águas pluviais e residuárias (canal em concreto, evidenciando isolamento do solo).

Tabela 9 - Dados do Ensaio de Coliformes Totais nas amostras de água bruta

| Coliformes Totais |          |
|-------------------|----------|
| PB1               | Negativo |
| PB2               | Negativo |
| PB3               | Negativo |

Fonte: Autoria Própria

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se inferir a partir dos resultados da pesquisa que o filtro necessita de manutenção exigindo que as velas sejam trocadas periodicamente.

Foi possível observar que o parâmetro mais afetado pelo filtro, nas águas dos três poços estudados, foi a turbidez. Enquanto que a dureza basicamente não teve grande alteração pós-passagem da água já clorada pelas velas de carvão ativado e prata coloidal.

A pesquisa mostrou que os Parâmetros mais influenciados pelo tratamento são a turbidez e o pH.

O beneficiamento no pH da água foi em torno de 20%, a condutividade chegou até 15% de melhora, os sólidos totais em torno de 7% de avanço. Já os coliformes totais foram originalmente negativos, assim não se avaliou a influência da filtragem. Quanto a turbidez, apresentou melhorias significativas, chegando a 98,46% onde a água era mais “suja”. As durezas, total e do cálcio, não apresentaram melhoria que tivesse alguma significação.

Nos resultados das análises físico-químicas, os parâmetros pH, turbidez, dureza total e relacionada ao cálcio e coliformes total estão de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria 2914/2011. Entretanto, os resultados dos parâmetros de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos apresentam que todas as amostras analisadas estão acima do valor máximo permitido. Portanto, a água dos poços pode ser considerada imprópria para o consumo humano.

Por fim, chegou-se a uma conclusão de que quanto pior a qualidade da água, mais eficiente deverá ser o filtro, como foi evidenciado a partir das análises apresentadas no texto.

O tratamento proposto na pesquisa torna-se válido para a utilização de águas subterrâneas para outros fins, considerados menos nobres, tais como em usos agrícolas ou industriais.

Futuros estudos acerca da aplicação deste filtro em águas residuárias ou de abastecimento, seriam necessários para obtenção de conclusões mais sólidas acerca da eficiência do filtro manual de velas de carvão ativado e prata coloidal.

## 6. BIBLIOGRAFIA

AB'SÁBER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados, 13 (36), p.07-59, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>>

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Últimos Volumes informados dos açudes**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: Fev. 2018.

AMARAL, A. K. N; BAYER, M. **Vulnerabilidade dos aquíferos da sub-bacia do Rio Vermelho: Aplicação do método GOD**. In: Anais do Simpósio de Sensoriamento Remoto. 2015. João Pessoa. Anais do XVII Simpósio de Sensoriamento Remoto. São Paulo: INPE, p. 7405, 2015. Disponível em: <<https://urlib.net/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/05.31.21.54/capa.htm>>. Acesso em fev. 2018.

ARAÚJO, E.; Rufino, I; Lunguinho, R. **Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite**. 2012.

BARROS, Marcelo B.; RUFINO, Iana A. A.; MIRANDA, Livia I. B. de., 2015. **Mecanismos Poupadores de água como suporte ao planejamento urbano**. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

BAZZOLI, N., 1993. **O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera**. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas. (Mimeo).

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama número 357, 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama número 396, de 3 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas**: orientações aos usuários. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 70 p.

COSTA, W. **Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido Nordeste**. Brasília, Projeto ÁRIDAS–RH, SEPLAN/PR, 1994.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília, DF: Funasa, 2014.

FEITOSA, A. C. F. **Compartimentação qualitativa das águas subterrâneas das rochas cristalinas do Nordeste oriental**. UFPE, Proposta de Tese de Doutorado, 2009.

FEITOSA, A. C. F.; FILHO, M. J; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J, G. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**, 1997.

GOMES, E. C. A. **Avaliação da qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande – PB**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande. 2014.

GUEDES, Maria J. F.; RIBEIRO, Márcia M. R., 2009. **Gerenciamento da demanda de água: proposta de alternativas na escala de uma cidade**. Universidade Federal de Campina Grande. CNPq, Brasil.

HENKER, E.; RODRIGUES, F. S.; COSTA, B. M. da., KEARCHER, J.; MACHADO, E. L. **Água potável com desumidificação do ar e energia solar: adaptação ao stress hídrico no RS.** Eng Sanit Ambient. v.19 n.3. jul/set 2014. 345-352

HIRATA, Ricardo; ZOBY, José L. G.; OLIVEIRA, Fernando R. de., 2010. **Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial.** Águas do Brasil Análises Estratégicas.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Cidades. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250400>>. Acesso em: mar. 2017.

JESUS, I. P. S. de. **Caracterização dos aquíferos em meio cristalino da porção oeste da Bacia do Alto Tietê.** 2005. 224 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotecnia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

LEAL, A. S. **As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos. O Estado das águas no Brasil.** Brasília: ANEEL, 1999. 1 CD-ROM. (Série Estudos e Informações Hidrológicas e Energéticas).

MACÊDO, Jorge A. B. de. **Águas e Águas.** São Paulo: Livraria Varela, 2001.

MEYER, S. T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública.** Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, jan/mar, 1994.

MIERZWA, José C. **Uso racional e reuso como ferramenta para gerenciamento de água e efluentes na indústria: Estudo do caso Kodak Brasileira**. São Paulo: USP, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Águas Subterrâneas, um recurso conhecido a ser protegido**. Brasília, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos – Síntese Executiva**. Brasília, 2006.

NATURALTEC – **Tratamento de Água e Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Filtro-desmi-abrandamento-resinas-troca-ionica.html>>.

Acesso em: 20 mar. 2017.

NEVES, M. A.; MORALES, N. 2006. **Fatores que influenciam a produtividade dos poços nas rochas cristalinas da Bacia do rio Jundiá (SP)**. In. AGAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14, Curitiba, Anais, 17p.

OLIVEIRA, G. P. **O rio e o caminho natural: proposta de canais do São Francisco, aspectos físicos fluviais e dinâmicas políticas no Brasil Império (1846-1886)**. 2015.

REBOUÇAS, A. C. (2006). **Águas subterrâneas**. In: Águas doces no Brasil, 3ª ed. São Paulo – SP. Escrituras Editora, pp 111-144.

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004. 207 p.

REBOUÇAS, A. C.; Braga, Benedito; Tundisi, José G (Org.). **Água Doce no Mundo e no Brasil**. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703p.

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; ALBUQUERQUE, J.P.T. (2012). **Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa – Boqueirão na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos**. In Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, Nov. 2012.

SALVATORI, Rosângela U. **Determinação da presença de Salmonella Sp. em embutidos de carne suína**. 1999. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SANTOS, A. C. **Noções de hidroquímica**. In: FERNANDO, A. C. F.; FILHO, J. E. (Org). Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. 2 ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID – UFPE, 2000. p. 81 – 107.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande, Paraíba: O Autor, 2001.

SOUZA, N. A. de. **Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas – um estudo do aquífero Bauru na zona urbana de Araguari, MG**. 2009. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2009.

SUASSUNA, J; AUDRY, P. - **A Salinidade das Águas Disponíveis para a Pequena Irrigação no Sertão Nordestino: caracterização, variação sazonal e limitações de uso**, CNPq, Recife, junho de 1995, 128 p.

SUASSUNA, J. (1999). **Água Potável no Semi-árido: escassez anunciada**. [http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=736&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=736&Itemid=376). Acessado em março de 2017.

ZOBY, J. L. G. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15, 2008, Natal. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23802/15867>>. Acesso em fev. 2018.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. 1 CD-ROM.