



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**KARLA LUÍSA FEITOSA DE LIRA**

**DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS PARA CONSUMO  
HUMANO**

Campina Grande – PB  
2017

**KARLA LUÍSA FEITOSA DE LIRA**

**DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS PARA  
CONSUMO HUMANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

Campina Grande – PB  
2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L768d Lira, Karla Luisa Feitosa de.  
Dessalinização de águas subterrâneas salobras para consumo humano [manuscrito] : / Karla Luisa Feitosa de Lira. - 2017.  
40 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.  
"Orientação : Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."  
1. Dessalinização. 2. Indicadores microbiológicos. 3. Água subterrânea.

21. ed. CDD 628.167

**KARLA LUÍSA FEITOSA DE LIRA**

**DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS PARA  
CONSUMO HUMANO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Sanitária e Ambiental da Universidade  
Estadual da Paraíba, em cumprimento  
às exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

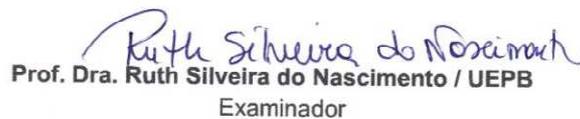
Aprovado em: 06 de dezembro de 2017



**Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira / UEPB**  
Orientadora



**Prof. Dr. Rui de Oliveira / UEPB**  
Examinador



**Prof. Dra. Ruth Silveira do Nascimento / UEPB**  
Examinador

Campina Grande – PB  
2017

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo seu infinito amor, por ter me dado sabedoria, discernimento saúde e por todas as oportunidades. Sem Ti meu Deus eu não sou nada, te amo.

Agradeço pela vida dos meus pais, Aderson Augusto de Lira e Maria Auxilene da Silva Feitosa, por toda dedicação, ensinamentos e amor em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a todos os meus familiares em especial a minha tia Vanda Maria de Lira que, assim como meus pais nunca mediu esforços para me ajudar em todas as situações.

Agradeço aos meus avós por todo carinho.

Ao meu namorado, José Anderson, que também esteve presente em todos os momentos, nesses quase 9 anos de namoro.

A minha professora e orientadora, Celeide Maria Belmont Sabino Meira, por toda experiência a mim transmitida durante todo o curso, foi como uma mãe.

A todos os professores do departamento, em especial, ao professor Rui de Oliveira e a professora Ruth Silveira do Nascimento, por todos os ensinamentos. É incrível a reciprocidade de carinho.

A todas as pessoas envolvidas no Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental pelo aprendizado e momentos de descontração. Vocês foram fundamentais para finalização desse trabalho.

Aos meus amigos de turma que, com certeza, levarei da universidade para a vida.

Agradeço por nesse período eu ter crescido não só profissionalmente, mas também como ser humano.

Enfim, agradeço a todos pelo companheirismo e paciência.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de dessalinização de águas salobras para consumo humano, situada no município de Soledade/PB. Foi feita a caracterização do local a ser monitorado, amostradas 4 pontos (água bruta, água filtrada, água dessalinizada e o rejeito) para a coleta de amostras e posterior análises, sendo analisados os indicadores físico-químicos (pH, temperatura, turbidez, cor, nitrato, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade) e os indicadores microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) no período de julho a novembro de 2017, totalizando em média 20 análises. Os resultados foram comparados com o padrão estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Com relação aos indicadores físico-químicos a cor, a salinidade, o nitrato e os sólidos totais dissolvidos que na água bruta estiveram em desconformidade com a portaria vigente, no entanto, após o processo de dessalinização por osmose reversa estiveram com as concentrações bem abaixo do valor máximo permitido, estabelecido pela portaria, admitindo a eficiência do sistema, no entanto, no que diz respeito aos indicadores microbiológicos os coliformes totais em 10% das análises esteve presente na água tratada, constando segundo a portaria a não conformidade. Segundo a Resolução CONAMA 396/2008, o aquífero de enquadra na classe 3. O resultado dessa pesquisa deve contribuir para a importância da vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.

Palavras-chave: Indicadores físico-químicos. Indicadores microbiológico. Dessalinização.

## **ABSTRACT**

This work aims to evaluate the efficiency of a salable water desalination system for human consumption, located in the municipality of Soledade/PB. Characterization of the site to be monitored, 4 points (raw water, filtered water, desalinated water and tailings) were sampled for sample collection and subsequent analysis. Physical and chemical indicators were analyzed (pH, temperature, turbidity, color (total coliforms and *Escherichia coli*) in the period from July to November of 2017, totaling an average of 20 analyzes. The results were compared to the standard established by Portaria 2,914 / 2011 of the Ministry of Health. Regarding the physical and chemical indicators the color, salinity, nitrate and total solids dissolved in raw water were in disagreement with the current ordinance, however, after the reverse osmosis desalination process, concentrations were well below the maximum allowed value established by the ordinance, admitting the efficiency of the system, however, with respect to the microbiological indicators the total coliforms in 10% of the analyzes was present in the treated water, and according to the ordinance the nonconformity. According to CONAMA Resolution 396/2008, the aquifer falls into class 3. The result of this research should contribute to the importance of monitoring and controlling the quality of water for human consumption.

**Keywords:** Physical-chemical indicators. Microbiological indicators. Desalination.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 2.1</b>	Desenho esquemático dos sistemas de dessalinização adotado pelo.....	15
<b>Figura 3.1</b>	Localização do município e da sede de Soledade.....	23
<b>Figura 3.2</b>	Pontos de coleta.....	24
<b>Figura 3.3</b>	Sistema de filtração.....	25
<b>Figura 3.4</b>	Recipientes para armazenamento da amostra.....	26
<b>Figura 4.1</b>	Gráficos dos dados de Turbidez: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	29
<b>Figura 4.2</b>	Gráficos dos dados de Cor: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	30
<b>Figura 4.3</b>	Gráficos dos dados de Salinidade: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	31
<b>Figura 4.4</b>	Gráficos dos dados de Nitrato: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	32
<b>Figura 4.5</b>	Gráficos dos dados de Sólidos totais dissolvidos: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	33
<b>Figura 4.6</b>	Gráficos dos dados de Condutividade: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	34
<b>Figura 4.7</b>	Gráficos dos dados de Temperatura: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	34
<b>Figura 4.8</b>	Gráficos dos dados de pH: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4).....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b>	Parâmetros analisados e seis respectivos métodos analíticos.....	26
<b>Tabela 4.1</b>	Estatística descritiva dos dados de Turbidez, Temperatura, Cor, pH, Condutividade elétricas e salinidade dos pontos analisados.....	28
<b>Tabela 4.2</b>	Estatística descritiva dos dados de Nitrato e Sólidos totais dissolvidos dos pontos analisados.....	29
<b>Tabela 4.3</b>	Presença/ausência de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> no sistema de tratamento.....	36

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Objetivos .....	10
1.1.1 Objetivo geral .....	10
1.1.2 Objetivos específicos .....	11
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 Disponibilidade e demanda de água no semiárido .....	12
2.2 Reserva de água subterrânea no semiárido .....	13
2.3 Dessalinização de água para consumo humano .....	14
2.4 A resolução CONAMA nº 396/2008.....	16
2.5 Indicadores analisados.....	17
2.5.1 Indicadores físico-químicos .....	17
2.5.1.1 <i>Cor</i> .....	17
2.5.1.2 <i>pH</i> .....	18
2.5.1.3 <i>Temperatura</i> .....	18
2.5.1.4 <i>Turbidez</i> .....	19
2.5.1.5 <i>Nitrato</i> .....	19
2.5.1.6 <i>Condutividade elétrica</i> .....	20
2.5.1.7 <i>Salinidade</i> .....	20
2.5.1.8 <i>Sólidos totais dissolvidos</i> .....	21
2.5.2 Indicadores microbiológicos .....	21
3.0 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	23
3.1 Caracterização da área de estudo .....	23
3.2 Pontos de coleta .....	24
3.3 Coleta e preservação das amostras .....	25
3.4 Métodos analíticos utilizados.....	26
3.5 Análise estatística dos dados .....	27
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.0 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS .....	38

## 1.0 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável, um bem econômico, finita, vulnerável e imprescindível para a sobrevivência e desenvolvimento humano e essencial para a manutenção da vida no planeta Terra. A necessidade do suprimento de água aumenta em regiões com características específicas; como é o caso do semiárido, principalmente nas épocas de estiagens, que faz com que esse bem seja ainda mais escasso. Em todo o mundo, cerca de 768 milhões de pessoas continuam sem acesso à água tratada (WHO/UNICEF, 2013).

A demanda de água de boa qualidade tem sofrido um aumento progressivo, devido ao crescimento populacional cada vez mais acelerado, aliado à intensificação do processo de industrialização e de produção de alimentos, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas que são afetadas pelo aumento de fontes potencialmente poluidoras. Outro fator é a implantação de obras de captação sem critérios técnicos que comprometem o uso sustentável desse recurso.

As águas subterrâneas fazem parte do ciclo hidrológico e se encontram intimamente relacionadas com processos atmosféricos e climáticos, com o regime de águas superficiais de rios e lagos e com as nascentes e as terras úmidas que são por elas alimentadas. A maior parte da água subterrânea vem das chuvas, originadas pela evaporação dos oceanos e mares e o vapor eliminado pelas erupções vulcânicas. As águas subterrâneas representam a parcela da hidrosfera que ocorre na superfície terrestre.

No Brasil, cerca de 35% da população são abastecidos por mananciais subterrâneos, em geral as pequenas cidades. No entanto, os mananciais superficiais são geralmente mais utilizados pela maior facilidade de obtenção da água. Na região do semiárido, em virtude da baixa potencialidade hidrogeológica, é formada por um sistema de aquíferos cristalinos, aliados a algumas características próprias do solo, tais como baixa capacidade de infiltração e armazenamento (CABRAL et al, 2004). O semiárido brasileiro caracteriza-se por baixos índices pluviométricos, altas taxas de evapotranspiração e variação espaço temporal bastante irregular (BEZERRA, 2002). Os aquíferos aluviais, característicos da região semiárida, são a única fonte de abastecimento disponível em pequenas comunidades e se apresentam como alternativa para minimizar os efeitos da seca. Os múltiplos usos da água são o abastecimento para uso doméstico, dessedentação de animais e conservação do

meio ambiente. Outros usos da água que atendem as necessidades dos seres humanos como a agricultura irrigada, para aumentar e garantir a produção de alimentos, indústria, produção de energia elétrica através das hidrelétricas e navegação para transporte de produtos e pessoas. A água utilizada para consumo humano e a dessedentação de animais é considerada prioritária pela lei brasileira, em caso de escassez de água.

A região semiárida do Nordeste do Brasil sofre com os recursos hídricos superficiais escassos, somado com o uso indiscriminado da água e aumento da poluição, que contribui de forma intensa para a degradação da qualidade da água e amplia os problemas ambientais (SILVA et al, 2014). Em consequência dessa problemática, o número de perfurações de poços cresce consideravelmente nessa região; a exemplo do estado da Paraíba com registros de um aumento de 5.728 poços em 2008 para 15.994 poços em 2013, crescimento de 179,2%, enquanto o crescimento nacional de perfurações foi de 56,5% (SIAGAS, 2013). A Paraíba é o terceiro Estado com maior percentual de municípios na região semiárida do Brasil, tendo em vista que possui 76,23% de seus municípios inseridos na porção semiárida (INSA, 2016).

A qualidade das águas da região é salobra e com teores elevados de sais que ultrapassam os valores permitidos pela Organização Mundial de Saúde; restrições que, em parte, explicam o abandono de inúmeros poços públicos e privados. A utilização de águas subterrâneas é de grande importância para o desenvolvimento das atividades econômicas e sociais da região.

Uma alternativa encontrada para favorecer a utilização das águas salobras para o consumo humano é a sua dessalinização por osmose reversa. Esta técnica tem sido muito fomentada no Semiárido brasileiro, tornando-se um importante instrumento para melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes. Por outro lado, muitos desses aparelhos se encontram desativados, por desconhecimento técnico ou por questões econômicas dos usuários (PINHEIRO e CALLADO, 2005).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar a eficiência de sistemas de dessalinização de águas salobras para

consumo humano.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade físico-química da água bruta, da água tratada e do rejeito de um sistema de dessalinização de água subterrânea salobra;
- Avaliar a qualidade microbiológica da água bruta, da água tratada e do rejeito de um sistema de dessalinização de água subterrânea salobra;
- Discutir a conformidade/não conformidade da água tratada.

## 2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Disponibilidade e demanda de água no semiárido

À medida que aumenta a utilização dos recursos hídricos, aumenta também a preocupação com a necessidade de conservação e disponibilidade, tanto em quantidade como em qualidade. O uso consuntivo da água disponível em quantidade segura e qualidade adequada são obtidos através da ativação do potencial com a construção de represas, poços ou quaisquer outros tipos de captação. Porém, a potencialidade de um sistema não pode ser totalmente convertida em disponibilidade, já que deve ser considerado o atendimento da demanda ecológica natural, assim como a ocorrência de perdas.

A disponibilidade pode ser a instalada e a efetiva. A instalada é aquela que corresponde à descarga anual explorada pelos poços em operação existentes na bacia hidrográfica, em regime de bombeamento contínuo; enquanto a disponibilidade efetiva é aquela referente a descarga anual efetivamente bombeada, conforme seja o regime de bombeamento praticado, levando-se em consideração eventuais paralisações que podem ser de curto e longo prazos, planejados ou não (COSTA et al, 2007).

As mudanças climáticas sobre o semiárido constituem-se no maior fator de incerteza quanto à disponibilidade dos recursos hídricos e podem agravar ainda mais o cenário de escassez hídrica que já predomina na região. Além dos fatores naturais que interferem nas mudanças climáticas, a ação do homem tem contribuído para tal escassez, em face do uso indiscriminado de combustíveis fósseis na geração de energia, na construção de reservatórios artificiais e desvio de cursos d'água; assim como na ocupação de espaços tanto para assentamentos urbanos como para a prática da agricultura, que aumentam sobremaneira a demanda por recursos hídricos.

Tendo em vista o aumento da população mundial, a exploração racional e sustentável dos recursos hídricos se torna cada vez mais necessária, principalmente em regiões em que o balanço entre oferta e demanda apresenta-se desequilibrado. Uma das formas possíveis de equacionar este problema é através do uso das águas subterrâneas, como é o caso de muitas bacias hidrográficas do Nordeste Brasileiro.

Com a redução da disponibilidade hídrica, o aproveitamento de águas

subterrâneas torna-se uma das principais alternativas de suprimento para o abastecimento humano nas áreas rurais do semiárido. Segundo o Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil de 2009, a utilização das águas subterrâneas tem crescido substancialmente nas últimas décadas, por possuir elevado potencial para atender as principais demandas da sociedade.

## **2.2 Reserva de água subterrânea no semiárido**

As reservas têm volume muito superior aos volumes de retirada anuais, considerando tanto a água de superfície como a água subterrânea. Na exploração desse recurso hídrico um gerenciamento eficaz é de extrema importância para assegurar não somente a utilização, mas a qualidade dessas reservas, proporcionando a sua sustentabilidade ao longo dos anos e em situações de emergência, como também eventos extremos consequentes de mudanças climáticas.

As reservas renováveis representam o comportamento mediano secular das variações sazonais do nível da água subterrânea produzidas por entradas supostas iguais a saída, ou seja, traduz um estado de equilíbrio dinâmico entre a recarga e a descarga do sistema de aquífero (FEITOSA et al., 2008).

Para Costa et al. (2007), a reserva de água subterrânea não é, em sua totalidade, anualmente renovável, se acha acumulada nos espaços vazios entre os grãos dos minerais formadores das rochas, formando um volume que, embora interaja com o potencial, se mantém constante através dos tempos. É a reserva de água subterrânea. A exploração das reservas destes sistemas não gera impactos ambientais significativos, vez que existe na região semiárida um sistema ecológico naturalmente adaptado à exaustão do potencial de recursos hídricos, superficial e subterrâneo que ocorre no estabelecimento da estação da estiagem; normal ou prolongada (seca) (ALBUQUERQUE, 2004).

Para o autor, o potencial ou reserva reguladora pode ser estimado pela entrada natural do sistema, que é a recarga, e um componente difícil de determinar devido à necessidade do conhecimento do regime da bacia em suas condições naturais; ou pela descarga de base dos rios através de medições registradas nos hidrogramas.

As reservas podem ser de dois tipos:

- Reserva intersticial ou intergranular: se caracteriza por saturar toda a espessura da rocha e cujo volume depende da sua porosidade efetiva, podendo, em parte, ser explorada por poços.
- Reserva sob pressão: o volume acumulado é determinado pelo produto da carga de pressão, área aquífera e coeficiente de armazenamento, podendo ser explorada dentro dos mesmos limites impostos pela relação água subterrânea x água superficial, desde que, pela dimensão da carga hidráulica, contribua com o potencial dos recursos hídricos subterrâneos.

O volume total estimado das águas subterrâneas armazenado na crosta terrestre é de 8 milhões km<sup>3</sup>, que é mais de duas mil vezes o volume de retirada anual atual das águas superficiais e subterrâneas combinados. É um volume considerável e o conhecimento sobre a localização dessas reservas de água doce, assim como da fração de seu estoque que está disponível para ser explorado é imperativo para o uso sustentável desses recursos (MARGAT, 2008).

### **2.3 Dessalinização de água para consumo humano**

O cenário de escassez de água potável enseja a busca incessante para obtê-la por outros meios, que não apenas de suas fontes renováveis convencionais. Além do reuso da água, a dessalinização constitui-se numa técnica que pode utilizar como insumo a água do mar, que está disponível na natureza em quantidades abundantes, e, também, as águas salobras e salinas subterrâneas que existem em quantidades suficientes para atender a demanda de água em determinados locais onde há a ocorrência de baixa disponibilidade de água superficial. A técnica utilizada para reduzir a concentração de sais dessas águas é a dessalinização por osmose reversa que possibilita a utilização para consumo humano.

Na dessedentação humana o uso direto dessas águas também tem sido pouco recomendado visto que causam doenças, como hipertensão e cálculos renais (BRASIL, 2000).

As condições dos poços e a baixa qualidade das águas subterrâneas existentes no semiárido, normalmente salinas e salobras, exigem a utilização de tecnologias que permitam a obtenção de água que seja adequada ao consumo humano e para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas. Reconhecendo

que a região semiárida é uma região que possui elevado estresse hídrico, que exige ações para mitigar os efeitos nefastos sobre as atividades econômicas e sociais, o Governo Federal lançou o Programa Água Doce (PAD) em parceria com diversas instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil. O principal objetivo do programa é estabelecer uma política pública permanente de acesso a água de qualidade para o consumo humano por meio do aproveitamento sustentável de águas subterrâneas, incorporando cuidados ambientais e sociais na gestão de sistemas de dessalinização para atender, prioritariamente, localidades rurais difusas do semiárido brasileiro.

A Figura 2.1 apresenta o desenho esquemático dos sistemas de dessalinização adotado pelo Programa Água Doce.

Figura 2.1 – Desenho esquemático dos sistemas de dessalinização adotado pelo Programa Água Doce.



Fonte: ANA, 2012.

Uma das vantagens da dessalinização é o potencial de produção de água de alta qualidade, pois tem um alto potencial de remoção de numerosas impurezas e produtos indesejados da água, o que pode ser visto como uma grande melhoria sobre outras fontes de água existentes. No entanto, o processo de dessalinização não é isento de riscos, podendo introduzir produtos químicos nocivos e metais na água produzida (COOLEY et al., 2006). Grande parte desta remoção (microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários) é efetuada pelas membranas, no caso das unidades por osmose inversa, já no caso das unidades por destilação é necessário que a água se mantenha por longos períodos a altas temperaturas de forma a eliminar eficazmente os agentes patogênicos (WHO, 2007).

O processo de dessalinização reduz significativamente os sais presentes na água e, de acordo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006) uma água pouco

mineralizada, quando consumida regularmente aumenta o risco de doenças cardiovasculares. No entanto, visto a água poder ser estabilizada com recurso à cal (hidróxido de cálcio) e carbonato de sódio, alguns dos iões necessários são novamente repostos (WHO, 2007).

O processo de dessalinização utilizado no Nordeste tem sido predominantemente de osmose reversa, onde a água salina é forçada a passar por diferentes membranas semipermeáveis, que retêm a maior parte dos íons (CIRILO, 2008).

Segundo Porto et al., (2004), apesar dos dessalinizadores se mostrarem eficazes na melhoria da qualidade da água, alguns problemas ainda precisam ser equacionados, como a destinação do rejeito proveniente da dessalinização, já que este sistema produz em média 50% de água potável e 50% de rejeito salino, com elevada concentração de sais, apresentando baixa qualidade e altos riscos ambientais.

A produção de água dessalinizada é largamente independente de variáveis externas, especialmente as que estão ligadas ao clima, tendo apenas que se garantir a continuação do funcionamento da estação de dessalinização (COOLEY et al., 2006). Entre as tecnologias de dessalinização disponíveis para uso, os processos mais utilizados comercialmente incluem a Osmose Reversa (OR), a Destilação Multiestágios (MSF), a Destilação Multiefeitos (MED) e a Compressão Mecânica de Vapor (MVC). Uma pequena parcela utiliza a Eletrodialise (ED), que tem seu emprego restrito à água salobra de baixo teor salino.

Os concentrados produzidos no processo de dessalinização são um dos aspectos que afetam o ambiente e a vida marinha devido ao seu descarte. A intensidade do perigo associado ao concentrado depende principalmente de sua temperatura, TDS e da densidade. As relações são como segue: quanto maior a temperatura do concentrado, menor o seu impacto; quanto maior a densidade do concentrado, maior o seu impacto; quanto maior o TDS do concentrado, maior o seu impacto. A taxa de recuperação influencia o TDS do concentrado. Quanto maior for a taxa de recuperação, maior será o TDS e, com isso, maiores serão os impactos.

#### **2.4 A resolução CONAMA nº 396/2008**

A resolução CONAMA nº 396/2008 classifica as águas subterrâneas em seis

classes de acordo com o uso a que foram determinadas:

- **Classe Especial:** destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuem diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;
- **Classe 1:** sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- **Classe 2:** sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- **Classe 3:** com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- **Classe 4:** com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;
- **Classe 5:** que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, sólidos Totais dissolvidos – SDT, nitrato e coliformes termotolerantes (CONAMA, 2008).

## 2.5 Indicadores analisados

### 2.5.1 Indicadores físico-químicos

#### 2.5.1.1 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética). Devido à presença de sólidos dissolvidos,

principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. A cor distingue-se entre cor aparente, na qual consideram-se as partículas em suspensão, da cor verdadeira provocada pelas substâncias dissolvidas.

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo e rochas, podendo conferir água uma cor marrom amarelada e causar a repulsa do consumidor. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz.

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o limite de 15 uH, valores acima causa um efeito repulsivo aos consumidores, em geral, o maior problema da cor na água, é o estético.

#### *2.5.1.2 pH*

O potencial hidrogeniônico (pH) nas águas é a medida da concentração dos íons hidrogênio e representa a intensidade de condições ácidas ( $\text{pH} < 7,0$ ), neutras ( $\text{pH} = 7,0$ ) ou alcalinas ( $\text{pH} > 7,0$ ) (HELLER E PÁDUA, 2006). A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e favorecendo no potencial de toxicidade de várias substâncias químicas. Além disso, o pH é um bom indicador para o desempenho de todo o processo de tratamento da água (SILVA; OLIVEIRA, 2001). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais).

#### *2.5.1.3 Temperatura*

A temperatura é uma característica física da água que indica a energia

cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor à massa líquida, além de estar diretamente relacionada à velocidade das reações químicas, à solubilidade das substâncias e ao metabolismo dos organismos presente no ambiente aquático (LIBÂNIO, 2008). Influi nas reações de hidrólise do coagulante, na eficiência da desinfecção, o aumento da temperatura diminui a solubilidade dos gases, bem como interfere na sensação de sabor e odor.

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e, corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

Em relação à água para consumo humano, o padrão de potabilidade brasileiro, Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, não estabelece padrões, porém ela deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros observando-se o comportamento desses associados à temperatura.

#### *2.5.1.4 Turbidez*

A turbidez é uma propriedade ótica da água que causa a dispersão e absorção de um feixe de luz, ao invés de sua transmissão através da água, devido a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas, bactérias e outros micro-organismos, corresponde à principal característica física da água (SILVA; OLIVEIRA, 2001). Podem causar rejeição por parte dos consumidores os quais associam esses materiais à presença de contaminação e conseqüentemente à possibilidade de ocorrência de doenças de veiculação hídrica, assumindo uma função de indicador sanitário.

A Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido de aceitação para consumo humano não deve ultrapassar 5,0 uT.

#### *2.5.1.5 Nitrato*

A preocupação com o aumento nos níveis do íon nitrato na água potável, especialmente em áreas rurais; a principal fonte deste  $\text{NO}_3^-$  é o escoamento que ocorre de terras agrícolas para rios e riachos. Atualmente acredita-se que o cultivo intensivo da terra, mesmo sem a aplicação de fertilizantes ou esterco, facilita a

oxidação para nitrato do nitrogênio reduzido presente na matéria orgânica decomposta no solo pelo efeito da aeração e da umidade (BAIRD, 2002).

O excesso de íon nitrato na água potável constitui um risco para a saúde, visto que pode resultar em metemoglobinemia tanto em bebês recém-nascidos, como em adultos com determinada deficiência enzimática. Podendo também levar a um aumento na incidência de câncer de estômago em seres humanos, uma vez que parte desses íons pode ser convertida em nitrito no estômago (BAIRD, 2002).

As prováveis fontes de nitratos são em decorrência da razão entre o aumento da densidade populacional e a modernização da rede de esgotos, a sobrecarga determinar fugas cada vez maiores de água residuárias, ricas em matérias orgânicas nitrogenada da rede de esgotos permitindo a produção de nitratos na zona insaturada. Sendo solúveis e estáveis, esses nitratos misturam-se à água subterrânea bombeada pelos poços (AYACH, 2007).

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido seja de 10 mg/L.

#### *2.5.1.6 Condutividade elétrica*

A condutividade elétrica corresponde a característica física da água indica sua capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (BRASIL, 2006). Portanto, a condutividade está diretamente relacionada com a concentração de sólidos totais dissolvidos presentes na água e ao teor de salinidade, característica relevante para muitos mananciais subterrâneos.

De acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, não há valores estipulados para condutividade elétrica.

#### *2.5.1.7 Salinidade*

A salinidade das águas naturais está relacionada à presença de sais minerais dissolvidos formados por ânions como cloreto, sulfato e bicarbonato e cátions como cálcio, magnésio, potássio e sódio. A determinação da condutividade elétrica ou concentração de sólidos totais dissolvidos constitui-se como indicador confiável da

salinidade do corpo d'água.

Com vistas ao consumo humano, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução No. 357, de 17 de março de 2005, dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes e classificam as águas quanto ao teor de sais como: água doce (salinidade igual ou inferior a 0,5‰); água salobra (salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰) e água salina (salinidade igual ou superior a 30‰). A redução da salinidade restringe-se ao emprego de unidades trocadoras de íons, osmose inversa ou, para vazões muito baixas, destilação solar.

#### *2.5.1.8 Sólidos totais dissolvidos*

Os sólidos totais dissolvidos é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas na água. É um parâmetro de determinação, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. As substâncias dissolvidas envolvem o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio e íons orgânicos. Contudo, quando presentes em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais.

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido é de 1.000 mg/L.

### **2.5.2 Indicadores microbiológicos**

Os coliformes totais são encontrados no solo e nos vegetais, possuindo a capacidade de se multiplicarem na água com relativa facilidade. São do grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, constituídos por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbio-facultativo, são formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfícies, com propriedades similares de inibição de crescimento. Incluem espécies dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, sendo *Escherichia coli* a principal representante do subgrupo termotolerante, estando constantemente

presente na flora intestinal humana e de animais homeotérmicos (ZULPO et al., 2006).

A *Escherichia coli*, é considerada o indicador mais específico de contaminação fecal e de possível presença de organismos patógenos entéricos na água, tendo origem exclusivamente fecal e capacidade de sobrevivência semelhante às bactérias enteropatogênicas.

A Portaria nº 2.914/11 estabelece que deve haver ausência desse grupo em 100 mL das amostras na saída do tratamento e no sistema de distribuição; em sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes, ausência em 100 mL de 95% das amostras analisadas no mês. Já em sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes apenas uma amostra, entre as examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo, como indicação da adequação da água para consumo humano.

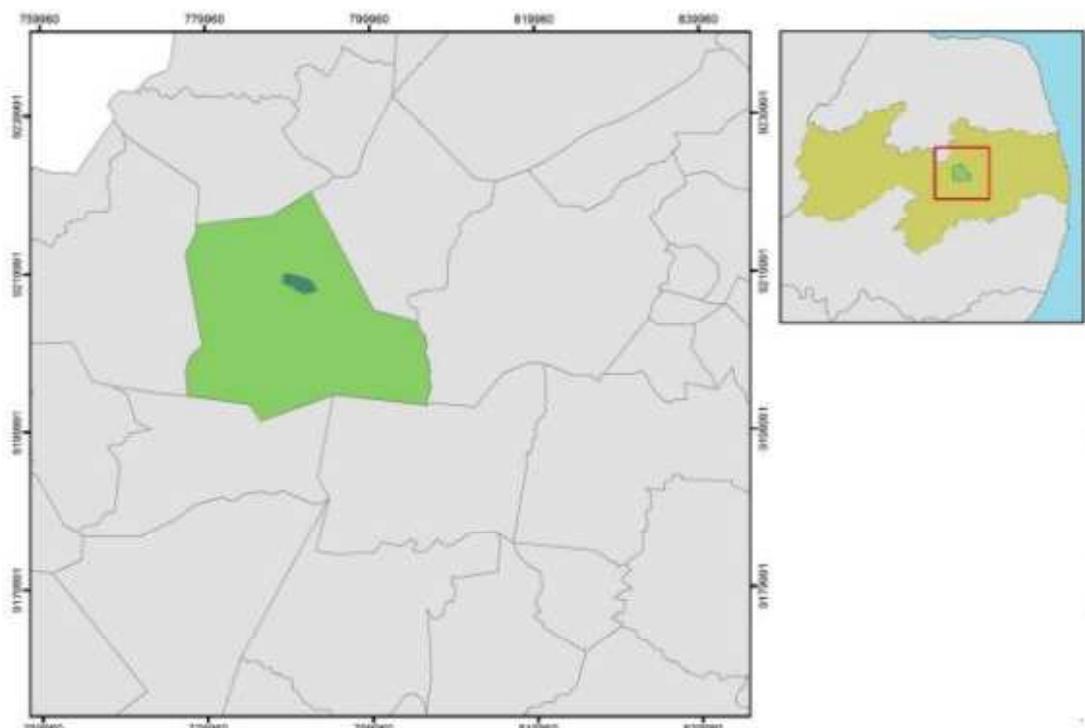
### 3.0 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Soledade (7° 03' 30" Sul 36° 21' 47" Oeste, 521 metros acima do nível do mar), com IDH 0,616 e população de 13.739 habitantes, com área de 560,042 km<sup>2</sup>, densidade demográfica 24,53 (IBGE, 2010), está localizado na microrregião do Curimataú Ocidental (Figura 3.1). A população do município, segundo projeções IBGE, em 2017 é de 14.987 habitantes. Sua localização está as margens da BR-230, situa-se a 187 Km da capital João Pessoa, a 60 Km de Campina grande, maior cidade do interior paraibano.

O município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, sub-bacia do rio Taperoá, de regime intermitente, que nasce na Serra do Teixeira e desemborca no rio Paraíba no Semiárido Paraibano. O abastecimento de água no município é realizado através da linha adutora do cariri de água tratada e, complementado por carro-pipa, manancial superficial e subterrâneo com tratamento simplificado ou sem tratamento, cisternas individuais e por meio de chafariz comunitário.

Figura 3.1 – Localização do município e da sede de Soledade



Fonte: PMSBS, 2015.

Esta pesquisa contempla o estudo de um sistema de abastecimento de água do município de Soledade, situado no estado da Paraíba. A área em estudo é a produção de água potável, através do processo de dessalinização, na sede do município. Formado por um conjunto de poços, onde se tem dois poços perfurados no local e também recebe a contribuição de outro poço na mesma localidade, no entanto, no período das análises o sistema estava recebendo a contribuição apenas de um poço, que capta água 6 horas por dia, perfurado há 3 anos e 6 meses e, há 2 anos utiliza o processo de dessalinização, no qual, 70% da água bruta é convertida em água tratada.

### 3.2 Pontos de coleta

As coletas das amostras de água para as análises foram realizadas no ponto de produção e comercialização, atualmente recebendo contribuição de apenas um poço perfurado no local. As coletas foram realizadas em quatro pontos (Figura 3.2) referentes as quatro fases do processo: água bruta (P1), água filtrada (P2), água tratada (P3) e o Rejeito (P4).

Figura 3.2: Pontos de coleta



O processo de tratamento consiste na passagem da água bruta por um primeiro filtro contendo areia de piscina, em seguida por um filtro contendo areia zeólita e depois por um filtro contendo areia de piscina e carvão ativado (Figura 3.3), após esse processo a água filtrada segue para uma caixa d'água elevada. Por fim, a água passa por um dessalinizador utilizando a osmose reversa e o concentrado para um reservatório inferior. A água tratada parte dela é armazenada em uma cisterna de 50.000 L e, outra parte armazenada em cilindros para ser engarrafada, ambas disponibilizada para ser comercializada na região.

Figura 3.3 – Sistema de filtração



Os dados utilizados para avaliar a qualidade da água foram obtidos a partir de análises realizadas no período de julho a dezembro de 2017. Os indicadores foram escolhidos para caracterizar a água sob a ótica dos riscos físicos, químicos e microbiológicos.

### 3.3 Coleta e preservação das amostras

As amostras foram coletadas manualmente, uma vez por semana, no período de julho a novembro de 2017 sempre pela manhã, entre 8 e 10 horas, totalizando 20 coletas. O líquido era mantido em frascos de polietileno de 500 mL, para as análises físico-químicas, e em frascos de vidro de 500 mL, para as análises microbiológicas (Figura 3.4). Em seguida transportadas para o laboratório da Universidade Estadual da Paraíba, para determinação dos parâmetros as análises foram processadas em triplicata.

Figura 3.4 – Recipientes para armazenamento da amostra



### 3.4 Métodos analíticos utilizados

Os métodos utilizados para realização das análises foram os recomendados pelo Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 2012), em conformidade com a diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2007).

Tabela 3.1 – Parâmetros analisados e seus respectivos métodos analíticos.

<b>Parâmetro (Unidade)</b>	<b>Método</b>
Cor (UH)	Colorímetro
Turbidez (NTU)	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Nitrato ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )	Coluna de redução de Cádmio
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Potenciométrico
Salinidade	Potenciométrico
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Potenciométrico
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Termômetro
Coliformes totais	Substrato cromogênico
<i>Escherichia coli</i>	Substrato cromogênico

### **3.5 Análise estatística dos dados**

Inicialmente, foi elaborado planilhas no Excel, para cada conjunto de três leituras da variável determinada serão estimados os parâmetros descritivos maior e menor valor, média e desvio padrão para todos os indicadores físico-químicos.

Em seguida, foi verificado frequência de conformidade e não conformidade com o padrão de potabilidade com a Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, para todos os parâmetros analisados e classificação de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

#### 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 podem ser observados a estatística descritiva (valores mínimos, máximos, média, desvio padrão) e o número de amostras dos parâmetros analisados.

Tabela 4.1 – Estatística descritiva dos dados de Turbidez, Temperatura, Cor, pH, Condutividade elétricas e salinidade dos pontos analisados

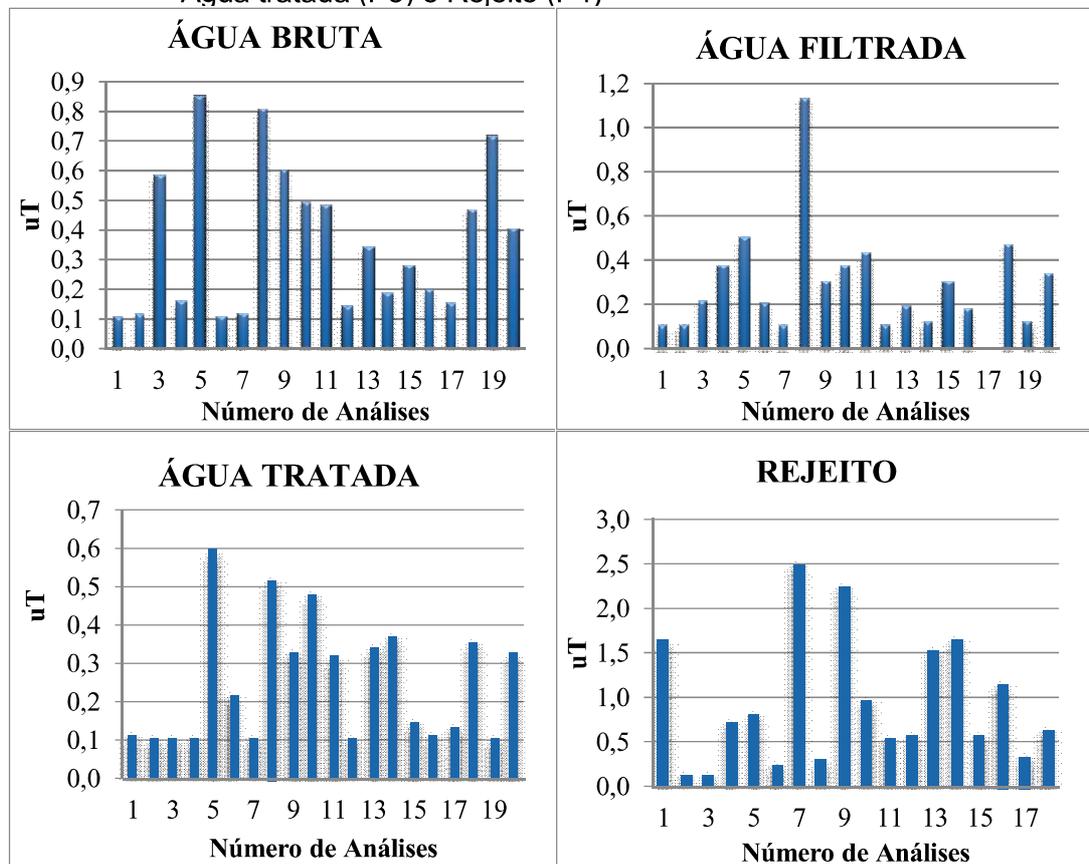
<b>TURBIDEZ (uT)</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	0,10	0,85	0,36	0,25
Filtrada	20	0,00	1,00	0,64	1,68
Tratada	20	0,10	0,69	0,24	0,16
Rejeito	18	0,10	2,48	0,91	0,71
<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	20,0	30,0	26,0	2,38
Filtrada	20	20,5	29,0	26,0	1,94
Tratada	20	22,0	29,0	26,0	2,06
Rejeito	18	21,0	28,8	26,0	2,02
<b>COR (uC)</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	0,53	17,86	4,24	4,11
Filtrada	19	0,33	18,90	4,27	4,85
Tratada	20	0,10	4,73	1,25	1,42
Rejeito	18	2,53	21,90	7,30	4,24
<b>pH</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	7,4	7,8	7,5	0,11
Filtrada	19	7,3	7,7	7,5	0,15
Tratada	20	6,2	7,4	6,7	0,33
Rejeito	18	7,2	8,1	7,7	0,20
<b>CONDUTIVIDADE (mS/cm)</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	12,32	15,84	14,16	1,03
Filtrada	19	0,72	15,92	11,57	5,86
Tratada	20	0,01	0,37	0,13	0,14
Rejeito	18	11,60	32,76	23,12	4,60
<b>SALINIDADE (‰)</b>	<b>Nº Amostras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Bruta	20	7,10	9,18	8,19	0,64
Filtrada	19	0,40	9,20	6,68	3,43
Tratada	20	0,00	0,20	0,04	0,07
Rejeito	18	6,73	20,56	13,98	3,02

Tabela 4.2 – Estatística descritiva dos dados de Nitrato e Sólidos totais dissolvidos dos pontos analisados

NITRATO (NO <sub>3</sub> -N)	Nº Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Bruta	20	3,05	11,10	6,01	2,11
Filtrada	19	1,03	11,13	5,09	2,96
Tratada	20	0,40	2,30	0,92	0,41
Rejeito	18	4,63	17,83	11,02	3,61
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L)	Nº Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Bruta	20	6890	8955	7970,58	628,256
Filtrada	19	34,33	8986,67	6496,44	3339,74
Tratada	20	5	180,33	60,86	66,51
Rejeito	18	6470	18605	13080,8	2639,13

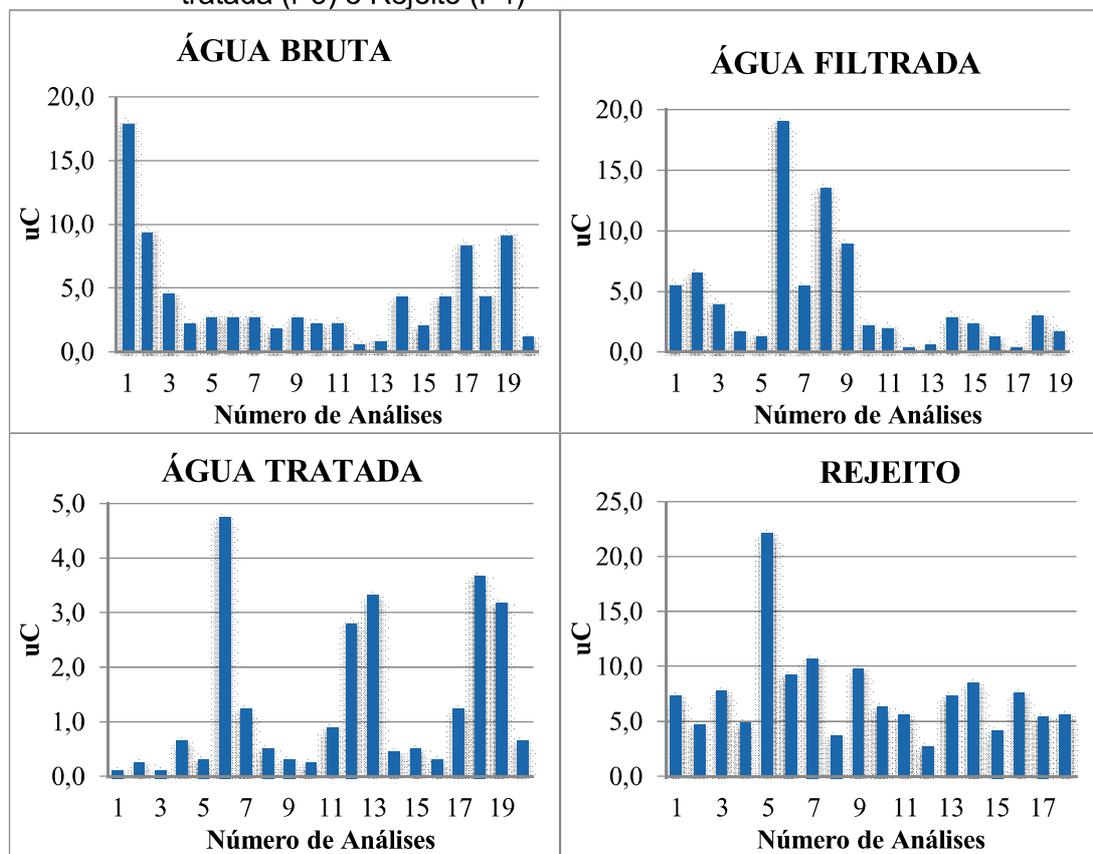
O parâmetro turbidez, em todos os pontos analisados (Água bruta, Água filtrada, Água tratada e Rejeito), esteve sempre abaixo do valor máximo permitido (5,0 uT) pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Figura 4.1), não sendo portanto detectado violações.

Figura 4.1 – Gráficos dos dados de Turbidez: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



Para o parâmetro cor a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que para consumo humano os valores não devem ultrapassar 15 UH. Deste modo, foi verificada a ocorrência de não conformidade em apenas uma amostra para água bruta, filtrada e o rejeito (Figura 4.2). As demais análises se mantiveram em conformidade, inclusive a tratada com valores mínimo e máximo, 0,53 e 4,73, respectivamente.

Figura 4.2 – Gráficos dos dados de Cor: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



A Resolução CONAMA 357/2005, dispõem sobre a classificação dos corpos de água quanto ao teor de sais. Nos pontos analisados, exceto água tratada (Figura 4.3), evidencia-se a salinidade com valores superior a 0,5% e inferior a 30%, a água bruta com valores mínimo e máximo, 7,10 e 9,18, respectivamente. Portanto, pertencendo a classe das águas salobras, devido principalmente as características do solo, condições climáticas e o manejo de irrigação e da drenagem.

Para o nitrato a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido seja de 10  $\text{NO}_3^- - \text{N}$ , para consumo humano. Na água

bruta e água filtrada em apenas duas análises o valor máximo permitido foi extrapolado, no entanto, o rejeito com valores mínimo e máximo, 4,63 e 17,83, respectivamente, em mais de 50% das análises o valor permitido foi violado (Figura 4.4).

Figura 4.3 – Gráficos dos dados de Salinidade: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)

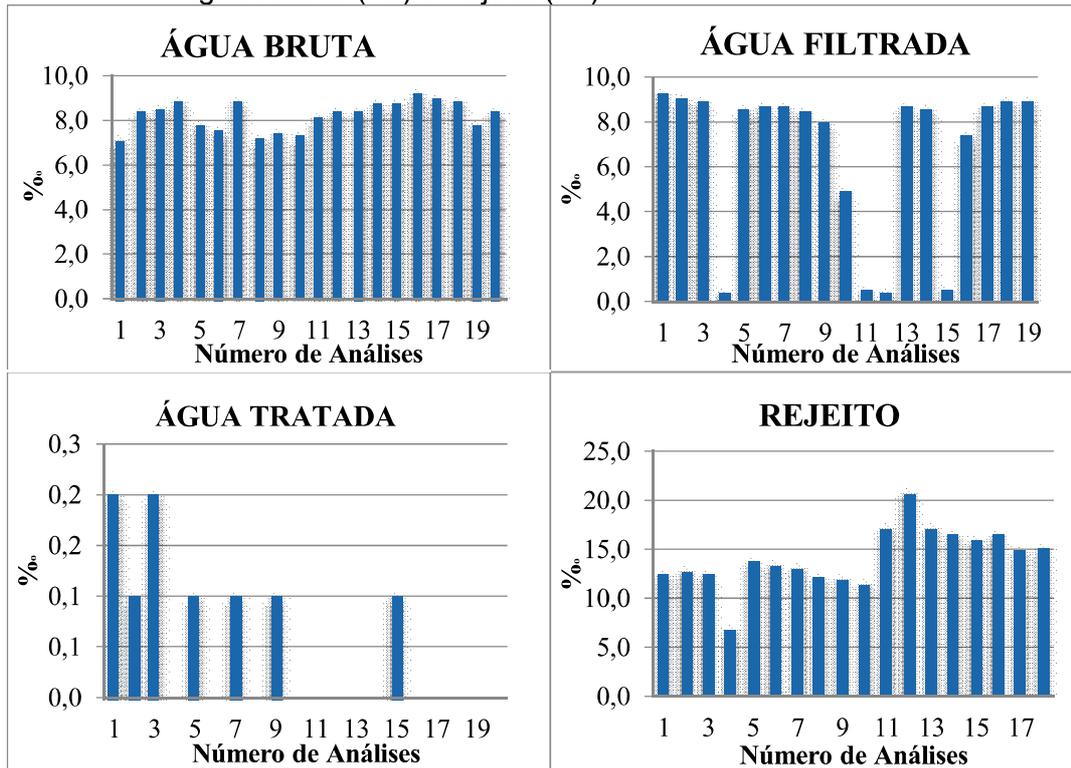
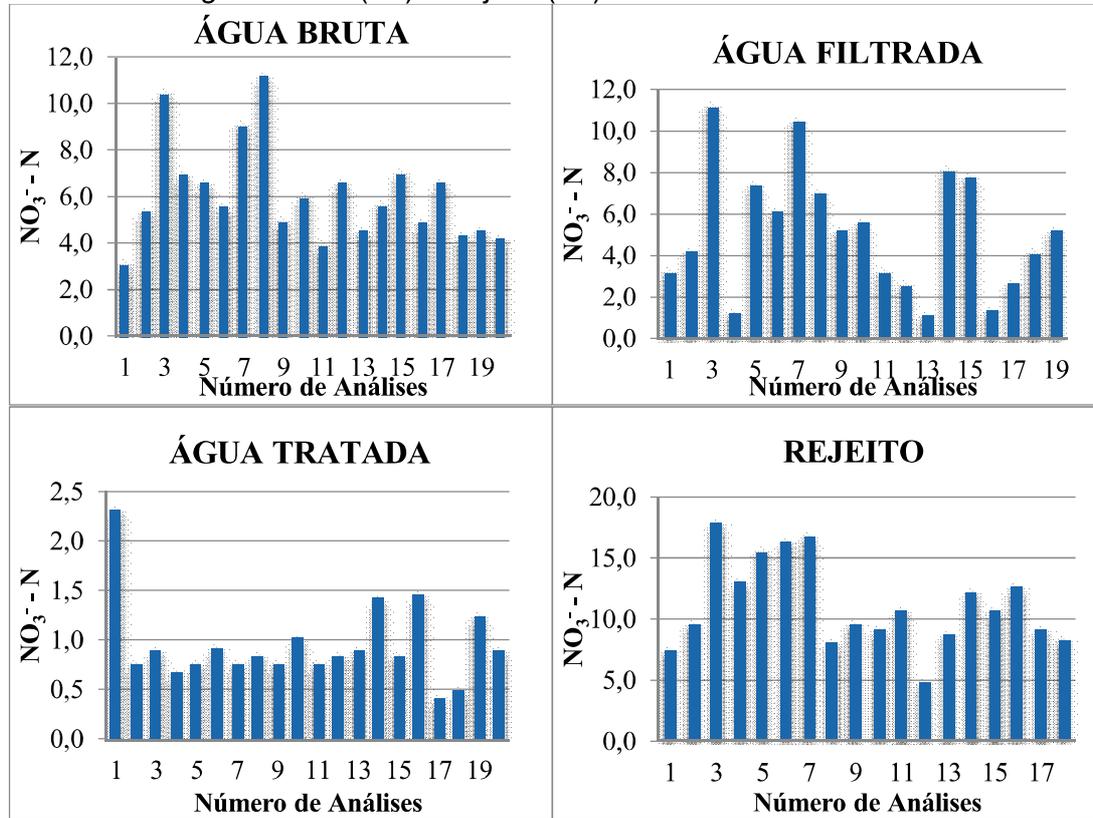
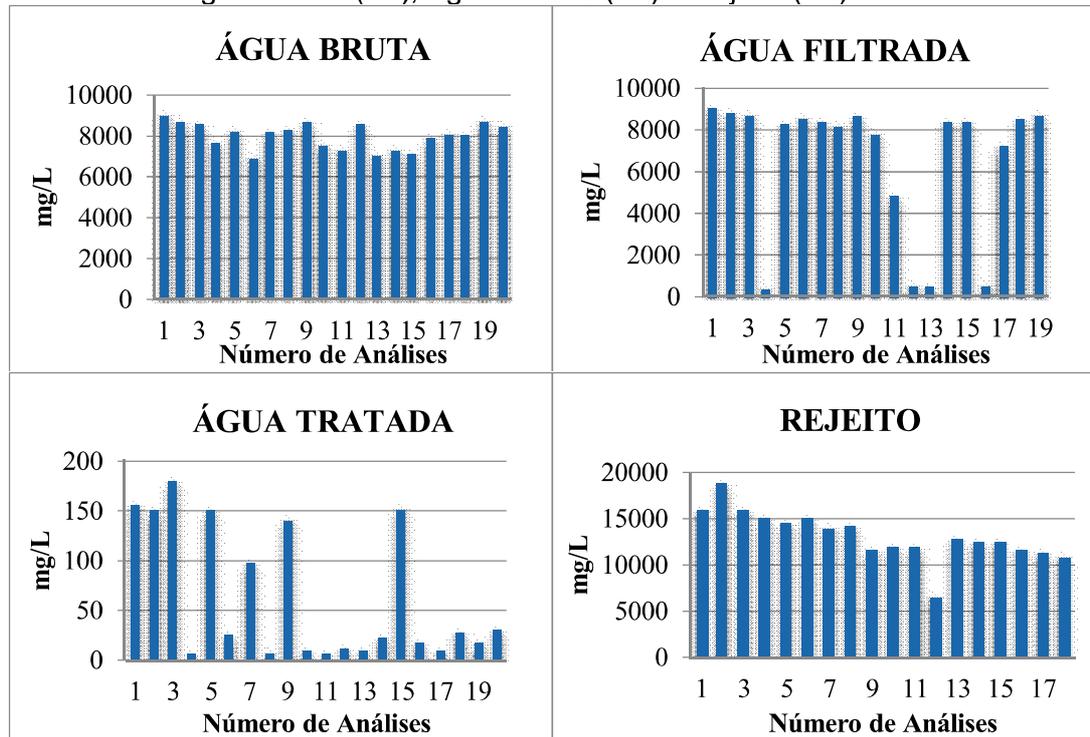


Figura 4.4 – Gráficos dos dados de Nitrato: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece para Sólidos totais dissolvidos o valor máximo permitido de 1.000 mg/L, no entanto, apenas a água tratada esteve em conformidade em todas as análises, os demais pontos em quase 100% das análises estiveram em desconformidade, a água bruta com valores mínimo e máximos, 6890 e 8955, respectivamente (Figura 4.5). Devido a retroalagem utilizando água tratada, afim de prolongar a eficiência das membramas, verifica-se que em 4 análises da água filtrada os sólidos totais dissolvidos estiveram abaixo do valor máximo permitido.

Figura 4.5 – Gráficos dos dados de Sólidos totais dissolvidos: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



Devido aos altos valores de sólidos totais dissolvidos, ultrapassando o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e, em função da presença dessas substâncias dissolvidas, a condutividade (Figura 4.6) indica maior capacidade de transmitir corrente elétrica, ou seja, a condutividade está diretamente relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos na água. Representa uma medida indireta da concentração de sais solúveis. A água bruta com valores mínimos e máximo, 12,32 e 15,84, respectivamente, enquanto que a água tratada com valores mínimos e máximo, 0,01 e 0,37, respectivamente.

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, não estabelece valores máximos permitidos para a temperatura, no entanto, deve ser associada com outros parâmetros. Na Figura 4.7, nota-se que não houve variações significativas entre os pontos analisados, com média de 26,0 °C, em cada ponto.

Figura 4.6 – Gráficos dos dados de Condutividade: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)

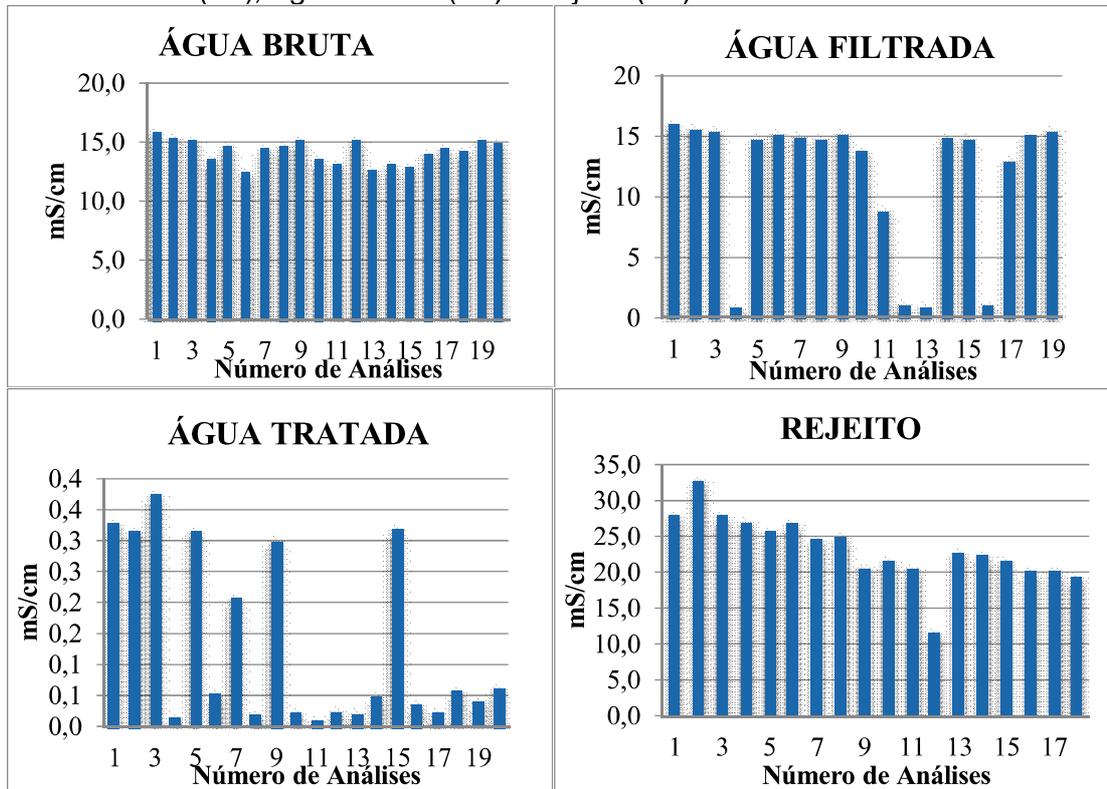
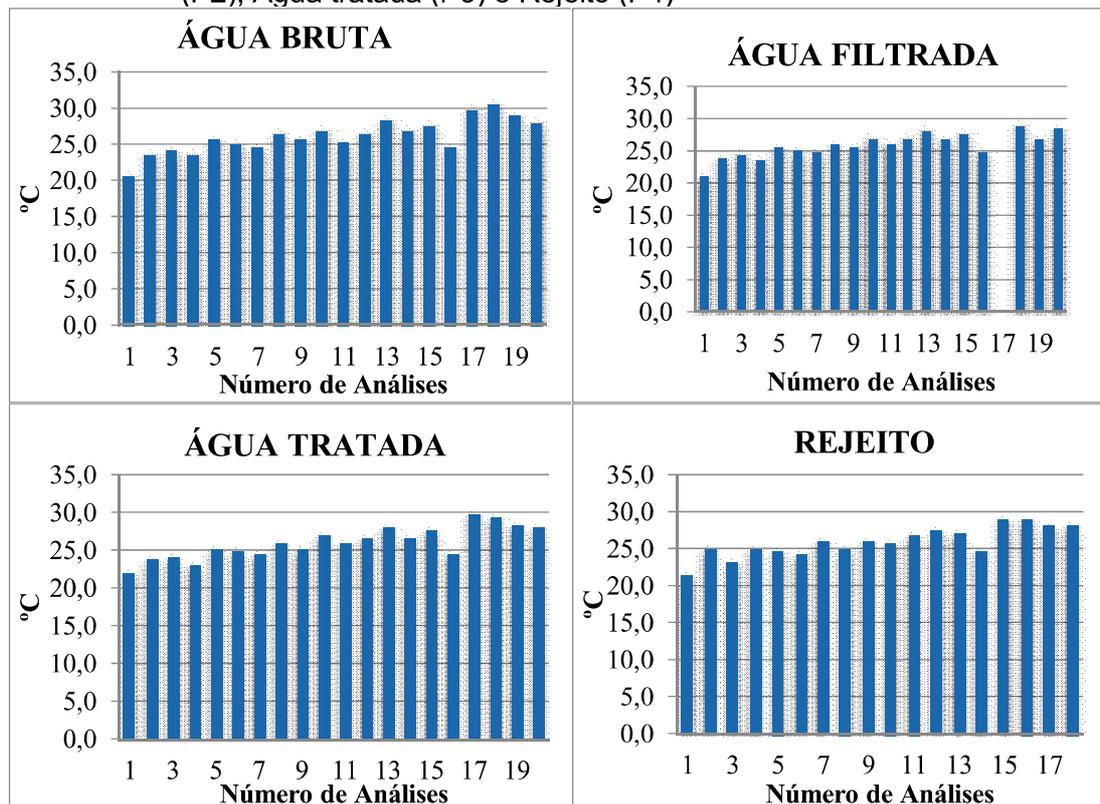
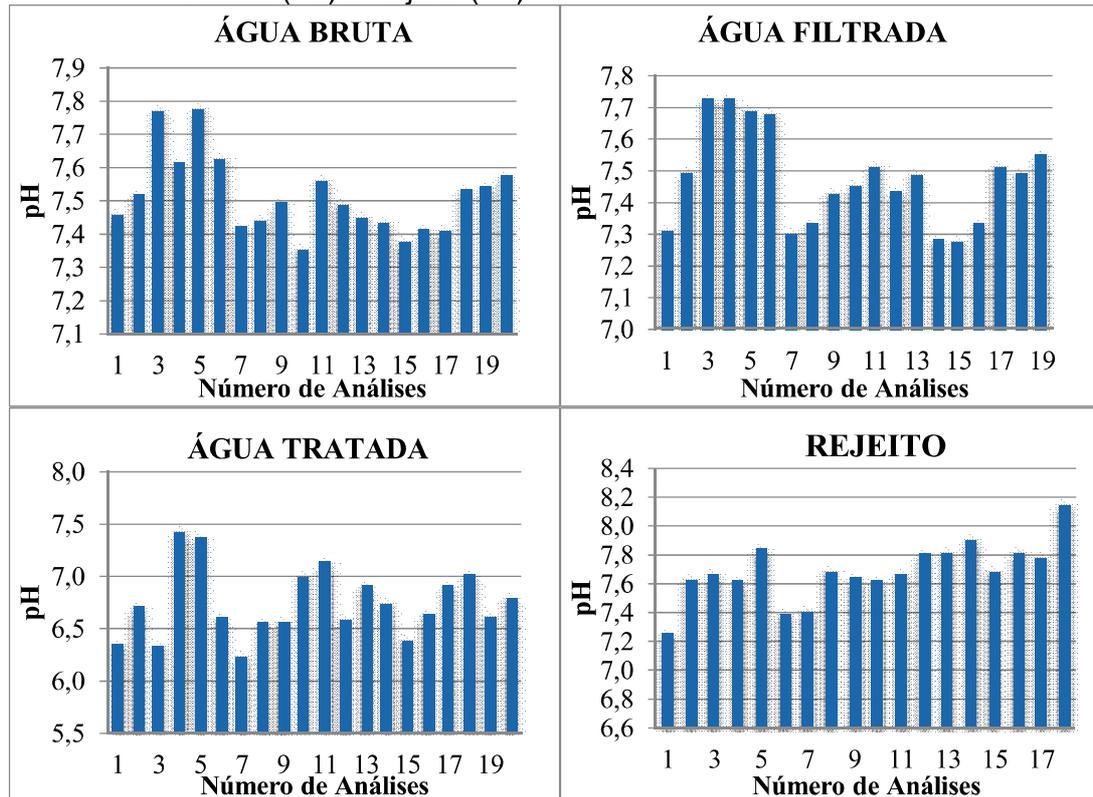


Figura 4.7 – Gráficos dos dados de Temperatura: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



A Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que o pH esteja entre a faixa de 6,0 a 9,5. Os valores do pH se manteve na média de 7,35, ou seja, em nenhuma das análises o valor admitido pela Portaria foi violado (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Gráficos dos dados de pH: Água bruta (P1), Água filtrada (P2), Água tratada (P3) e Rejeito (P4)



A influência da temperatura no pH, implica dizer que as variações de temperatura alteram a neutralidade da água, fazendo com que o pH inevitavelmente mude. A água pura, por exemplo, possui um pH de exatamente 7 apenas a 25°C. Conforme a temperatura da água aumenta, o pH diminui, pois devido ao aquecimento as moléculas tendem a ser quebradas em seus constituintes, hidrogênio e oxigênio. Desta forma, produzindo mais hidrogênio, resultando na diminuição do pH da água.

Na Tabela 4.1 pode ser observado os resultados de presença (P) e ausência (A) dos parâmetros microbiológicos, coliformes totais e *E. coli*, nas amostras analisadas e os níveis de conformidade com os respectivos padrões de potabilidade, com destaque para a elevada não conformidade da água bruta, atribuídas a ações antrópicas. O padrão de potabilidade, ora em vigor no Brasil, estabelece o padrão de

ausência de coliformes totais em 95% das amostras monitoradas e de ausência de *Escherichia coli* em 100% dessas amostras. A água tratada em desconformidade, tendo em vista que em 10% das análises houve presença de coliformes totais.

Tabela 4.3 – Presença/ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* no sistema de tratamento.

Amostra	Água Bruta		Água Filtrada		Água Tratada		Rejeito	
	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC
1	P	A	P	A	A	A	P	A
2	P	A	P	A	A	A		
3	P	P	P	P	A	A	P	A
4	P	P	A	A	A	A	P	A
5	P	P	P	P	P	A	P	A
6	P	A	P	A	A	A	P	A
7	P	A	P	A	A	A	P	A
8	P	A	P	A	A	A	P	A
9	P	A	P	A	A	A	P	A
10	P	A	P	A	A	A	P	A
11	P	A	P	A	P	A	P	A
12	P	P	P	P	A	A	P	A
13	P	P	P	A	A	A	P	P
14	P	P	P	A	A	A		
15	P	P	P	A	A	A	P	A
16	P	P	P	A	A	A	P	P
17	P	A			A	A	P	A
18	P	A	P	A	A	A	P	A
19	P	A	P	A	A	A	P	A
20	P	P	P	A	A	A	P	A
<b>% NC</b>	<b>100%</b>	<b>45,0%</b>	<b>94,73%</b>	<b>15,79%</b>	<b>10%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100%</b>	<b>11,11</b>

## 5.0 CONCLUSÕES

Em relação aos indicadores físico-químicos a turbidez e o pH estiveram sempre dentro dos padrões da normalidade, no entanto, cor, nitrato e sólidos totais dissolvidos estiveram em desconformidade com a norma vigente. A água bruta proveniente de aquífero salobro devido as concentrações de sais.

Em relação aos indicadores microbiológicos, os coliformes totais e a *Escherichia coli*, estiveram presentes nas amostras, contrariando a norma que admite 5% de presença dos coliformes totais e ausência da *Escherichia coli*.

Após o processo de filtração e dessalinização, os valores diminuíram, se adequando ao valor de potabilidade, mostrando-se bastante eficiente, porém deixa a desejar quanto aos coliformes totais que, apresentaram 10% de presença nas amostras analisadas.

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que a água tratada está imprópria para consumo humano. Sugere que se faça mais análises para detectar a presença ou não, tendo em vista que pode ocorrer alguma contaminação no processo de tratamento e armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. do P. T. **Sustentabilidade de aquíferos. Mesa redonda. Tema: Sustentabilidade de aquíferos.** In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís-MA, 2004.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22<sup>th</sup> ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012.
- AYACH, L. R. PINTO A. L.; CAPPI, N. Concentrações de Nitrato nas Águas Freáticas da Cidade de Anastácio (MS) e suas Implicações Ambientais. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.2, n.2, 2007.
- BAIRD, C. **Química Ambiental.** 2 ed. Bookman. Porto Alegre – RS, 2002.
- BEZERRA, N. F. Água no semiárido nordestino experiências e desafios. In: **Água desenvolvimento sustentável no semiárido.** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série debates, n. 24, 169p, 2002.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria Nº 1.469, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- CABRAL, J. J. S. P; FERREIRA, J. P. C. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA, W. D. 2004. **Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2004.
- CIRILO, J.A. Integração das águas superficiais e subterrâneas. In: CIRILO, J.A.; CAMPELO NETO, M.S.; MONTENEGRO, S.M.G.L. (Org.). **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2008.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 357**, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº. 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

COOLEY, H.; GLEICK, P. H.; WOLFF, G. **Desalination with a grain of salt: a California perspective**. California: Pacific Institute, 2006.

COSTA, W. D.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. de; BRANCO, R. L. DE C.; MARANHÃO, C. M. L.; GOLDFABER, M. **Estudo de caracterização e verificação da disponibilidade hídrica da vertente litorânea do estado da Paraíba. Estudos Hidrogeológicos**. Relatório Final, Tomo I – Texto. Ministério da Interação Nacional, 2007.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Fortaleza: CPRM / LABHID - UFPE, 2008.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250770>>. Acessado em: 25 de outubro de 2017.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. 2010. Disponível em: [http://www.insa.gov.br/censosab/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&Itemid=94](http://www.insa.gov.br/censosab/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=94). Acesso em: 25 de outubro de 2016.

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

MARGAT, J. **Les eaux souterraines dans le monde**. Paris: BGRM/Editions UNESCO, 2008.

OMS.- Organização Mundial da Saúde. **Trabalhando juntos pela saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

PINHEIRO, J. C. V.; CALLADO, S. M. G. Avaliação de desempenho dos dessalinizadores no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v.36, n.1, p.43-59, 2005.

PORTO, E. R.; BRITO, L. T. L.; SOARES, J. M. Influência no solo da salinidade do rejeito da dessalinização usado para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABAS, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOLEDADE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Soledade**. Soledade: Prefeitura Municipal de Soledade, 2015.

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. **Banco de dados**

2013. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_coordenada.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_coordenada.php)>. Acesso em abr. 2017.

SILVA, M. B. R.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, T. L. B. Análise da degradação ambiental do alto curso da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. **Boletim Goiano de Geografia**. (Online). Goiânia, v. 34, n. 1, p. 35-53, jan./abr., 2014.

SILVA; S. A.; OLIVEIRA, R. de. **Manuel de análise físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. O autor: Campina Grande, 2001.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality [electronic resource]: incorporating first addendum**, vol. 1, Recommendations. 3rd ed. Geneva: WHO, 2006.

WHO. **Desalination for Safe Water Supply, Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination**. Geneva, Switzerland: WHO, 2007.

WHO/UNICEF. **Progresso n Sanitation and Drinking-water**. New York, WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, 2013.

ZULPO, D. L.; PERETTI, j.; ONO, L. M.; GARCIA, J. L. Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 107-110, jan./mar., 2006.