



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS**

**ADRIANO MARQUES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DIFUSA EM TRECHOS FLUVIAIS  
URBANOS NOS MUNICÍPIOS DE SÃO JOÃO DO CARIRI E SUMÉ,  
ESTADO DA PARAÍBA.**

**SUMÉ - PB  
2021**

**ADRIANO MARQUES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DIFUSA EM TRECHOS FLUVIAIS  
URBANOS NOS MUNICÍPIOS DE SÃO JOÃO DO CARIRI E SUMÉ,  
ESTADO DA PARAÍBA.**

**Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.**

**Área de Concentração: Ciências Ambientais.**

**Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.**

**Orientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.**

**SUMÉ - PB  
2021**



S237a Santos, Adriano Marques dos.

Avaliação da poluição difusa em trechos fluviais urbanos nos municípios de São João do Cariri e Sumé, Estado da Paraíba. / Adriano Marques dos Santos. - 2021.

94 f.

Orientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Sub-bacia do Rio Paraíba. 2. Trechos fluviais urbanos - poluição. 3. Aquíferos fluviais. 4. Poluição difusa – trechos fluviais. 5. Análise físico-química da água. 6. Despejo de efluentes – trechos fluviais. 7. Efluentes – despejo em rios. 8. Parâmetros de qualidade da água bruta. 9. Projeto BRAMAR. 10. Rios intermitentes. 11. Aquíferos aluviais. 12. Rio Sucurú. 13. Rio Taperoá. 14. Contaminação das águas. 15. Águas brutas. 16. Sub-bacia do Rio Sucurú. 17. Sub-bacia de São João do Cariri. I. Alcântara, Hugo Morais de. II. Título.

CDU: 556.531(043.2)

**ADRIANO MARQUES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DIFUSA EM TRECHOS FLUVIAIS  
URBANOS NOS MUNICÍPIOS DE SÃO JOÃO DO CARIRI E SUMÉ,  
ESTADO DA PARAÍBA.**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara  
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.  
Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professora Dr. Laércio Leal dos Santos.  
Examinador Externo – UEPB**

**Trabalho aprovado em: 31 de março de 2021.**

**SUMÉ - PB**

À minha família. Capítulo à parte.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara, agradeço inicialmente pela didática a qual nos foi passado o conteúdo essencial, conhecimento, gestão, pela contribuição ao portfólio de pós-graduação de nossa instituição e à nossa região, pela generosa paciência, pelo aporte material e pela contribuição ao meu crescimento profissional como servidor público.

À Norma Maria Lima de Oliveira pela ajuda mais que oportuna (pois quem a conhece não poderia esperar diferente), por sua contribuição profissional da maior confiabilidade no laboratório e como amiga incentivadora sempre.

À banca em nome de Professor Dr. Paulo Medeiros (competente professor e colega de trabalho) e Professor Dr. Laércio Leal, que representa a instituição que me graduei e que guardo um saudoso carinho, pela disponibilidade, que muito me honra, em tempo exíguo, em avaliarem este trabalho.

À Professora Ilza Maria do Nascimento que, com apoio e de uma forma muito solícita, nos cedeu espaço em laboratório de sua responsabilidade, junto com seus orientandos Maria José e Mayk Bezerra, que também contribuíram em algum momento para que pudéssemos desenvolver a pesquisa.

A todos os professores do Programa que deixaram suas contribuições com profissionalismo e generosidade.

Aos meus colegas de mestrado, técnicos, servidores de apoio e a todos aos quais em algum momento me lembrarei.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional, em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, a quem agradeço por todo apoio técnico científico aportado até o momento.

Também estendo os agradecimentos a Universidade Federal de Campina Grande e ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido.



Estrada, poeira, estrela, luar  
Caminho da vila de Taperoá  
Na baixa do rio, o solo rachou  
E o leito vazio que o sol ressecou (...)

*(Barca dos Corações Partidos). O Auto do  
Reino do Sol – Ariano Suassuna*

## RESUMO

Na região do semiárido brasileiro um dos desafios do gerenciamento integrado dos recursos hídricos é proporcionar a oferta de água com qualidade adequada a um determinado uso, haja vista o aumento do despejo de cargas poluidoras pontuais e difusas em mananciais, associados a elevação da taxa de crescimento populacional e ao risco de escassez hídrica. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a poluição difusa por meio da análise de parâmetros da água bruta, em dois trechos de aluviões, dos rios intermitentes Taperoá e Sucurú, localizados em sub-bacias do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. No ano de 2020, foram realizadas visitas de campo, seleção dos pontos amostrais e identificação das fontes pontuais e difusas de poluição, a montante, *in situ* e a jusante dos núcleos urbanos dos municípios de São João do Cariri e Sumé, estado da Paraíba, além de análises físico-químicas da água para comparação com os dados obtidos pelo projeto BRAMAR, na área do perímetro irrigado de Sumé. Os resultados obtidos por meio de análise dos parâmetros de qualidade da água bruta, permitiram confirmar o efeito da poluição pontual e difusa gerada por empreendimentos produtivos regulares e clandestinos, como abatedouro de aves e de bovinos, áreas agrícolas e de uso para pecuária de baixo rendimento, associado aos impactos ambientais do uso e ocupação do solo não planejado, além de significativas alterações em relação aos valores máximos permitidos preconizados na legislação pertinente. As águas brutas presentes nos aquíferos aluviais das sub-bacias do rio Sucurú e do rio Taperoá, só podem ser utilizadas com segurança, obedecendo o que dispõe a Resolução CONAMA nº 357/2005, para usos menos exigentes, haja vista que a obediência dos parâmetros para classes menos restritivas, pode tornar inviável técnica e economicamente a sua aplicação pelos gestores locais, sem que previamente sejam implantadas ações de tratamento de resíduos adequadas, considerando o novo marco legal do saneamento brasileiro, de fiscalização e de educação ambiental.

**Palavras-chave:** Sub-bacia do rio Paraíba. Aquíferos aluviais. Parâmetros de qualidade.

## ABSTRACT

In the Brazilian semiarid zone, one of the challenges of integrated water resources management is to provide the water supply with adequate quality for a given use, knowing the increase in the discharge of point and diffuse pollution loads in water sources, associated with the increase in the population growth rate and the risk of water scarcity. The present work aimed to evaluate diffuse pollution by analyzing raw water parameters in two streams of intermittent alluvial rivers Taperoá and Sucurú, located in sub-basins of the high course of the Paraíba river basin. Field visits were made to select the collection points for raw water samples and to identify point and diffuse sources of pollution, upstream, *in situ* and downstream of urban centers in the cities of São João do Cariri and Sumé, state of Paraíba, in addition to physical-chemical analysis of the water, for comparison with data obtained by the BRAMAR project, in the irrigated perimeter of Sumé, in the period from 2015 to 2018. The results obtained through the analysis of the raw water quality parameters, in wells in the sub-basin, allowed to confirm the effect of punctual and diffuse pollution generated by regular and clandestine productive enterprises, such as poultry and cattle slaughterhouses, agricultural areas and use for low-income livestock, associated with the environmental impacts of the use and occupation of unplanned land, in addition to significant changes in relation to the maximum permitted values recommended in the relevant legislation. The raw water present in the alluvial aquifers of the sub-basins of the Sucurú and Taperoá rivers, can only be used safely, obeying the provisions of CONAMA Resolution nº 357/2005, for less demanding uses, since the compliance with the parameters for less restrictive classes, it can make its application technically and economically unfeasible by local managers, without previously implemented appropriate waste treatment actions, considering the new legal framework for Brazilian sanitation, inspection and environmental education.

**Keywords:** Paraíba river sub-basin. Alluvial aquifers. Quality parameters.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> -	Características dos poços da sub-bacia do rio Sucurú em Sumé – PB.....	39
<b>Tabela 02</b> -	Características dos pontos de monitoramento da sub-bacia de São João do Cariri – PB.....	41
<b>Tabela 03</b> -	Parâmetros de características físicas e sensoriais do rio Sucurú em Sumé – PB.....	49
<b>Tabela 04</b> -	Parâmetros quantitativos obtidos na sub-bacia do rio Sucurú, Sumé – PB.....	58
<b>Tabela 05</b> -	Parâmetros qualitativos da sub-bacia do rio Sucurú em Sumé – PB.....	58
<b>Tabela 06</b> -	Parâmetros de características físicas e sensoriais dos pontos do trecho da sub-bacia de São João do Cariri – PB.....	62
<b>Tabela 07</b> -	Parâmetros quantitativos dos pontos em trecho da sub-bacia do rio Taperoá.....	63
<b>Tabela 08</b> -	Parâmetros qualitativos dos pontos do trecho da sub-bacia de São João do Cariri – PB.....	75

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 -</b>	Processos comuns que determinam os resultados da qualidade da água durante a seca.....	20
<b>Figura 02 -</b>	Curvas de autodepuração de um rio após descarga de esgotos domésticos.....	32
<b>Figura 03 -</b>	Localização dos municípios de Sumé e São João do Cariri e rede de drenagem da área de estudo.....	34
<b>Figura 04 -</b>	Localização dos poços ao longo do rio Sucurú, Sumé - PB	38
<b>Figura 05 -</b>	Ponto de coleta P1.....	39
<b>Figura 06 -</b>	Ponto de coleta P3.....	39
<b>Figura 07 -</b>	Ponto de coleta P6.....	39
<b>Figura 08 -</b>	Localização dos poços ao longo do rio Taperoá.....	40
<b>Figura 09 -</b>	(SJC1) Ponte Antiga.....	41
<b>Figura 10 -</b>	(SJC2) Caixa de coleta de esgoto.....	41
<b>Figura 11 -</b>	(SJC3) Sítio Jurema.....	41
<b>Figura 12 -</b>	(SJC4) Ponte Nova.....	41
<b>Figura 13 -</b>	(SJC5) Fossão comunitário.....	42
<b>Figura 14 -</b>	(SJC6) Comunidade Curral do Meio.....	42
<b>Figura 15 -</b>	Poço P6 no período de recessão do escoamento superficial em abril de 2020.....	48
<b>Figura 16 -</b>	Temperatura da água dos poços em trecho do aluvião do rio Sucurú.....	50
<b>Figura 17 -</b>	pH da água em poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	51
<b>Figura 18 -</b>	Turbidez da água dos poços no rio Sucurú.....	52
<b>Figura 19 -</b>	Condutividade elétrica da água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	53
<b>Figura 20 -</b>	Oxigênio dissolvido na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	54
<b>Figura 21 -</b>	Sólidos totais dissolvidos na água em poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	55
<b>Figura 22 -</b>	Dureza total na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	56
<b>Figura 23 -</b>	Alcalinidade na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú.....	57
<b>Figura 24 -</b>	Cloretos na água dos poços em trecho do aluvião do rio Sucurú.....	58
<b>Figura 25 -</b>	Análise confirmando presença de amônia na amostra P6.....	59
<b>Figura 26 -</b>	Análise confirmando presença de nitrato para amostras em P1(a) e P3(b).....	60
<b>Figura 27 -</b>	Análise confirmando presença de sulfato para a amostra P1 (precipitado).....	60

<b>Figura 28 -</b>	Temperatura da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	64
<b>Figura 29 -</b>	pH da água em trecho da sub-bacia do rio Taperoá, município de São João do Cariri – PB.....	65
<b>Figura 30 -</b>	Turbidez da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC	66
<b>Figura 31 -</b>	Ponto próximo ao Sítio Jurema (SJC3).....	66
<b>Figura 32 -</b>	Abaixo da Ponte Nova (SJC4).....	67
<b>Figura 33 -</b>	Comunidade Curral do Meio (SJC6).....	67
<b>Figura 34 -</b>	Abaixo da Ponte Antiga (SJC1).....	67
<b>Figura 35 -</b>	Ponto do rio próximo à caixa de coleta de esgoto (SJC2).....	68
<b>Figura 36 -</b>	Ponto do rio próximo ao matadouro (SJC5).....	68
<b>Figura 37 -</b>	Condutividade elétrica da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	69
<b>Figura 38 -</b>	Lançamento de efluentes com detalhe do tubo de lançamento em SJC5.....	70
<b>Figura 39 -</b>	Oxigênio dissolvido na água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	71
<b>Figura 40 -</b>	Aparência da água na superfície em SJC5.....	71
<b>Figura 41 -</b>	Sólidos totais dissolvidos da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	72
<b>Figura 42 -</b>	Dureza total da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	73
<b>Figura 43 -</b>	Alcalinidade da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC.....	74
<b>Figura 44 -</b>	Cloretos da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC	75
<b>Figura 45 -</b>	Análise confirmando presença de nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) no ponto SJC5.....	76
<b>Figura 46 -</b>	Despejo de efluentes no ponto de coleta em SJC5.....	76
<b>Figura 47 -</b>	Análise confirmando presença de nitrato para a amostra SJC5.....	77
<b>Figura 48 -</b>	Resíduos de efluentes em SJC5.....	77

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ANA** – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

**CNRH** - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

**CONAMA** - Conselho Nacional de Meio Ambiente

**ITB** – Instituto Trata Brasil

**LS** - Carga de Lavagem de Saída

**MS** – Ministério da Saúde

**OD** – Oxigênio Dissolvido

**ODM** - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

**ONU** - Organização das Nações Unidas

**PRC** – Portaria de Consolidação

**SJC** - São João do Cariri

**STD** – Sólidos Totais Dissolvidos

**VMP** – Valor Máximo Permitido

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
3.1	ÁGUA.....	21
<b>3.1.1</b>	<b>Importância do estudo das águas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Tipos.....</b>	<b>22</b>
3.1.2.1	Águas superficiais.....	22
3.1.1.2	Águas subterrâneas.....	22
<b>3.1.2</b>	<b>Disponibilidade e situação no semiárido.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Degradação ambiental.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Contaminação das águas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Parâmetros físicos e químicos da água.....</b>	<b>25</b>
3.1.5.1	Parâmetros físicos.....	25
3.1.5.1.1	<i>Cor aparente.....</i>	<i>25</i>
3.1.5.1.2	<i>Odor.....</i>	<i>25</i>
3.1.5.1.3	<i>Turbidez.....</i>	<i>25</i>
3.1.5.1.4	<i>Temperatura.....</i>	<i>26</i>
3.1.5.1.5	<i>Condutividade elétrica e STD.....</i>	<i>26</i>
3.1.5.2	Parâmetros químicos.....	27
3.1.5.2.1	<i>pH.....</i>	<i>27</i>
3.1.5.2.2	<i>Alcalinidade.....</i>	<i>27</i>
3.1.5.2.3	<i>Oxigênio dissolvido.....</i>	<i>27</i>
3.1.5.2.4	<i>Cloretos e sulfatos.....</i>	<i>28</i>
3.1.5.2.5	<i>Nitrato.....</i>	<i>29</i>
3.1.5.2.6	<i>Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).....</i>	<i>29</i>
3.1.5.2.7	<i>Dureza total (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>).....</i>	<i>30</i>
<b>3.1.6</b>	<b>Capacidade de autodepuração de corpos hídricos.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Breve aparato legal das águas no Brasil.....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	34
<b>4.1.1</b>	<b>O município de Sumé.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2</b>	<b>O município de São João do Cariri.....</b>	<b>36</b>
4.2	CRITÉRIOS ADOTADOS PARA ESCOLHA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	37
4.3	CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NA SUB-BACIA DO RIO SUCURÚ.....	37
4.4	CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NA SUB-BACIA DE SÃO JOÃO DO CARIRI.....	40
4.5	EQUIPAMENTOS USADOS.....	42
<b>4.5.1</b>	<b>Para georreferenciamento.....</b>	<b>42</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Para as coletas, análises e vidrarias utilizadas.....</b>	<b>42</b>
4.6	PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	42

4.6.1	Período.....	42
4.6.2	Procedimento de coleta, acondicionamento, armazenamento e análises das amostras.....	43
4.6.3	Análises físico-químicas.....	44
4.6.4	Dados utilizados obtidos por meio do projeto BRAMAR.....	45
4.7	TABULAÇÃO DOS DADOS.....	45
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NA SUB-BACIA DO RIO SUCURÚ.....	46
<b>5.1.1</b>	<b>Parâmetros de características físicas e sensoriais.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Parâmetros quantitativos.....</b>	<b>49</b>
5.1.2.1	Temperatura.....	50
5.1.2.2	pH.....	51
5.1.2.3	Turbidez.....	51
5.1.2.4	Condutividade elétrica.....	52
5.1.2.5	Oxigênio dissolvido.....	53
5.1.2.6	Sólidos totais dissolvidos.....	54
5.1.2.7	Dureza total.....	55
5.1.2.8	Alcalinidade.....	56
5.1.2.9	Cloretos.....	57
<b>5.1.3</b>	<b>Parâmetros qualitativos.....</b>	<b>58</b>
5.1.3.1	Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ).....	59
5.1.3.2	Nitrato.....	60
5.1.3.3	Sulfato.....	60
<b>5.1.4</b>	<b>Autodepuração à montante e a jusante da zona urbana do município de Sumé.....</b>	<b>61</b>
5.2	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NA BACIA DO RIO TAPEROÁ.....	62
<b>5.2.1</b>	<b>Parâmetros de características físicas e sensoriais.....</b>	<b>62</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Parâmetros quantitativos.....</b>	<b>63</b>
5.2.2.1	Temperatura.....	63
5.2.2.2	pH.....	64
5.2.2.3	Turbidez.....	66
5.2.2.4	Condutividade elétrica.....	69
5.2.2.5	Oxigênio dissolvido.....	70
5.2.2.6	Sódios totais dissolvidos.....	72
5.2.2.7	Dureza total.....	73
5.2.2.8	Alcalinidade.....	74
5.2.2.9	Cloretos.....	74
<b>5.2.3</b>	<b>Parâmetros qualitativos em trecho da sub-bacia do Rio Taperoá... ..</b>	<b>75</b>
5.2.3.1	Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ).....	76
5.2.3.2	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	77
5.2.3.3	Sulfato.....	78
5.2.4	Autodepuração à montante e jusante da zona urbana do município de São João do Cariri.....	78
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>

**APÊNDICE A - MANUAL ADAPTADO PARA ANÁLISES DE AMOSTRAS DE ÁGUA  
NA REGIÃO DO CARIRI PARAIBANO..... 90**

## 1 INTRODUÇÃO

Na região do semiárido brasileiro um dos desafios do gerenciamento integrado dos recursos hídricos é proporcionar a oferta de água com qualidade adequada a um determinado uso, haja vista o aumento do despejo de cargas poluidoras difusas em mananciais, associados a elevação da taxa de crescimento populacional e ao risco de escassez hídrica.

Processos derivados de atividades humanas, sendo a agricultura, depósitos residuais, além dos processos naturais de precipitação, erosão e transportes de sedimentos, influem na qualidade da água armazenada em lagos artificiais, naturais ou transportadas em rios, principalmente os que estão localizados ou próximos aos aglomerados urbanos.

Assim, o uso e ocupação do solo podem influenciar diretamente na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos, seja pela urbanização acelerada, supressão da vegetação ou uso agrícola intenso e não planejado adequadamente. Os impactos podem variar em função do uso, aporte de carga orgânica, nutrientes, contaminantes metálicos e o arraste de sedimentos comprometendo a qualidade e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (CORNELLI *et al.*, 2016).

O declínio gradual da qualidade das águas superficiais está diretamente relacionado à descarga de esgoto municipal, de efluentes industriais em corpos d'água, o descarte inadequado de resíduos sólidos e o escoamento superficial em áreas agrícolas. A aplicação indiscriminada de fertilizantes e defensivos agrícolas, em áreas rurais próximas aos corpos hídricos, acaba por comprometer a qualidade da água em mananciais utilizados pela população (BORTOLETTO *et al.*, 2015).

Infelizmente, o crescimento do uso e ocupação do solo de bacias hidrográficas não acompanha melhorias no sistema de drenagem ou de controle das fontes geradoras de deflúvios, pois há sempre o aumento de áreas impermeabilizadas (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017).

A análise da poluição difusa em vias urbanas é complexa e de difícil mensuração. O escoamento superficial pode carrear resíduos sólidos, sedimentos e poluentes provenientes de áreas vizinhas às ruas, havendo interferência também de ligações clandestinas de esgoto doméstico nos sistemas urbanos de drenagem instalados em vias públicas (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017).

A combinação de fatores como taxa de crescimento populacional, as condições climáticas locais, a rápida urbanização e o baixo investimento em infraestrutura sanitária, resultaram em um grande déficit de serviços de saneamento, principalmente quanto ao tratamento das águas residuais, com fortes impactos negativos sobre a qualidade das águas, especialmente próximo aos centros urbanos (ANA, 2012).

O Brasil não cumpriu os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), particularmente no que concerne às metas de acesso aos serviços de esgotamento sanitário estabelecidas para 2015 (LIBANIO, 2016). No Painel de Saneamento do Brasil, publicado pelo Instituto Trata Brasil - ITB, consta que a parcela da população paraibana sem coleta de esgoto é de 64,2%, no ano de 2017 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Ações coercitivas e punitivas têm sido pouco eficientes para solucionar problemas complexos como o da poluição hídrica difusa, haja vista as dificuldades para localização das fontes de poluição e estabelecimento de relações de causa e efeito que levem à identificação objetiva de responsabilidades. Ademais, mesmo quando possíveis, ações dessa natureza não são proativas para evitar ou reverter danos ambientais. Por todas essas razões, soluções de governança ambiental, que transcendem os mecanismos convencionais de comando e controle, podem ser muito mais eficazes, para evitar e minimizar problemas ambientais complexos, como por exemplo, a poluição hídrica de origem difusa, criando meios para aproximação e organização dos principais atores sociais em torno de objetivos comuns (LIBANIO, 2016).

Soma-se a esse desafio a conservação de água e solo em zonas rurais, de modo a evitar os impactos negativos ocasionados pela perda da cobertura vegetal e por práticas não sustentáveis de produção agropecuária. O efeito da urbanização e da agricultura para corpos d'água continua sendo um tópico a ser discutido, a fim de prever o potencial poluidor de um determinado uso e favorecer a implementação de práticas efetivas de gestão ambiental e de conservação dos recursos hídricos, em bacias hidrográficas (MENEZES *et al.*, 2016).

Há necessidade de avaliar a influência do lançamento de esgotos sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, para fins de usos múltiplos, em municípios localizados na região do alto curso do rio Paraíba, semiárido paraibano, justificando-se assim a realização deste trabalho como forma de subsidiar a identificação de fontes de poluição e seu potencial poluidor.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a poluição difusa por meio da análise de parâmetros de qualidade da água bruta, em trechos fluviais urbanos nos municípios de São João do Cariri e Sumé, estado da Paraíba.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Localizar os pontos de poluição difusa e georreferenciar os pontos de coleta;
- Coletar amostras da água nos pontos selecionados e proceder análises dos parâmetros físico-químicos em laboratório;
- Realizar correlação entre os parâmetros de qualidade da água e os impactos observados;
- Verificar se há tendência à atenuação dos poluentes nos corpos hídricos à jusante das áreas urbanas antropizadas;
- Analisar a vulnerabilidade de contaminação da água que é usada por parte da população rural devido à proximidade de núcleos urbanos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo de séculos, entre idas e vindas dos colonizadores, pessoas, animais e mercadorias circularam margeando tributários ou por suas águas. Nesse longo e lento desenrolar dos fatos, inúmeros assentamentos humanos foram criados, berço de cidades e aglomerados humanos (CASTRO; PEREIRA, 2019).

Esses aglomerados urbanos passaram a necessitar de abastecimento de água, seja a coletada pela chuva e armazenada em cisternas ou a que estava sendo transportada em rios ou armazenada em lagos. O surgimento e crescimento das cidades brasileiras próximas aos rios, favorece a contaminação destes mananciais, decorrente do descarte de resíduos de forma inadequada. Nas cidades brasileiras é perceptível um padrão de construção de edifícios junto aos leitos dos rios. Suas margens, entretanto, deveriam ser preservadas com a manutenção da mata ciliar ou de galeria (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos possuem crescente vulnerabilidade a poluição, devido a concentração populacional em núcleos urbanos, desenvolvimento industrial, atividades agrícolas e de mineração, além de ações antrópicas que podem resultar em contaminação bacteriana e por toxinas em ambientes que não possuem sistemas de coleta e tratamento de esgoto. Após a poluição da água, o processo de despoluição exige uso de técnicas e tecnologias que são onerosas e podem ter dependência de aspectos naturais, como relevo, geologia e clima (SILVA, M. B. R.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, 2014). Mesmo em alguns sistemas que possuem coleta e tratamento de esgoto, algumas toxinas não são eliminadas.

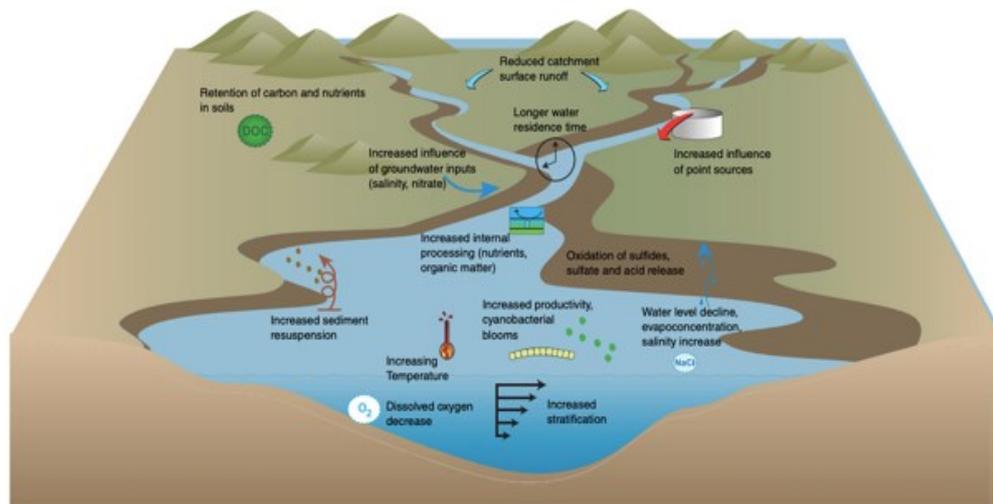
O Nordeste do Brasil é amplamente caracterizado por um clima semiárido e alta vulnerabilidade a secas. A maioria dos nove estados federais da Região apresenta alta evapotranspiração ao longo do ano, com chuvas concentradas durante quatro a cinco meses do ano. A escassez de água pode ser considerada o maior obstáculo para o desenvolvimento sustentável da Região.

Durante as próximas décadas, devido ao impacto das mudanças climáticas e desenvolvimento socioeconômico, a disponibilidade de água deve diminuir, enquanto que as demandas do setor de água aumentarão significativamente, resultando em *déficits* hídricos constantemente crescentes.

As secas estão aumentando em frequência e gravidade em muitas regiões do mundo devido às mudanças climáticas, causando efeitos hidrológicos subsequentes,

como a redução do escoamento da bacia, fluxos de rios, níveis de lagos e mudanças significativas na qualidade da água (Figura 1) (MOSLEY, 2015).

**Figura 1** - Processos comuns que determinam os resultados da qualidade da água durante a seca



Fonte: (MOSLEY, 2015).

Outros desafios em relação ao desenvolvimento estão relacionados com enormes perdas de água em reservatórios superficiais, devido as altas taxas de evaporação. Mesmo nos maiores sistemas aquíferos, que são restritos à região costeira, há superexploração das águas subterrâneas durante os períodos de seca (ABELS *et al.*, 2018).

O espaço urbano também continua a se expandir para acomodar uma crescente população, atentando-se assim, a necessidade de quantificar e/ou qualificar os impactos gerados nesses espaços. A expansão dessas áreas têm resultado em alterações marcantes com aumento do consumo dos recursos naturais e redução da sua qualidade. A ocupação do solo no meio urbano influencia a infiltração, a evapotranspiração, a impermeabilização e os processos de escoamento. As paisagens urbanas. Segundo MCGrane (2016) também abrigam um conjunto de contaminantes que afetam a qualidade da água, onde novos contaminantes continuam a representar desafios para os regimes de monitoramento.

O monitoramento utiliza-se de critérios estabelecidos em portarias e resoluções, para, através de análises, identificar pressões antrópicas no meio devido à ausência de saneamento básico, a insuficiência e/ou inexistência do correto direcionamento e tratamento dos esgotos, a insuficiência na coleta de resíduos, e a ocupação desordenada do solo.

A concentração dos constituintes (variação temporal) de um corpo d'água pode ainda ser alterada ao longo do tempo, num mesmo ponto, de forma aleatória ou cíclica em função das características das contribuições recebidas ou de variáveis meteorológicas (CETESB, 2011).

Nesse cenário, o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais são de fundamental importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pois favorecerá identificar as alterações ocorridas no decorrer do tempo e apoiar a elaboração de diagnósticos que possam subsidiar a fiscalização, o licenciamento ambiental e a formulação de políticas ambientais, portanto essenciais para a implementação de ferramentas de gestão da água (PESSOA; ORRICO; LORDÊLO, 2018; BORTOLETTO *et al.*, 2015).

Ademais torna-se importante que se analise a vulnerabilidade de contaminação da água que é usada por parte das populações rurais devido à proximidade desses núcleos urbanos.

No entanto, devido ao grande número de parâmetros selecionados ou até mesmo a não-linearidade dos processos envolvidos, a maioria das pesquisas tem apresentado metodologias complexas, o que dificulta a sua implementação pelos órgãos gestores dos recursos hídricos (CASTRO, 2018).

Logo, para este estudo, foram determinados os parâmetros alcalinidade, amônia, cálcio, cloretos, dureza, condutividade elétrica, magnésio, nitrato, nitrito, pH, oxigênio dissolvido, potássio, sódio e sólidos totais dissolvidos, para avaliar quais os efeitos que as atividades humanas têm sobre a qualidade da água nos pontos de estudo.

### 3.1 A ÁGUA

Apenas uma pequena proporção do enorme suprimento de água na Terra é útil para a sociedade humana. O ciclo hidrológico global é o que definitivamente controla a oferta de água. Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Logo, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana (BRASIL, 2021).

No mundo natural, entretanto, a água doce é fornecida somente pela chuva, pelos rios, lagos e, em parte, pelas águas subterrâneas ou por degelo das neves ou geleiras continentais. Todas essas águas provêm originariamente da precipitação. Portanto a quantidade máxima de água doce natural que podemos pensar em usar é aquela constantemente fornecida aos continentes pela precipitação (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

### **3.1.1 Importância do estudo das águas**

Apenas uma pequena proporção do enorme suprimento de água na Terra é útil à sociedade humana. Mas, em muitos aspectos práticos, se estuda a hidrologia local (que é a quantidade de água existente nos reservatórios de uma região e a forma como ela flui de um reservatório para outro), em vez da hidrologia global. O fator que exerce a mais forte influência na hidrologia local é o clima, que inclui a temperatura e a precipitação. Em regiões quentes, onde as chuvas são frequentes durante todo o ano, o estoque de água superficial e subterrânea é abundante. Em regiões áridas ou semiáridas quentes, raramente chove e a água é um recurso inestimável (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

### **3.1.2 Tipos**

#### **3.1.2.1 Águas superficiais**

As águas superficiais não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos que são as principais fontes de água potável (ALAGOAS, 2021).

#### **3.3.2.2 Águas subterrâneas**

A água subterrânea forma-se quando as cotas de chuva se infiltram no solo e em outros materiais superficiais não consolidados, penetrando até mesmo em rachaduras e fendas do substrato rochoso (GROTZINGER; JORDAN, 2013). Segundo Almeida (2016), essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: fraturado, poroso e cárstico. Dessa forma, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios.

### **3.1.2 Disponibilidade e situação no semiárido**

O processo por meio do qual um aquífero recebe água é chamado de recarga. A recarga natural depende fundamentalmente do regime pluviométrico (quantidade de chuvas) e do equilíbrio que se estabelece entre a infiltração, escoamento e evaporação. Sendo assim, a topografia da área, a natureza do solo e a situação atual da cobertura vegetal, têm papel fundamental na recarga dos aquíferos (BRASIL, 2007).

### **3.1.3 Degradação ambiental**

A degradação ambiental é entendida como o processo resultante dos danos causados ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos naturais. Essa degradação vem ocorrendo tanto no meio urbano, quanto rural, principalmente através da pressão que a população exerce sobre os bens e serviços gerados pelos usos dos recursos naturais (ALVES; LIMA; FARIAS, 2012).

Assim, a degradação dos recursos hídricos aumentou a necessidade de determinar o status ambiental da qualidade da água, a fim de fornecer uma indicação das mudanças induzidas por atividades antropogênicas (STROBL; ROBILLARD, 2008), além de favorecer a integração entre gestão ambiental e gestão das águas, na busca por um desenvolvimento municipal sustentável, com redução de impactos negativos decorrentes do uso desordenado do solo (OLIVEIRA; LIMA; SOUSA, 2017).

Alcântara (2013), reflete que o entendimento da situação ambiental vivenciada pelas comunidades rurais só será possível por meio da realização de uma avaliação de caráter amplo, adotando uma visão holística de monitoramento ambiental, com a participação de diversos atores sociais e o desenvolvimento de metodologias de diagnósticos eficientes e sistêmicas.

### **3.1.4 Contaminação das águas**

Para os ecólogos em geral, a poluição decorre de qualquer alteração de natureza física, química, biológica ou mesmo de regime hidrológico que produza desequilíbrios no ciclo biológico normal, alterando a composição da fauna e da flora do meio. Para os sanitaristas, a poluição de um recurso hídrico resulta, principalmente,

do lançamento de águas oriundas de atividades industriais, agrícolas ou humanas (BERNARDO *et al.*, 2002). A contaminação é a denominação genérica para as consequências da poluição, como os efeitos da introdução de substâncias ou de organismos nocivos no recurso hídrico, causando doenças no ser humano

A poluição do meio aquático pode causar alterações nas características físicas (turbidez, cor, número e tamanho de partículas, temperatura, condutividade, viscosidade, tensão superficial, etc.), químicas (DQO, DBO, pH, toxicidade etc.) ou biológicas (espécies do fitoplâncton e do zooplâncton). As principais doenças associadas à contaminação biológica dos recursos hídricos são cólera, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, disenteria bacilar, amebíase, giardíase, criptosporidíase, esquistossomíase, viroses, etc. (BERNARDO *et al.*, 2002).

No Estado da Paraíba, onde não existe água armazenada em superfície em quantidade ou qualidade adequada e a utilização da água subterrânea tem crescido consideravelmente e começam a apresentar problemas de poluição, tanto em relação ao lançamento de esgotos sem tratamento quanto por outras ações antropogênicas, especialmente por meio de atividades agropastoris, de forma que essas estão cada vez mais suscetíveis a contaminações (SALGADO, 2016).

Devido às baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos subterrâneos são naturalmente mais protegidos da poluição do que os superficiais. Porém, ao contrário das águas superficiais, uma vez ocorrida a poluição, as baixas velocidades de fluxo tendem a promover uma recuperação muito lenta da qualidade. Dependendo do tipo de contaminante, essa recuperação pode levar anos, com custos muito elevados, não raro, proibitivos (BRASIL, 2007).

Assim, no que se refere às contaminações de ordem superficial e subterrânea, as fontes mais comuns de poluição e contaminação são deposição e queima de resíduos sólidos no solo, esgotos e fossas, atividades agrícolas, mineração, vazamento de substâncias tóxicas, cemitérios, filtragem vertical descendente, poços mal construídos e/ou abandonados.

### 3.1.5 Parâmetros físicos e químicos das águas

Os parâmetros físicos e químicos servem para caracterizar tanto a qualidade das águas de abastecimento como também as de mananciais, corpos receptores e águas residuárias.

#### 3.3.5.1 Parâmetros físicos

##### 3.3.5.1.1 *Cor aparente*

Quando a determinação da cor é realizada após centrifugação da amostra para eliminar a interferência de partículas coloidais e suspensas, obtém-se a cor verdadeira. Caso contrário, tem-se a cor aparente (BRASIL, 2006).

Os compostos orgânicos naturais nas águas são oriundos da degradação de plantas e animais, e são denominados substâncias húmicas. Antigamente, a medida de cor era feita apenas por razões estéticas, porém, com a descoberta que tais substâncias são precursoras da formação de trihalometanos e organo-halogenados em geral, quando a desinfecção é realizada com cloro livre, a quantificação da cor passou a ser muito importante (BERNARDO *et al.*, 2002).

##### 3.3.5.1.2 *Odor*

Odor é uma característica de difícil avaliação pelo fato de a sensação ser subjetiva. Normalmente decorrem de matéria excretada por algumas espécies de algas e de substâncias dissolvidas, como gases, fenóis, clorofenóis e, em alguns casos, do lançamento de despejos nos cursos de água (BERNARDO *et al.*, 2002).

##### 3.3.5.1.3 *Turbidez*

A turbidez das águas é devida à presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem apresentar ampla faixa de tamanhos. A turbidez pode ser causada por uma grande variedade de materiais, incluindo partículas de areia fina, silte, argila e microrganismos (BERNARDO *et al.*, 2002). A clareza de um corpo d'água natural é um dos principais determinantes da sua condição e produtividade (PARRON *et al.*, 2011).

É expressa em NTU (unidade nefelométrica).

#### 3.3.5.1.4 Temperatura

Segundo Bernardo *et al.*, (2002) é importante conhecer a variação da temperatura da água, pela, dentre outros fatores, solubilidade dos gases e na sensação de sabor e odor. Além de influir na velocidade das reações químicas e físicas que ocorrem no meio, ou seja, elevações de temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (SPERLING, 2014).

#### 3.3.5.1.5 Condutividade elétrica e STD

A condutividade elétrica da água mede sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de íons dissolvidos. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon (PINTO, 2007).

Portanto, a condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água. A medição da condutividade elétrica permite estimar rapidamente a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) presentes na água. Para valores altos de STD, aumenta a solubilidade dos precipitados de alumínio e de ferro, o que influi na cinética da coagulação. Também são afetadas a formação e a precipitação de carbonato de cálcio, favorecendo a corrosão (BERNARDO *et al.*, 2002).

Pelo Sistema Internacional de Unidades (S.I.), a condutividade é representada como Siemens por metro ( $S.m^{-1}$ ). Porém, em medições realizadas em amostras de água, utiliza-se preferencialmente microSiemens ( $\mu S.cm^{-1}$ ) ou miliSiemens por centímetro ( $mS.cm^{-1}$ ).

Os sólidos totais dissolvidos são a soma de todas as substâncias químicas dissolvidas na água, essas substâncias dissolvidas podem ser íons orgânicos ou íons inorgânicos. A concentração de STD é expressa em mg/L. A principal aplicação da determinação dos STD é de qualidade estética da água potável e como indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes (PARRON *et al.*, 2011).

### 3.3.5.2 Parâmetros químicos

#### 3.3.5.2.1 pH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez ( $\text{pH} < 7,0$ ), neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH} > 7,0$ ) de uma solução aquosa. É uma das ferramentas mais importantes e frequentes utilizadas na análise da água (PARRON, 2011).

O pH é utilizado para expressar a acidez de uma solução. Trata-se de um parâmetro importante principalmente nas etapas de coagulação (BERNARDO *et al.*, 2002). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2006).

#### 3.3.5.2.2 Alcalinidade

A alcalinidade pode ser entendida como a capacidade da água de neutralizar ácidos. A alcalinidade de soluções aquosas baseia-se, geralmente, no sistema do ácido carbônico. Em função do pH têm-se: pH de 12,3 a 9,4: alcalinidade devida a hidróxidos e carbonatos; pH de 9,4 a 8,3: alcalinidade devida a carbonatos e bicarbonatos e pH de 8,3 a 4,4: alcalinidade devida somente a bicarbonatos. A medida da alcalinidade é usualmente feita por meio de titulação com ácido padronizado, sendo os resultados expressos em quantidade de carbonato de cálcio (BERNARDO *et al.*, 2002).

A alcalinidade das águas naturais pode ser vista como a capacidade de neutralizar ácidos ou a capacidade de resistir a variações de pH. É formada principalmente de bicarbonatos ( $\text{HCO}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ).

#### 3.3.5.2.3 Oxigênio dissolvido

Devido à baixa solubilidade do oxigênio, a quantidade deste que a água pode conter é pequena (9,1 mg/L a 20°C). O oxigênio presente é consumido em função da poluição da água (BERNARDO *et al.*, 2002).

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da

magnitude desse fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio, com possível geração de maus odores. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (SPERLING, 2014).

#### 3.3.5.2.4 Cloretos e sulfatos

Além dos bicarbonatos, sais dissolvidos como cloretos e sulfatos e outros em menor quantidade, caracterizam os sólidos totais dissolvidos.

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente na forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl), e sais de cálcio (CaCl<sub>2</sub>). A maior quantidade desses sais está presente nos oceanos (BRASIL, 2014).

Em águas naturais, o cloreto é oriundo da dissolução de minerais ou mesmo da intrusão de água marinha. O cloreto, porém, pode também ser proveniente dos despejos de efluentes domésticos e industriais, ou mesmo de águas utilizadas na irrigação de lavouras (SPERLING, 2005). Altas concentrações do íon cloreto na água podem ocasionar restrições de consumo pelo sabor desagradável e problemas intestinais.

A presença de cloretos pode indicar alguma forma de poluição. Do ponto de vista sanitário, concentrações muito elevadas de cloretos podem ser prejudiciais a pessoas com doenças cardíacas e renais. Não obstante os problemas relacionados à dureza, teores elevados de sulfatos causam efeitos laxativos mais acentuados que outros sais. O íon sulfato pode ser um indicador de poluição de uma das fases de decomposição de matéria orgânica no ciclo do enxofre (BERNARDO *et al.*, 2002).

Os íons sulfato são facilmente encontrados em águas naturais. De acordo com Prado (2010), eles podem ser de origem geológica, resultado de contaminação por águas residuais, fertilizantes, intrusão salina e chuva ácida resultante da presença de óxidos de enxofre.

É importante o controle do sulfato na água, pois em alta quantidade a sua ingestão provoca efeito laxativo.

### 3.3.5.2.5 Nitrato

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio e pode ser encontrado tanto na água quanto no solo, de forma natural e em pequena quantidade. Esses valores têm aumentado principalmente pelo uso de fertilizantes na agricultura e aportes de esgotos domésticos. O nitrato pode causar enfermidades pelo uso de água contaminada e danos ambientais, como por exemplo, a eutrofização (CAMPOS; ROHLFS, 2010).

Os nitratos são uma das maiores fontes de íons naturais das águas. Em geral, os nitritos não ocorrem nas águas em concentrações significativas. Quando de origem orgânica, os compostos de nitrogênio podem indicar contaminação recente (quando se tem nitrogênio orgânico e amoniacal) ou remota (quando nitritos e principalmente nitratos são as formas de nitrogênio presentes). A existência de compostos amoniacais orgânicos pode dar origem, quando o cloro é usado como desinfetante, à formação de cloraminas orgânicas, reduzindo o poder de desinfecção (BERNARDO *et al.*, 2002).

A origem dos íons nitrato das águas naturais pode ser mineral ou orgânica e natural ou antrópica. As fontes de nitrato mineral, além do solo que é fonte natural, são os fertilizantes químicos solúveis e águas residuais de alguns tipos de indústrias. Águas que contêm nitrogênio orgânico foram recentemente poluídas com matéria orgânica. Concentração com nitrato indicam uma poluição mais antiga, onde a matéria orgânica já foi mineralizada, isto é, o nitrogênio orgânico presente foi mineralizado a  $\text{NH}_3$  e, este oxidado a  $\text{NO}_3^-$ . Concentrações de nitrato acima de 50 mg/L em águas causam a cianose ou methemoglobinemia nas pessoas que a consomem (LENZI *et al.*, 2014).

### 3.3.5.2.6 Nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ )

O nitrogênio é um dos grandes problemas relacionados ao tratamento de efluentes, pois ele contribui diretamente para a poluição dos corpos hídricos. Quimicamente o nitrogênio amoniacal é constituído pelo íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e a amônia livre ou gasosa ( $\text{N-NH}_3$ ) e, formado a partir da degradação de resíduos orgânicos (GOMES *et al.*, 2016). O íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), também conhecido como amônia ionizada, devido a sua carga elétrica, é um cátion formado pela protonação da amônia

(NH<sub>3</sub>) e ocorre em baixos teores em água naturais, devido ao processo de degradação biológica da matéria orgânica (SOARES, 2016).

#### 3.3.5.2.7 Dureza total (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)

A dureza é geralmente definida como a soma de cátions polivalentes presentes na água e expressa em termos de quantidade equivalente de CaCO<sub>3</sub>. Os principais íons metálicos que conferem dureza à água são o cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e o magnésio (Mg<sup>2+</sup>), quase sempre associados ao íon sulfato, e, em menor grau, o íon do ferro (Fe<sup>2+</sup> associado ao nitrato), do manganês (Mn<sup>2+</sup> associado ao nitrato) e do estrôncio (Sr<sup>2+</sup> associado ao cloreto). Há alguns estudos que relacionam a dureza na água com a incidência de doenças cardiovasculares e com o aumento do teor de colesterol. Na maioria dos casos, a dureza é decorrente do cálcio associado ao bicarbonato, o qual se transforma em carbonato (pouco solúvel) por aquecimento ou elevação do pH, tendo-se neste caso a denominada dureza temporária. A dureza devida a cátions associados a outros ânions é denominada dureza permanente (BERNARDO *et al.*, 2002).

A dureza pode ser classificada como dureza de carbonatos (temporária), formada por bicarbonatos ou dureza de não carbonatos (permanente), formada por sulfatos, cloretos e nitratos. Ambos os tipos de dureza mostram resistência a ação do sabão, entretanto diferem na presença de calor. Os bicarbonatos, presentes na dureza temporária, se decompõem quando aquecidos formando carbonatos insolúveis que se precipitam e produzem incrustações; já os sais da dureza permanente são muito solúveis e não produzem incrustações (LIMA, 2019).

Os íons cálcio Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e os íons bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> juntamente com outros ânions e cátions, na solução do solo vão percolar o solo e afluir aos fluxos d'água onde podem causar os efeitos descritos a seguir:

- estes cátions são macronutrientes, toda a biota necessita deles para nos seus processos bioquímicos desenvolver-se normalmente. Sua falta causará deficiências na formação do ser animal ou vegetal;
- a partir de certos valores de concentração causam a *dureza da água*. Denomina-se dureza da água a capacidade que esta água tem de "cortar",

inibir, ou suprimir o efeito do sabão fazer espuma, ou, o efeito de "lavar" ou "dissolver" óleos, graxas e gorduras.

O sabão, ao se dissolver na água, forma íons negativos de formato linear que apresentam uma longa cadeia carbônica, uma extremidade denominada "cauda" com caráter apolar e a outra extremidade denominada "cabeça", ou "ponta" com caráter polar. No caso do sabão comum constituído de estearato de sódio, a cabeça é constituída pelo íon carboxilato, com caráter iônico e negativo.

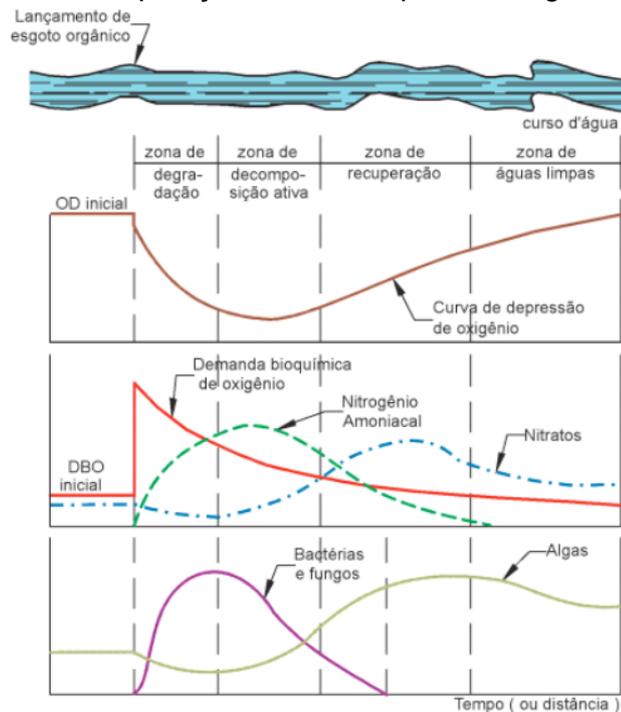
Desta forma, a parte apolar do íon dissolve a gota de óleo, mancha (sujeira) de graxa (que é apolar) e a parte polar fica envolvida por água da fase líquida dissolvendo a micela. Os íons cálcio e magnésio têm a propriedade de reagir com a parte polar (íon carboxilato,  $R-COO^-$ ) da cadeia iônica do sabão formando um precipitado complexo, tornando-o insolúvel na água que é um solvente polar (LENZI *et al.*, 2014).

### **3.1.6 Capacidade de autodepuração de corpos hídricos**

Uma das formas de se controlar a poluição difusa em corpos hídricos é conhecer a capacidade de autodepuração destes. A autodepuração é um processo natural, no qual cargas poluidoras, de origem orgânica, lançadas em um corpo d'água são neutralizadas (ANDRADE, 2010).

Na Figura 2 é possível observar os efeitos das descargas de matéria orgânica em um corpo aquático, representados pelas curvas das concentrações de oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal e nitratos.

**Figura 2** - Curvas de autodepuração de um rio após descarga de esgotos domésticos



Fonte: (MOTA, 1995 apud CEBALLOS & DINIZ, 2017).

### 3.1.7 Breve aparato legal das águas no Brasil

Acerca do aparato legal, dispõe nossa Constituição em seu Art. 20: “São bens da União: .... • III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. .... IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo.” E no seu Art. 26: “Incluem-se entre os bens dos Estados: I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União” (BRASIL, 1999).

Essa água no nosso território é usada para diversos fins, como consumo humano, irrigação, lazer, depuração de poluentes, recreação e na produção industrial. Para saber se esse recurso natural está apropriado para determinado uso, existem normas reguladoras para o enquadramento dos corpos hídricos, como a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, portaria esta que foi revogada pela Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde, que no entanto, vale destacar que não houve alteração nos parâmetros e nas concentrações máximas permitidas.

Nesse sentido também temos as principais regulamentações para o enquadramento que são as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A Resolução CONAMA nº 397/2008, alterou o Art. 34, da Resolução CONAMA nº 357/2005 e alterada pela Resolução CONAMA nº 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a Resolução CNRH nº 91/2008 estabeleceu os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, além da Resolução CONAMA nº 396/2008, que estabeleceu o enquadramento das águas subterrâneas.

A Lei 9.433/97 estabelece vários instrumentos, entre eles a *outorga* de direito de uso de recursos hídricos que é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem como um dos objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água.

A *cobrança* se refere ao uso do bem diretamente nos rios, lagos e aquíferos, denominados usuários de recursos hídricos e sujeitos à outorga. De maneira geral, o uso pode ser quantitativo, quando afeta basicamente a disponibilidade do manancial, ou qualitativo, quando também compromete uma determinada quantidade em função da sua utilização para a diluição de efluentes.

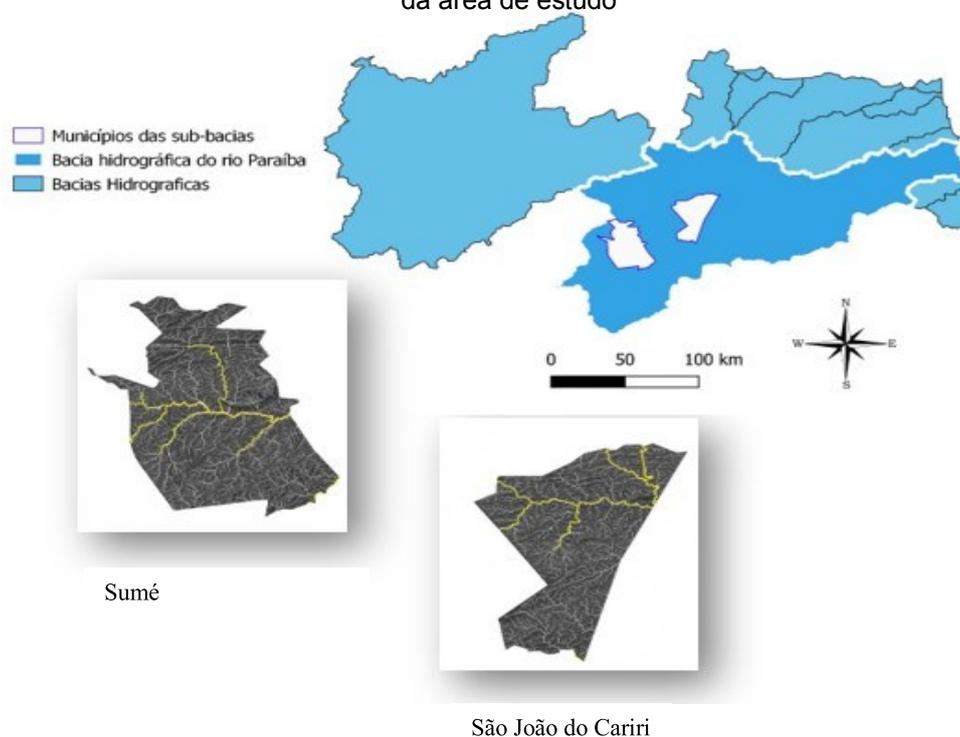
Essas e outras resoluções, normas e portarias, vem somar, nessa perspectiva, a uma frente de proteção e responsabilidade legal sobre o tema, sobre a relação de seu uso e o direito humano a água de qualidade na ótica social e ambiental.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta por trechos de sub-bacias localizadas na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, nos municípios de São João do Cariri e Sumé, em aluviões dos rios Sucurú e Taperoá, porção Centro-Sul do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (Figura 3).

**Figura 3** - Localização dos municípios de Sumé e São João do Cariri e rede de drenagem da área de estudo



**Fonte:** Autor (2020).

#### 4.1.1. O município de Sumé

Com uma população de 17.031 habitantes (IBGE, 2020) e uma área de 838 km<sup>2</sup>, o município de Sumé localiza-se na região do alto curso do rio Paraíba, inserido no Polígono das Secas, possui clima do tipo semiárido quente (BShw), com chuvas de verão, segundo a classificação de Köppen. Esse clima caracteriza-se pela alternância de duas estações definidas: a chuvosa, denominada inverno, e a seca, chamada de verão. As temperaturas são elevadas, com média anual de 26° C,

variando de 21° C a 31° C, a umidade relativa do ar é baixa e a quantidade de precipitação é pequena, mas com alta irregularidade espacial e temporal (CPRM, 2000).

A vegetação é constituída pela caatinga xerofítica, comum do sertão do Nordeste brasileiro, sendo representada por Bromeliáceas e Cactáceas, conhecidas popularmente como macambira, marmeleiro, umburana, catingueira, xique-xique, facheiro, jurema, etc. As árvores de médio porte são encontradas próximas aos riachos e rios, devido a maior umidade destes locais (CPRM, 2000).

A rede hidrográfica é constituída, principalmente, pela bacia do rio Paraíba e seus afluentes, os quais caracterizam-se por serem intermitentes e, em sua maioria, têm seus leitos comandados pela rede de fraturamento da área (CPRM, 2000).

Segundo Abels *et al.* (2018), as principais atividades econômicas estão concentradas em serviços e agricultura. Essas atividades colocam pressão sobre os recursos naturais e impõem uma grande demanda por irrigação e abastecimento de água na zona urbana, bem como pela diluição de efluentes domésticos. Assim 85% da demanda de água serve para irrigação, 11% para abastecimento humano e 4% para a pecuária. As principais fontes que suprem essa demanda são o rio Sucuru, os reservatórios superficiais de armazenamento de água construídos e seus aluviões. O sistema adutor do Cariri é o que abastece o município de Sumé e região do Cariri paraibano.

O suporte econômico da área é fornecido essencialmente por meio da agropecuária. A região é abastecida de energia elétrica pela Companhia Hidroelétrica do Vale do São Francisco (CHESF), com todas as cidades, povoados e algumas propriedades rurais sendo supridas. O abastecimento de água é razoável, assim como serviços postais e de telecomunicações. Alguns municípios da região do Cariri paraibano são servidos por sistema bancário. A atividade industrial representa uma pequena parcela da economia, predominando a atividade artesanal. A atividade de mineração é restrita, sendo representada principalmente pela exploração de jazidas de granitos, mármore e calcários, utilizados na fabricação de pedras ornamentais, cal e tinta. Em menor escala são exploradas as argilas (CPRM, 2000).

Apresenta 24.2% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 93.2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 4.8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), ocupando a posição 124 de 223, 89 de 223 e 96 de 223,

respectivamente, quando comparado os outros municípios do Estado da Paraíba. Mantendo esses critérios de comparação com outras cidades do Brasil, sua posição é 3400 de 5570, 1155 de 5570 e 3516 de 5570, respectivamente (IBGE, 2020).

#### **4.1.2 O município de São João do Cariri**

O município foi criado em 1800, sua população estimada é de 4.184 habitantes (IBGE, 2020). O município de São João do Cariri está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião Borborema do Estado da Paraíba. Sua área é de 702 km<sup>2</sup>, o que representa 1.2435% da área do Estado, 0.0452% da Região e 0.0083% de todo o território brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 458 m, distando 186,6 km da capital. O acesso é realizado, a partir de João Pessoa, pelas rodovias BR 230/BR 412 (CPRM, 2005).

A vegetação desta unidade territorial é formada por florestas subcaducifólica e caducifólica, próprias das áreas agrestes (CPRM, 2005).

O município de São João do Cariri encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, parte na sub-bacia do rio Taperoá e parte na região do alto curso do rio Paraíba. Seus principais tributários são: os rios Gurjão, Soledade, de Serra Branca e os riachos da Caatinga, da Telma, do Mulungu, da Catingueira, Cachorro, do Afogado, das Marias Pretas, da Capoeira do Justino, das Cobras, do Saco, Pau da Ponta, Mateus, Fundo, Quixaba, do Formigueiro, da Cachoeira, do Milho, do Damásio, do Badalo, Boa Ventura, do Farias, Olho d' Água, Algodoais, Macambira, Algodoeiros, Forquilha, do Bento, dos Avelós, do Cantinho, do Jirau, do Agave, dos Mares, Gravatá, Ipueirinha, da Cachoeirinha, das Cacimbas, do Curralinho, do Boi e Salgadinho. Os principais corpos de acumulação são o açude público Namorados e as lagoas de Baixo, do Pereira, da Serra, Forquilha, do Escondido e da Maniçoba. Esses cursos d'água têm regime de escoamento intermitente ou efêmero e o padrão de drenagem é o dendrítico. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo (CPRM, 2005).

Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0.674, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2000). Nas articulações entre as instituições encontra-se o convênio de cooperação com entidades públicas nas áreas de educação, turismo, habitação e desenvolvimento urbano. Existem ações integradas

com outro(s) município(s) nas áreas de educação e meio ambiente e o apoio de entidades privadas ou da comunidade, nas áreas de assistência e desenvolvimento social, turismo, cultura e desenvolvimento econômico e consórcio intermunicipal na área de saúde (CPRM, 2005).

Encontram-se informatizados o cadastro e/ou bancos de dados de saúde e patrimônio, controle de execução orçamentária, cadastro imobiliário (IPTU), cadastro de funcionários, folha de pagamento e contabilidade. Verifica-se descentralização administrativa com a formação de conselhos nas áreas de saúde, assistência social, meio ambiente e outros conselhos de política setoriais. Possui programas ou ações na área de geração de trabalho e renda e capacitação profissional. Existem atividades socioculturais como bibliotecas públicas, teatros ou salas de espetáculos e clubes e associações recreativas, além de sede do Instituto Histórico e Geográfico do Cariri (CPRM, 2005).

Apresenta 55.9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 94.5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0.7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do Estado da Paraíba, fica na posição 33 de 223, 71 de 223 e 153 de 223, respectivamente. Já quando comparado a outros municípios do Brasil, sua posição é 1987 de 5570, 991 de 5570 e 4516 de 5570, respectivamente (IBGE, 2020).

#### 4.2 CRITÉRIOS ADOTADOS PARA ESCOLHA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os critérios adotados para eleger os pontos de amostragem foram a existência de aglomerados urbanos e contribuição antrópica decorrente dessa urbanização, perímetros irrigados, uso agrícola, percepção de possíveis áreas degradadas e realização anterior de trabalhos de pesquisa em trechos das sub-bacias do rio Taperoá e Sucurú.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NA SUB-BACIA DO RIO SUCURÚ

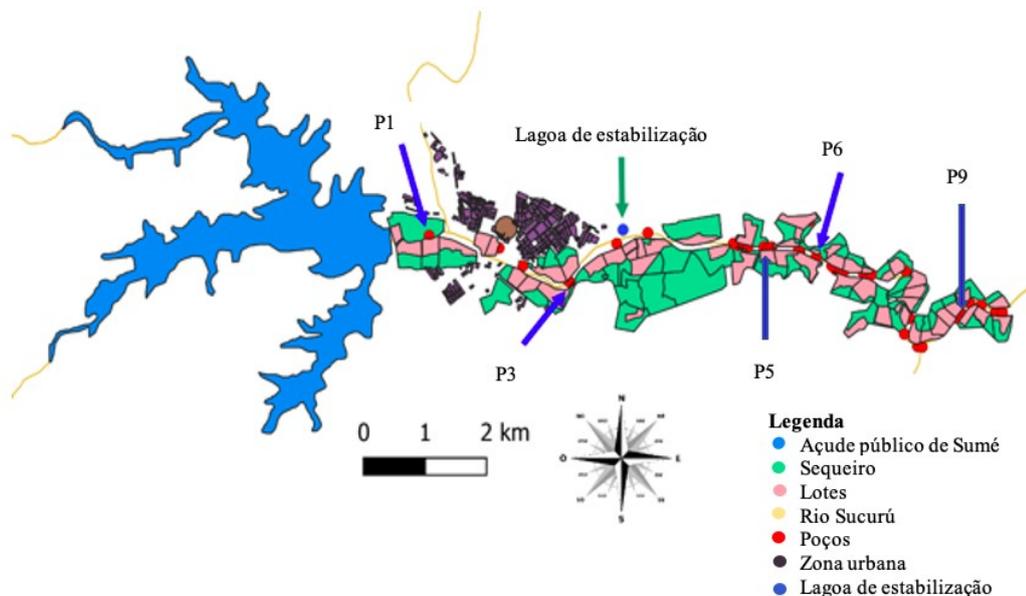
No município de Sumé as atividades antrópicas, realizadas no entorno do perímetro irrigado de Sumé, a montante e a jusante do núcleo urbano deste município,

favoreceu a escolha dos pontos amostrais, em trecho do aquífero aluvial do rio Sucurú (Tabela 1). A zona aluvionar do perímetro irrigado de Sumé, que recebe elevada carga de esgoto doméstico tratado e não tratado, agrícola e doméstico de áreas rurais (ABELS *et al.*, 2018).

No período de maio de 2015 a abril de 2018, a avaliação dos efeitos do lançamento de esgotos da zona urbana e rural, do município de Sumé foi realizado por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, com periodicidade mensal ou bimensal, em nove dos quarenta poços localizados no aquífero aluvial do perímetro irrigado de Sumé, em um trecho de aproximadamente 9,0 km, por meio do Projeto Bramar (ABELS *et al.*, 2018).

Considerando os poços monitorados por meio do Projeto Bramar, a influência de ações antrópicas que alteram a qualidade da água superficial, subsuperficial e subterrânea, no aquífero aluvial do rio Sucurú e os usos diferentes tipos de uso do solo, pelos produtores rurais desta área, foram escolhidos três pontos para analisar a influência da poluição difusa, na área do perímetro irrigado de Sumé (Figura 4), localizados a montante do lançamento de esgoto *in natura* (P1), a jusante do lançamento de esgoto não tratado (P3) e a jusante do sistema de tratamento de esgoto do município de Sumé (P6), que realiza tratamento biológico apenas de uma das três bacias de coleta deste município.

**Figura 4** - Localização dos poços ao longo do rio Sucurú, Sumé-PB



Fonte: Abels *et al.* (2018) adaptado.

A seleção dos parâmetros para realização das análises, levou em consideração a poluição orgânica, a possibilidade de contaminação fecal e de salinização do solo pela água de esgoto lançada e percolada para o interior do aluvião do rio Sucurú.

Foram utilizados os mesmos procedimentos de coleta de água em triplicata, processamento das amostras em laboratório e análise dos dados durante o projeto Bramar. Foram identificados poços a montante do local de lançamento de esgoto *in natura*, após o lançamento *in natura* e o último localizado após o sistema de tratamento de esgotos deste município, que recebe contribuição de uma das três bacias de captação de esgoto existentes (Tabela 1).

**Tabela 1** - Características dos poços da sub-bacia do rio Sucurú em Sumé - PBo

Sub-bacia de SJC	Distância em relação a P1 (m)	Local/uso do solo	Características adjacentes ao poço	Coordenadas	
P1	0	Na parte do aluvião que atravessa o perímetro urbano	Ponto a montante do lançamento de esgoto <i>in natura</i>	- 7°40'17,2"	- 36° 53'40,4"
P3	2.110	1 km do centro urbano	Ponto a jusante do lançamento de esgoto <i>in natura</i>	- 7°40'40,2"	- 36°52'35,3"
P5	5.010	Irrigação de cultivo de milho e dessedentação de animais	Barragens subterrâneas do tipo submersa	- 7°40'21,8"	- 36°50'55,6"
P6	6.320	Cultivos de milho e dessedentação de animais	Ponto a jusante do sistema de tratamento de esgoto do município de Sumé	- 7°40'27,0"	- 36°50'14,5"
P9	8.780	Irrigação de capim e dessedentação de caprinos	Barragens subterrâneas do tipo submersa	- 7°40'54,9"	- 36°48'57,6"

Fonte: Autor (2020).

As coletas foram realizadas nos poços após a ocorrência de chuvas que geraram escoamento superficial e a entrada de água em P1, P3 e P6, por meio de recarga subsuperficial. No ponto de coleta P6, especificamente houve coleta de água superficial, para análise de qualidade, pois o poço encontrava-se submerso.

Nas Figuras 5 a 7 pode-se observar as características dos pontos de coleta.

**Figura 5** – Ponto de coleta P1



Fonte: Salgado (2016).

**Figura 6** – Ponto de coleta P3



Fonte: Salgado (2016).

**Figura 7** – Ponto de coleta P6



Fonte: Salgado (2016).

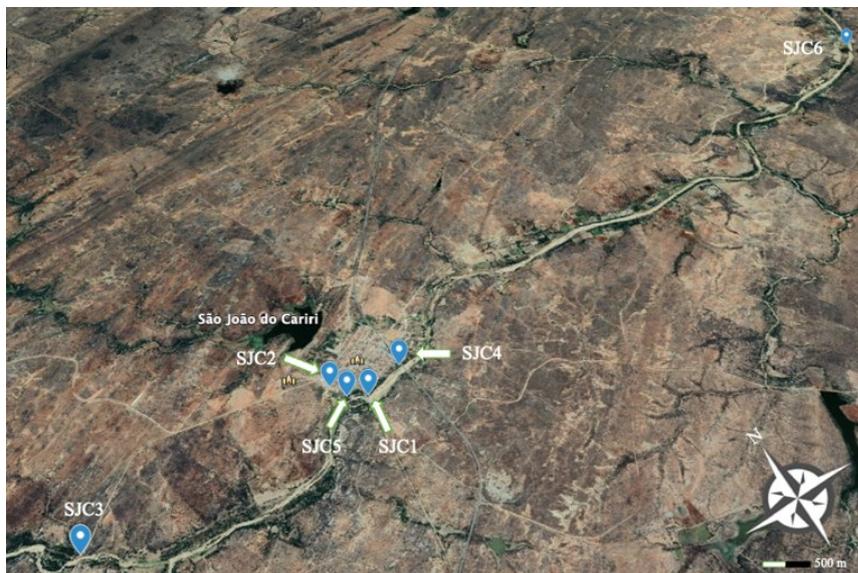
Os dados obtidos no ano de 2020, foram comparados, por meio de gráficos, aos dados obtidos por Salgado (2016) e ABELS *et al.* (2018), que monitoraram os poços no perímetro irrigado de Sumé, em período seco de 2015 a 2017 e, no ano de 2018, considerado como chuvoso.

O poço P1 estava desativado no período de 2015 a 2018 e, não foi possível ter acesso ao poço P6, no ano de 2020. Sendo assim, para efeito de comparação com os dados obtidos em 2020, foram utilizados os dados dos poços P3, P5 e P9 (ABELS *et al.*, 2018).

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NA SUB-BACIA DE SÃO JOÃO DO CARIRI

Ao longo do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, as atividades no entorno dos pontos de coleta, que supostamente alteram a qualidade da água, subsidiaram a seleção dos locais de coleta da água de superfície (Figura 8).

**Figura 8** - Localização dos pontos ao longo do rio Taperoá



**Fonte:** Google (2020) mapa modificado.

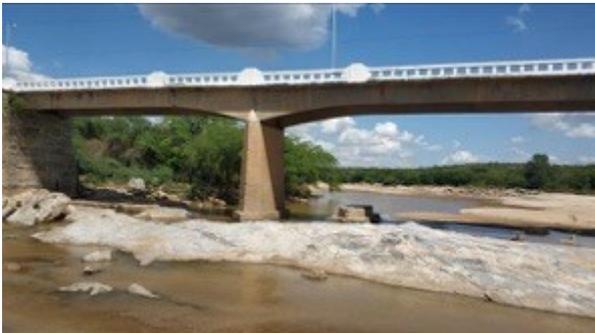
Na Tabela 2, pode-se observar as características e localização de pontos uso e ocupação do solo que alteram a qualidade da água neste trecho do rio Taperoá.

**Tabela 2** - Características dos pontos de monitoramento da sub-bacia de São João do Cariri – PB

Sub-bacia de SJC	Distância em relação a SJC1 (m)	Local/uso do solo	Características adjacentes ao ponto	Coordenadas	
SJC1	0	Abaixo da Ponte Antiga	Contribuição de fundos de construções em área de várzea e perímetros irrigados com pequenas plantações à montante	S7°23'36.2"	W36° 32' 05.0"
SJC2	264	Caixa coleta esgoto	Ponto que recebe contribuição da cidade para o rio	S7° 23' 27.8"	W36° 32' 07.4"
SJC3	2.400	Próximo ao Sítio Jurema	Controle	S7° 23' 25.5"	W36° 33' 20.7"
SJC4	513	Abaixo da Ponte Nova	Depois da contribuição da zona urbana	S7° 23' 35.2"	W36° 31' 48.5"
SJC5	919	Matadouro	Próximo a margem do rio	S7° 23' 33.5"	W36° 32' 06.2"
SJC6	8.360	Comunidade Curral do Meio	Ponto depois da zona urbana/ águas que passam pela comunidade depois de certa distância de diluição	S7° 23' 38.0"	W36° 27' 32.6"

Fonte: Autor (2020).

Nas Figuras 9 a 14, pode-se verificar os pontos visitados, na bacia hidrográfica do rio Taperoá, município de São João do Cariri, PB que foram escolhidos para a realização das coletas de amostras de água.

**Figura 9** - (SJC1) Ponte Antiga

Fonte: Autor (2020).

**Figura 10** - (SJC2) Caixa de coleta de esgoto

Fonte: Autor (2020).

**Figura 11** - (SJC3) Sítio Jurema

Fonte: Autor (2020).

**Figura 12** - (SJC4) Ponte Nova

Fonte: Autor (2020).

**Figura 13** - (SJC5) Fossão comunitário

Fonte: Autor (2020).

**Figura 14** - (SJC6) Comunidade Curral do Meio

Fonte: Autor (2020).

## 4.5 EQUIPAMENTOS USADOS

### 4.5.1 Para georreferenciamento

Foi utilizado um GPS portátil Garmin GPS Map 64s e o software QGIS 3.6 para indicação dos pontos em croqui ou mapa.

### 4.5.2 Para as coletas, análises e vidrarias utilizadas

Foram utilizados equipamentos como coletor em inox, turbidímetro, pHmetro, medidor de oxigênio dissolvido, condutivímetro, autoclave, destilador, osmose reversa, balança analítica, agitador magnético, forno mufla, estufa de secagem, dessecador, cabine de segurança, chapa aquecedora, banho-maria, espectrofotômetro.

Vidrarias: béckers, balões volumétricos, pipetas volumétricas, pipetas de Pasteur, tubos de ensaio, buretas, provetas, suportes, funis, pérolas de vidro, cubetas de vidro, termômetros, vidros de relógios, cápsulas de porcelana, espátulas, erlenmeyers, bastões de vidro, papeis indicadores, papeis de filtro, papeis toalha, vidros para reagentes, conta-gotas, bandejas de alumínio, caixa térmica.

## 4.6 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISES DAS AMOSTRAS

### 4.6.1 Período

No perímetro irrigado de Sumé, por meio do projeto BRAMAR, houve monitoramento da qualidade de água em poços, no período de maio de 2015 e abril

de 2018, com coletas de amostras realizadas em triplicata, com periodicidade mensal ou bimensal, dependendo da observação de recarga do aquífero aluvial. Entre 2015 e 2017, houve um longo período de estiagem na região do Nordeste do Brasil e, o ano de 2018, foi considerado como chuvoso no município de Sumé (ABELS *et al.*, 2018).

Durante o mês de fevereiro de 2020, duas visitas de campo foram realizadas nas áreas de estudo, para identificar fontes de poluição difusa a montante e a jusante das zonas urbanas dos municípios de São João do Cariri e de Sumé, localizados na região do alto curso do rio Paraíba, com identificação dos pontos de deposição de resíduos sólidos e lançamento de águas servidas.

A descarga de efluentes no aquífero aluvial do perímetro irrigado de Sumé, representa uma recarga não gerenciada do aquífero, o que causa risco para a população que utiliza da água para diversos fins (ABELS *et al.*, 2018).

As amostras de água para as análises foram coletadas em triplicata, no dia 17 de março de 2020, nos pontos selecionados em São João do Cariri e no dia 21 de abril de 2020, nos pontos selecionados em Sumé, após a observação de chuvas intensas, com consequente escoamento superficial. O período de ocorrência de chuvas intensas ocorre entre janeiro e abril, de acordo com a climatologia da área de estudo, localizada na região do Cariri paraibano.

#### **4.6.2 Procedimento de coleta, acondicionamento, armazenamento e análises das amostras**

Os procedimentos de coleta, acondicionamento e armazenamento das amostras seguiram as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (CETESB, 2011).

Recipientes de coleta com capacidade de 1000 ml de polipropileno foram esterilizados com álcool, lavados com detergente de uso específico laboratorial, isento de fosfatos, enxaguados com água destilada e deionizada em equipamento de osmose reversa, um dia antes e após cada coleta, no dia posterior.

As amostras foram aclimatadas em caixas térmicas com gelo, no local de coleta para posteriormente serem enviados aos laboratórios de Qualidade de Água, Química e de Biotecnologia do Campus de Sumé, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde se iniciaram as análises, observando os prazos de validade

estabelecidos visando garantir a integridade das amostras para as análises físico-químicas.

Para auxiliar na coleta de água nos poços em Sumé, foi utilizado um coletor em aço galvanizado, esterilizável que permitiu a retirada da amostra a uma profundidade de 0,2 m a partir da superfície da água, respeitando os mesmos procedimentos das coletas realizadas no período de 2016 a 2018, fomentadas pelo projeto Bramar (ABELS *et al.*, 2018).

No rio Taperoá foi utilizado um béquer para auxiliar a obtenção das amostras, devido à pequena profundidade da água, nos trechos onde foram realizadas as coletas de água.

#### 4.6.3 Análises físico-químicas

Os indicadores físico-químicos selecionados para este estudo seguiram os critérios das técnicas do Manual de Análises Físico-químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (SILVA e OLIVEIRA, 2001) e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), dos quais se baseou parte da Metodologia Adaptada do Laboratório de Química Analítica Aplicada do Campus de Sumé da UFCG, para os parâmetros listados no Quadro 1.

**Quadro 1** - Parâmetros físico-químicos e sensoriais com metodologia empregada

Parâmetro	Metodologia
Alcalinidade total	<i>Titulação de neutralização ácido-base</i>
Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	<i>Reativo de Nessler</i>
Cálcio	<i>Método de titulação EDTA</i>
Cloretos	<i>Método Argentométrico (Método de Mohr)</i>
Condutividade elétrica	<i>Método Instrumental - condutivímetro</i>
Cor	<i>Sensorial</i>
Dureza total (Ca e Mg)	<i>Método de titulação EDTA</i>
Magnésio	<i>Diferença da dureza total</i>
Nitrato	<i>Difenilamina sulfúrica a 0,5%</i>
Odor	<i>Sensorial</i>
Oxigênio dissolvido	<i>Método Instrumental - Medidor de OD</i>
Potencial hidrogeniônico	<i>Método Instrumental - pHmetro</i>
Sólidos totais dissolvidos	<i>Determinação de TDS a 105 ° C</i>
Sulfato	<i>HCl concentrado, cloreto de bário a 10%</i>
Temperatura	<i>Determinação em campo</i>
Turbidez	<i>Método Instrumental – turbidímetro</i>

Fonte: Autor (2020) (adaptado).

Para efeito de comparação das análises realizadas no ano de 2020, foram selecionados os parâmetros que também haviam sido obtidos durante o desenvolvimento do Projeto BRAMAR, no período de 2015 a 2018, considerando os valores médios obtidos durante as coletas de campo realizadas com periodicidade mensal ou bimensal.

#### **4.6.4 Dados utilizados obtidos por meio do projeto BRAMAR**

O aquífero aluvial do rio Sucurú recebe uma alta quantidade de esgoto não tratado da zona urbana do município de Sumé. Para avaliar os efeitos da carga de poluição difusa lançada no trecho do perímetro irrigado de Sumé, análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas com periodicidade mensal ou bimensal, entre maio de 2015 e abril de 2018. Os parâmetros analisados neste período, levaram em consideração a poluição orgânica, a contaminação fecal e a salinidade (ABELS *et al.*, 2018).

Devido às limitações de deslocamento e utilização dos laboratórios do CDSA-UFCG, impostas pela suspensão das atividades presenciais na UFCG, decorrentes da pandemia do COVID-19, foram utilizados dados obtidos por Salgado (2016) e pelo projeto BRAMAR (ABELS *et al.*, 2018), com manutenção dos parâmetros selecionados para a realização de análises no ano de 2020.

#### **4.7 TABULAÇÃO DOS DADOS**

A tabulação dos dados foi realizada com a utilização de planilhas eletrônicas, após obtenção da média dos valores das análises de cada amostra, realizadas em triplicata, com auxílio de gráficos e tabelas para comparação com os valores máximos permitidos pela Portaria MS nº 2.914/2011, consolidada pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Resolução CONAMA nº 396/2008, Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONAMA nº 430/2011, que alterou e complementou a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os dados obtidos foram associados aos impactos ambientais, ao uso e ocupação do solo, além das fontes de poluição no entorno dos pontos de coleta e amostragem, nos municípios de São João do Cariri e Sumé, Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar os efeitos da poluição difusa no aquífero aluvial do perímetro irrigado de Sumé, devido ao lançamento de efluentes domésticos tratados e não tratados e de áreas agropecuárias, no entorno da zona urbana do município de Sumé, devido a elevada carga de poluição lançada em vários pontos, em um trecho com distância aproximada de 9,0 km, a jusante do açude público de Sumé, foram conduzidas análises físico-químicas e microbiológicas, no período de maio de 2015 a abril de 2018.

No ano de 2020, procurou-se identificar, subsidiado pelas visitas de campo e análises de laboratório, quais parâmetros evidenciam os potenciais contribuintes da poluição difusa, oriundos de atividades produtivas agrícolas, industriais ou decorrentes de mau uso do solo.

Os dados obtidos foram associados aos impactos ambientais, as fontes de poluição, ao uso e ocupação do solo em trechos de aluviões das sub-bacias dos rios Sucurú e Taperoá, com extensões aproximadas de 9,0 km e 10,7 km, respectivamente, localizadas na região do alto curso do rio Paraíba, nos municípios de São João do Cariri e Sumé.

### 5.1 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NA SUB-BACIA DO RIO SUCURÚ

#### 5.1.1 Parâmetros de características físicas e sensoriais

As duas áreas de estudo, localizadas nas sub-bacias dos rios Sucurú e Taperoá, possuem zonas de baixios com presença de aluviões que favorecem a geração de escoamento superficial, após a ocorrência de precipitações de grande intensidade, comuns na região do semiárido paraibano e podem inundar poços do tipo amazonas construídos em leitos de cursos d'água. São aquíferos livres que estão na fronteira entre o regime de escoamento superficial e subterrâneo.

O escoamento superficial e a percolação da matéria orgânica para o solo resultaram em boa condição de depuração no aquífero, com a  $DBO_5$  variando de 0 a 6 mg/L, a demanda bioquímica de oxigênio (DQO), analisada apenas no ano de 2015, variou de 0 a 332 mg/L, com maior valor identificado em poço que recebe lançamento de esgoto da zona urbana do município de Sumé. O oxigênio dissolvido medido em

todos os poços, variou de 0,5 a 6,1 mg/L, enquanto o Nitrogênio Amoniacal variou de 0 a 15 mg/L. Coliformes termotolerantes foram encontrados em todos os poços, com confirmação de *E. coli* na maioria dos poços analisados, o que demonstra a contaminação fecal do aquífero. A contaminação por coliformes termotolerantes reduz quando se afasta da zona urbana, no entanto ocorre a recontaminação dos poços pelo esgoto proveniente da zona rural do perímetro irrigado de Sumé (ABELS *et al.*, 2018).

Elevadas concentrações de cloretos (2.489 - 8.618 mg/L) foram identificadas nos poços localizados na zona urbana, onde ocorre o lançamento *in natura* do esgoto. A concentração de cloretos reduz significativamente a 1,0 km, do lançamento de esgoto *in natura*, passando para uma faixa de 163 a 156 mg/L e, a 7,0 km da zona urbana a redução passa a ser de 321 até 7,1 mg/L. A redução de cloretos não pode ser associada completamente a filtração, mas devido a elevada dispersão dos sais no aquífero aluvial, devido aos cloretos serem altamente solúveis em água (ABELS *et al.*, 2018).

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos acompanharam a mesma tendência dos cloretos. No poço localizado na zona urbana, a variação da condutividade elétrica (CE) foi de 6,7 a 13,4 mS/cm e para os sólidos totais dissolvidos (STD) de 2.703 a 9.084 mg/L. Enquanto que a 1,0 km da zona urbana a CE variou de 0,8 a 4,4 mS/cm e os STD variaram de 312 a 3032 mg/L e, a 7,0 km da zona urbana, os menores valores de CE (0,5 a 1,5 mS/cm) e para os STD (277 a 1228 mg/L) em P9, último poço do perímetro monitorado (ABELS *et al.*, 2018).

Altos valores de sódio, cálcio, magnésio e potássio foram encontrados e de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América, o risco de salinização do solo é de alto a extremamente alto, no caso de utilização da água dos poços para fins de irrigação (ABELS *et al.*, 2018).

A concentração de Nitrato passou de 10 mg/L, em poços localizados na zona rural, devido as atividades agrícolas. A concentração de Nitrito variou de 0 a 5,5 mg/L e foram encontrados valor de metais pesados na ordem de 1,2 mg/L (ABELS *et al.*, 2018).

De acordo com os valores preconizados pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, os valores máximos permitidos foram superados, para os parâmetros analisados, o que demonstra que a qualidade da água monitorada nos poços, no período de 2015 a 2017, estava imprópria para a

maioria dos tipos de uso da água que ocorrem na região do perímetro irrigado de Sumé - PB (ABELS *et al.*, 2018).

Os resultados obtidos, após o processamento das amostras coletadas em 2020, foram comparados com os resultados obtidos por Salgado (2016) e os dados disponibilizados por meio do projeto de Cooperação Internacional, Brasil – Alemanha, Projeto BRAMAR (ABELS *et al.*, 2018), obtidos na mesma área de estudo deste trabalho, além da legislação de referência, para análise das diferenças no período compreendido entre 2016 e 2020, considerando os mesmos parâmetros de qualidade de água.

Na região do semiárido brasileiro é comum a ocorrência de grandes eventos de escoamento superficial após a ocorrência de chuvas intensas, o que gera alguns problemas aos produtores rurais que constroem poços no curso d'água principal, de rios intermitentes, para o aproveitamento da água disponível em aluviões, sendo os mais comuns, o tombamento dos poços construídos em alvenaria de tijolos ou com anéis de concreto e a queima de equipamento tipo motor-bomba, quando não são retirados da margem do rio antes da geração do escoamento superficial.

Na Figura 15, pode-se observar a situação da recessão do escoamento superficial no rio Sucurú, onde foi realizada coleta de água no poço P6, no dia 21 de abril de 2020, para quantificação de parâmetros de qualidade de água.

**Figura 15** – Poço P6 no período de recessão do escoamento superficial em abril de 2020



**Fonte:** Autor (2020).

Na Tabela 3, pode-se observar algumas características físicas e sensoriais obtidas durante as visitas de campo, após a coleta de amostras, realizada no dia 21 de abril de 2020 e processamento dos dados, na sub-bacia do rio Sucurú.

**Tabela 3** – Parâmetros de características físicas e sensoriais do rio Sucurú em Sumé - PB

	P1	P3	P6
LOCAL/ USO DO SOLO*	a	b	c
CARACTERÍSTICAS ADJACENTES AO PONTO**	d	e	f
COORDENADAS	S7° 40' 17.2" W36° 53' 40.4"	S7° 40' 21.8" W36° 50' 55.6"	S7° 40' 27.0" W36° 50' 14.5"
HORA COLETA	06:20	07:40	08:29
ODOR	Característico	Característico	Característico
COR	Amarelo	Amarelo	Amarelo
DADOS PLUVIOMÉTRICOS (AESA, 2020) acumulado de 2 dias até a coleta	72,3 mm		

\* <sup>a</sup> Região do aluvião que atravessa o perímetro urbano; <sup>b</sup> A 1 km do centro urbano; <sup>c</sup> Cultivos de milho; \*\* <sup>d</sup> Ponto a montante do lançamento de esgoto *in natura* (abatedouro de frango); <sup>e</sup> Ponto a jusante do lançamento de esgoto *in natura*; <sup>f</sup> Ponto a jusante do sistema de tratamento de esgoto do município de Sumé, PB.

Fonte: (Autor (2020)).

### 5.1.2 Parâmetros quantitativos

Na Tabela 4 pode-se observar os resultados obtidos após o processamento das amostras coletadas no ano de 2020.

**Tabela 4** – Parâmetros quantitativos obtidos na sub-bacia do rio Sucurú, Sumé - PB

	P1	P3	P6	VMP*
TEMPERATURA °C	28	27	26,5	**
pH	7,96	7,52	7,56	6,0-9,5 <sup>a</sup>
TURBIDEZ (NTU)	4,7	11,1	76	**
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm <sup>-1</sup> )	1.723	705,5	353,8	**
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	8,8	8,7	6,2	**
STD (mg/L)	1.283	521	332	1000 <sup>a</sup>
DUREZA TOTAL (mg/L)	225	147,5	102,5	500 <sup>a</sup>
Ca (mg/L)	77,5	60	55	**
Mg (mg/L)	147,5	87,5	47,5	**
ALCALINIDADE (mg/L)	317,5	128,5	84	**
CLORETOS (mg/L)	368,68	180,79	88,62	250 <sup>a</sup> ; 100-700 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Consumo humano; <sup>b</sup> irrigação.

\* VMP – Valor máximo permitido. Portaria/ Resolução de referência: Resolução CONAMA nº 396/2008; Portaria MS nº 2.914/2011 (consolidada pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017).

\*\* Sem indicação na legislação citada.

Fonte: Autor (2020).

### 5.1.2.1 Temperatura

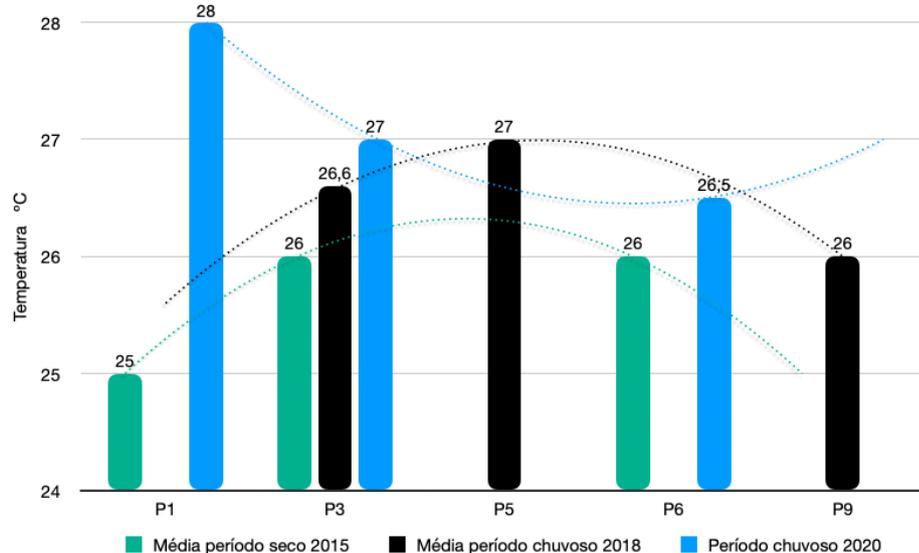
A temperatura da água nos poços, observada durante as coletas de amostras de água, em 2020, variou de 26°C a 28°C (Figura 16).

Os resultados de temperatura obtidos nos poços analisados no rio Sucurú, não apresentaram variação significativa, tanto em relação aos parâmetros sensoriais, quanto à média dos valores de temperatura obtidos em 2015 e 2018, embora em períodos distintos, seco e chuvoso.

De acordo com Sperling (2014), o aumento de temperatura pode estar relacionado às trocas térmicas entre atmosfera e o solo, impulsionados pela radiação solar, condução e convecção.

O aumento da temperatura do poço P1, em 2020, pode ter sido ocasionada por alterações antrópicas no seu entorno e será analisada em conjunto com outros parâmetros de qualidade da água bruta.

**Figura 16** – Temperatura da água dos poços em trecho do aluvião no rio Sucurú



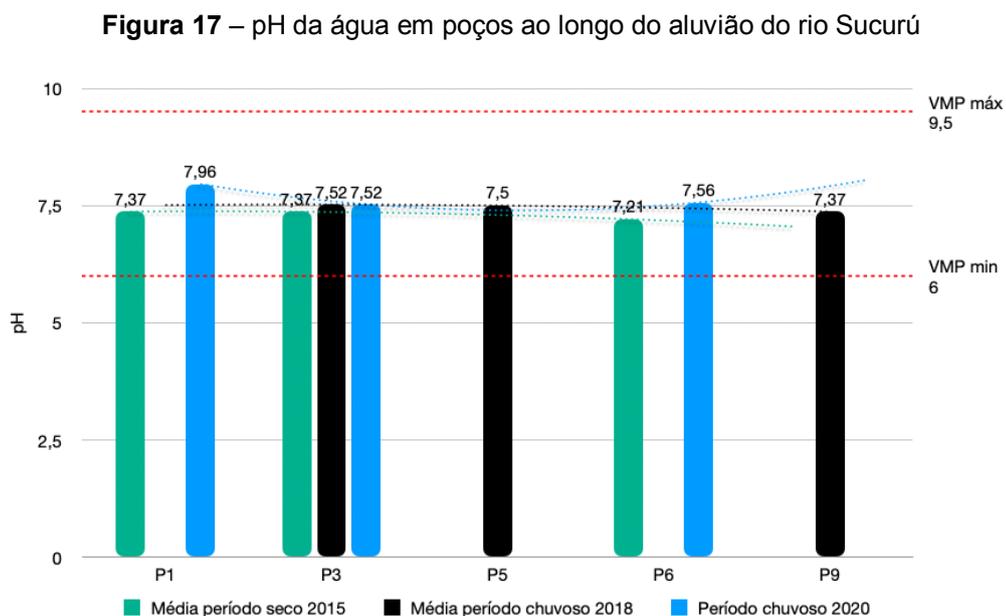
Fonte: Autor (2020).

Segundo Sperling (2014), elevações de temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas. Em sua faixa usual de temperatura, diminuem a solubilidade dos gases (ex.: oxigênio dissolvido) e aumentam a taxa de transferência dos gases que podem ocasionar mau cheiro, liberação de gases com odores desagradáveis. Também conforme Buzelli e Cunha-Santino (2013), o aumento da temperatura tem como consequência a intensificação da taxa de decomposição da

matéria orgânica, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio do ambiente aquático.

### 5.1.2.2 pH

Em relação a variação do pH nos poços utilizados para análise, embora estejam dentro do espectro dos valores máximo e mínimo da legislação, foi observado um aumento em P1 em relação aos poços localizados neste trecho do aluvião, do rio Sucurú (Figura 17).



Fonte: Autor (2020).

Lenzi *et al.* (2014), relacionaram valores elevados de pH (básico) a maior precipitação de sais no meio. O tipo de solo predominante na região do aluvião do rio Sucurú, a ausência de chuvas periódicas e os modos produtivos tradicionais de irrigação, favorecem a concentração de sais no solo e na água.

Silva (2017) afirmou que os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade total, o que corrobora com os valores de alcalinidade para o poço P1.

### 5.1.2.3 Turbidez

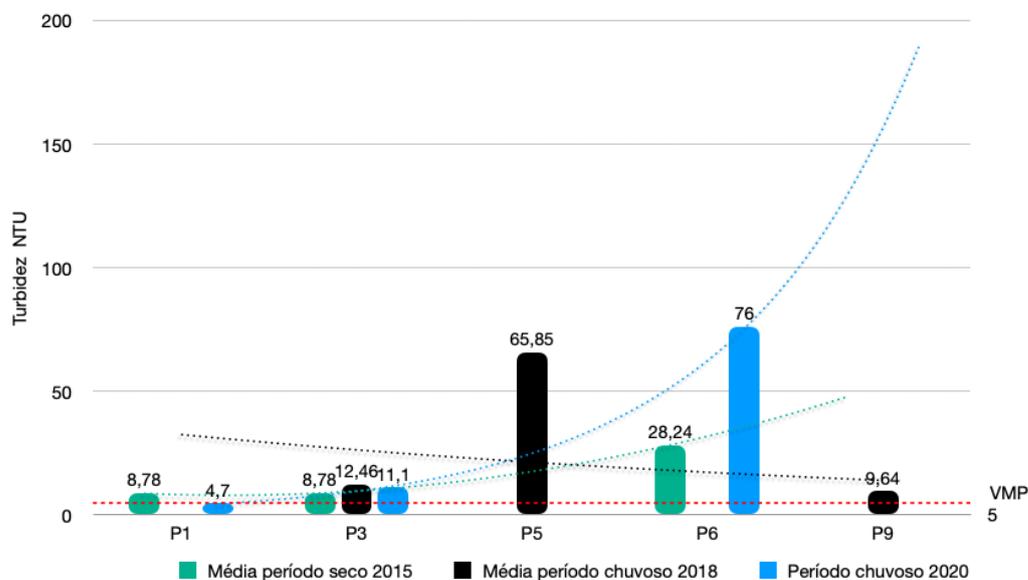
Salgado (2016), ressaltou que, existe revolvimento de sedimentos no entorno dos poços monitorados, com modificações dos valores de turbidez. Foi possível observar essa característica, durante os trabalhos de campo e confirmados pelos

resultados obtidos, após o processamento das análises em laboratório, no período chuvoso do ano de 2020.

O aumento observado da turbidez, nos períodos chuvosos de 2018 e 2020, está associado ao transporte de sedimentos devido ao escoamento superficial, com consequente inundação dos poços P5 e P6 (Figura 18). No entanto, não se pode desprezar os efeitos do uso e ocupação do entorno dos poços P5 e P6, onde existem cultivos de milho e sorgo, com aplicação de agrotóxicos e criação de ovinos.

Mesmo a legislação não adotando um valor máximo permitido para este parâmetro, recomenda-se seu monitoramento, pois, segundo Lenzi *et al.* (2014), se a natureza química dos compostos em suspensão não for tóxica, a turbidez é apenas uma questão de inadequação estética. Mas os microrganismos, inclusive os patógenos, geralmente se associam a essas partículas em busca de alimento e proteção.

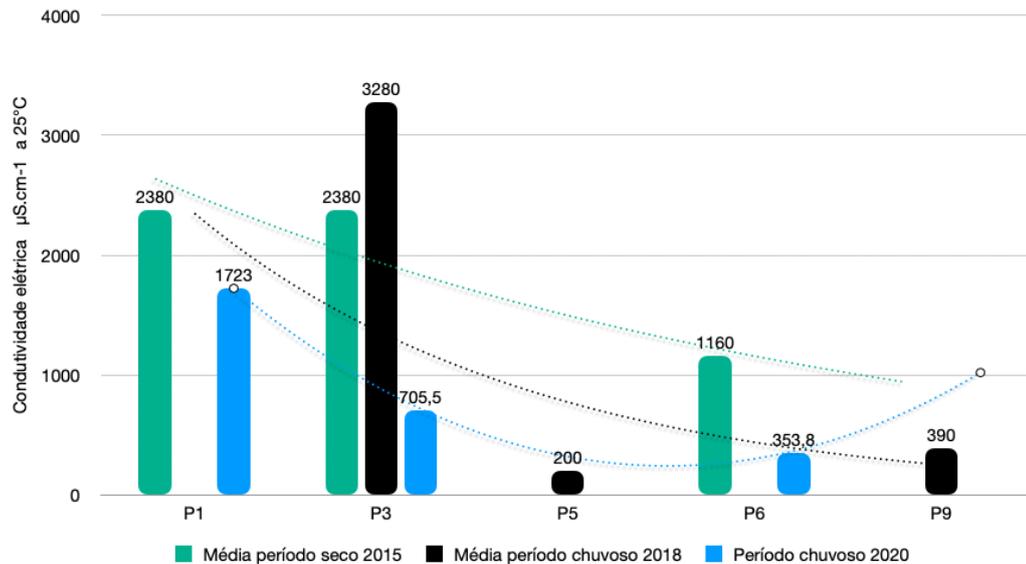
**Figura 18** – Turbidez da água dos poços no rio Sucurú



Fonte: Autor (2020).

#### 5.1.2.4 Condutividade elétrica

Os valores elevados de condutividade em P1 (Figura 19) estão associados à proximidade deste poço ao perímetro urbano, onde ocorre a lixiviação do esgoto *in natura* que atinge a região do aluvião, às características do solo e presença de atividades humanas no seu entorno.

**Figura 19** – Condutividade elétrica da água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú

Fonte: Autor (2020).

Em pesquisa exploratória, Salgado (2016) observou que nas proximidades do poço P1, havia presença de indústria de ração de animais, que possuía em sua estrutura uma pocilga e um sistema de criação de aves.

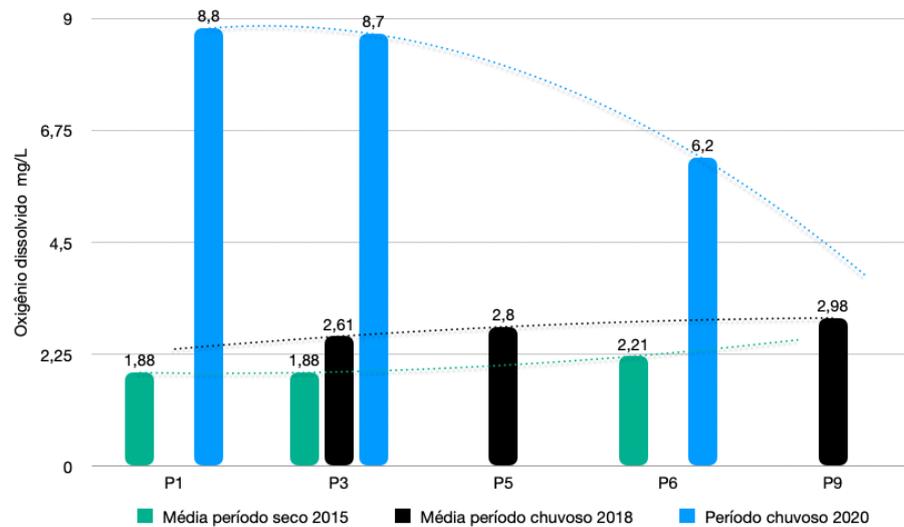
Durante as visitas de campo, constatou-se um abatedouro de aves com estrutura predial consolidada e em expansão, onde resíduos líquidos e sólidos eram lavados e lançados no solo e, em período de ocorrência de chuvas intensas, o escoamento superficial tem energia cinética suficiente para os transportar até o leito do rio Sucurú, por meio do qual os poços são reabastecidos, poluindo-o com substâncias químicas e dissolução de íons presentes na matéria orgânica transportada.

O maior valor de condutividade continua ocorrendo em Poço P1, com forte influência do lançamento de esgoto *in natura*, mas existe uma atenuação dos valores de condutividade em P3 e P6, no ano de 2020, devido ocorrência do escoamento superficial e da distância destes poços da zona urbana do município de Sumé, PB.

#### 5.1.2.5 Oxigênio dissolvido

Os valores de oxigênio dissolvido, nos três poços analisados em 2020, apresentaram um aumento considerável em relação aos valores obtidos em 2015 e 2018 (Figura 20), devido a diluição da matéria orgânica no período chuvoso.

**Figura 20** – Oxigênio dissolvido na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú



**Fonte:** Autor (2020).

Segundo Sperling (2014), valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos.

No entanto, com ocorrência de precipitação, pode haver escoamento superficial, que promove a diluição dos poluentes, melhorando as características dos parâmetros como em períodos chuvosos, raros na região do semiárido. Mas em períodos secos, ocorre o inverso como observado em relação à média de 2015.

Devemos considerar que o aluvião é uma região que recebe recarga de diversas fontes. Precipitação, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, além dos lançamentos de esgotos que infiltram e percolam, sendo transferidos de pontos de relevo com maior altitude, para os de menor altitude, com filtração de contaminantes que dificultam a percepção visual da poluição.

Segundo Lenzi *et al.* (2014), a água renovada encontra-se saturada de oxigênio e esses valores dependem não somente da temperatura da água e natureza da matéria orgânica, mas também de sua concentração. Salgado (2016) alertou para os baixos valores obtidos no período seco, devido a maior parte do oxigênio ser consumido na oxidação da matéria orgânica, durante a percolação da água na zona de aeração.

#### 5.1.2.6 Sólidos totais dissolvidos

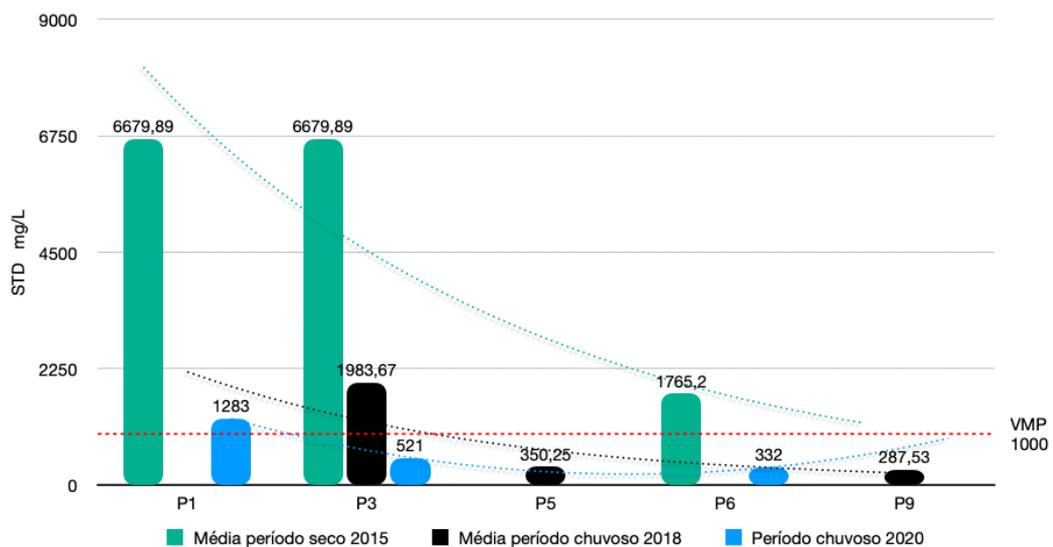
Os resultados obtidos para os sólidos totais dissolvidos têm tendência semelhante aos valores de condutividade elétrica (Figura 19). O mesmo

comportamento de redução dos sólidos totais dissolvidos de P1 em relação aos demais poços (Figura 21).

As águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos do que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados, mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos (SILVA, 2017).

Os sólidos totais dissolvidos são também considerados indicadores do nível de salinidade das águas, pois dependendo quantidade de íons dissolvidos, tem-se a capacidade destes de conduzir corrente elétrica em maior ou menor medida. Muito embora não se possa esperar uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos totais dissolvidos, já que as águas naturais não são soluções simples, tal correlação é possível para águas de determinadas regiões onde exista a predominância bem definida de um determinado íon em solução (BRASIL, 2014).

**Figura 21** – Sólidos totais dissolvidos na água em poços ao longo do aluvião do rio Sucurú



Fonte: Autor (2020).

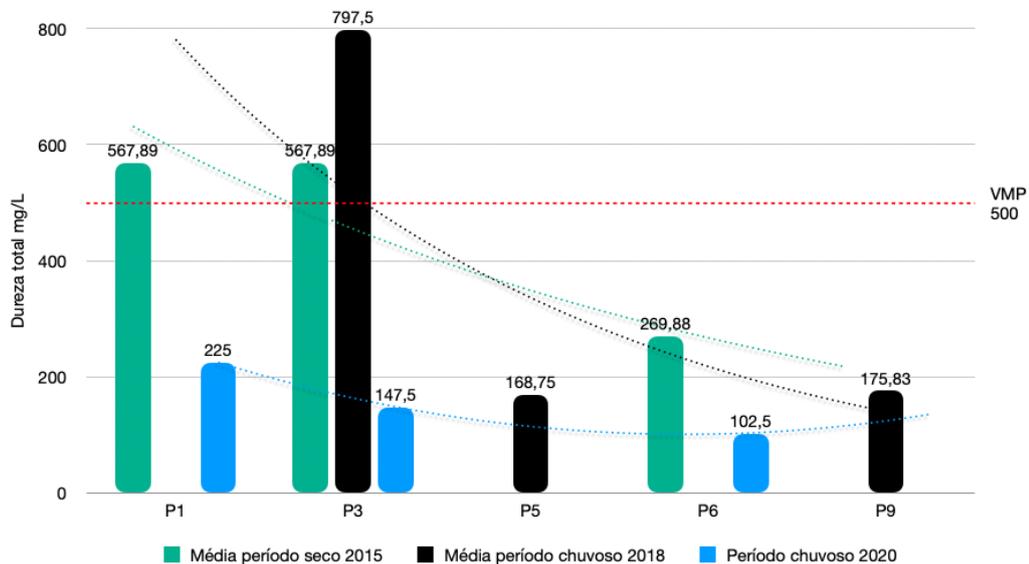
### 5.1.2.7 Dureza total

Os resultados obtidos de dureza total nos poços P1, P3 e P6, no ano de 2020, possuem tendência semelhante, mesmo que em menor proporção, aos poços monitorados nos anos de 2015 e 2018, nos períodos seco e chuvoso, para condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (Figura 22).

Esse comportamento se justifica pela proximidade do poço P1 ao meio urbano e de atividades humanas que promovem o lançamento de efluentes, sem tratamento, no leito do rio. Nos anos de 2015 e 2018, os valores de dureza total, nos poços P1 e

P3, superaram o valor máximo permitido para consumo humano, definido pela legislação específica (Figura 21).

**Figura 22** – Dureza total na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú



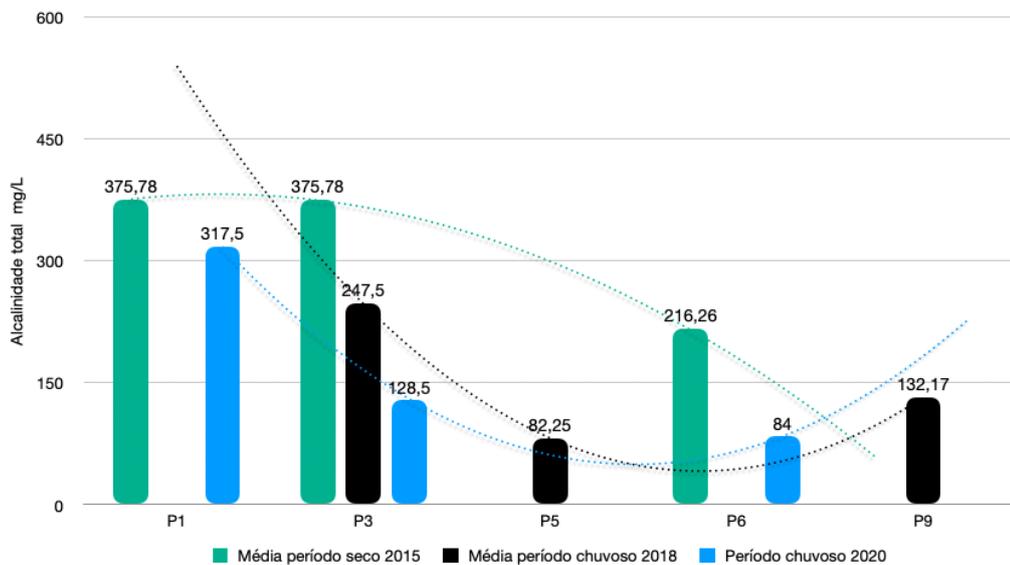
Fonte: Autor (2020).

O maior responsável pelo aumento da dureza nas análises, os altos níveis de magnésio podem causar comprometimento à saúde humana em indivíduos com insuficiência renal e cardíacas, como também com problemas gastrointestinais. No entanto, a legislação não faz restrições de valores máximos permitidos para a concentração desse íon em particular em águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Lenzi *et al.* (2014), o magnésio é um cátion bivalente causador da dureza. Essa dureza pode ser eliminada com a adição de substâncias alcalinas, assim, essa dureza pode ser eliminada da água, evitando os problemas por ela causados.

### 5.1.2.8 Alcalinidade

Os valores da alcalinidade (Figura 23) para os poços da série analisada, embora não haja valores de referência na legislação consultada, corroboram com os valores obtidos de pH, com valores maiores do poço P1, à montante da zona urbana do município de Sumé, com redução significativa no poço P6, que está localizado a 2,7 km da zona urbana, que recebe a contribuição de esgoto tratado, por meio de lagoas de estabilização, de uma das bacias de coleta deste município, além de sua diluição ao longo do curso d'água presente no aluvião. A tendência dos valores de alcalinidade também se verifica nos valores de dureza total.

**Figura 23** – Alcalinidade na água dos poços ao longo do aluvião do rio Sucurú

Fonte: Autor (2020).

Esses valores podem ser um caso de homeostasia ambiental entre dureza e alcalinidade para esses parâmetros, ou serem mesmo uma alteração desses individualmente, por causas antrópicas no entorno dos pontos de coleta.

#### 5.1.2.9 Cloretos

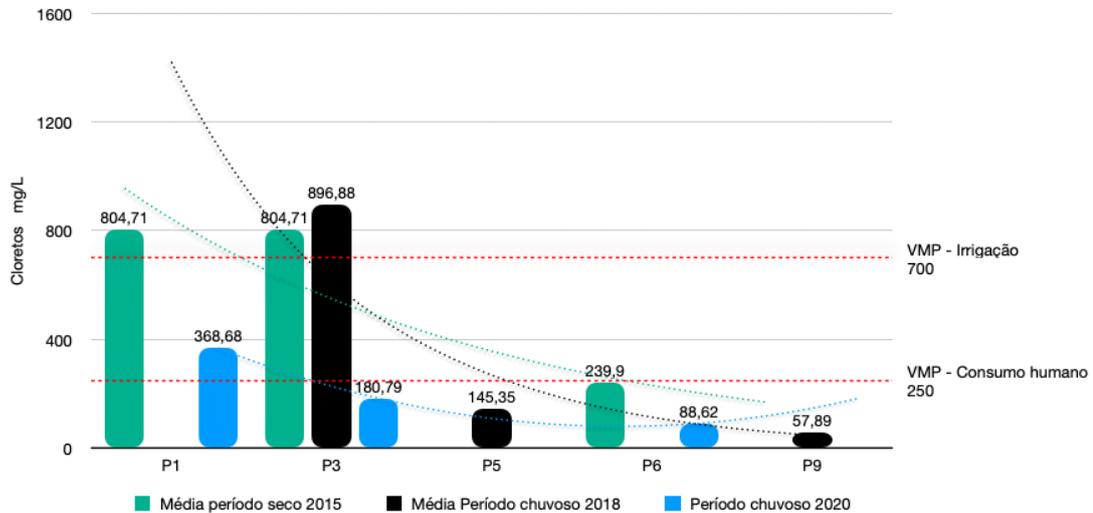
Os cloretos conferem à água sabor salino e são laxativos, tornando-se inconvenientes em concentrações elevadas. Concentrações de cloretos em águas doces são indicativas de poluição por esgotos domésticos (LENZI *et al.*, 2014).

No poço P1, localizado à montante da zona urbana do município de Sumé, os valores obtidos para cloretos ultrapassam os valores máximos permitidos para consumo humano (250 mg/L) e irrigação (100 a 700 mg/L), no ano de 2015 e, para consumo humano em 2020. Para o poço P3, pode-se observar o mesmo comportamento nos anos de 2015 (seco) e 2018 (chuvoso). No entanto, para o ano de 2020, o valor de cloretos não ultrapassa o valor máximo permitido para consumo humano.

Levando em conta a solubilidade dos cloretos, que por sua natureza são na forma de sais de sódio, foi possível observar após análises das amostras de água, que houve dissolução durante o período chuvoso do ano de 2020, de P1 até P6, mas também quando se compara com os dados de P3 a P9, nos anos de 2015 (período

seco) e 2018 (período chuvoso), em maior proporção nos períodos chuvosos (Figura 24).

**Figura 24** – Cloretos na água dos poços em trecho do aluvião do rio Sucurú



Fonte: Autor (2020).

### 5.1.3 Parâmetros qualitativos

Devido as restrições impostas pela disseminação da pandemia do Covid-19, algumas análises quantitativas não puderam ser realizadas, pois foi estabelecido o regime de trabalho remoto na Universidade Federal de Campina Grande. Sendo assim, as análises qualitativas foram realizadas para identificação de presença ou não de nitrogênio amoniacal em sua forma livre (N-NH<sub>3</sub>), nitrato e sulfato (Tabela 5).

**Tabela 5** – Parâmetros **qualitativos** da sub-bacia do rio Sucurú em Sumé – PB

	P1	P3	P6
NITROGENIO AMONICAL(N-NH <sub>3</sub> )	não	não	sim <sup>a</sup>
NITRATO (NO <sub>3</sub> -)	sim <sup>b</sup>	sim	não
SULFATO (presença de ppm de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	sim <sup>c</sup>	não	não

<sup>a</sup> Coloração amarela; <sup>b</sup> coloração azul fraco; <sup>c</sup> presença de ppt branco.

Fonte: Autor (2020).

As concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal, nos períodos de 2015 e 2018, estiveram abaixo dos limites de quantificação praticáveis, de acordo com a Portaria MS nº 2.914/2011 e a Resolução CONAMA nº 396/2008 e, por isso, foram considerados ausentes. O íon sulfato não foi investigado nestes períodos.

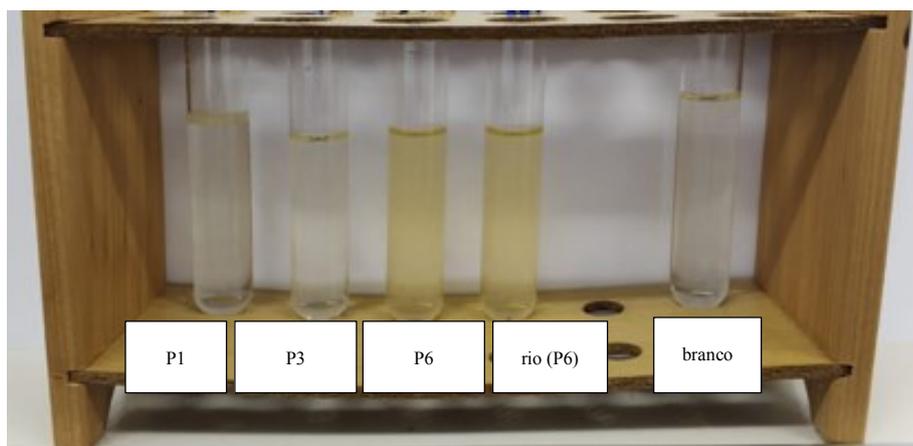
### 5.1.3.1 Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

Segundo Salgado (2016), P6 está localizado próximo às plantações de milho e sorgo, nas quais são utilizados agrotóxicos. No entorno ao poço P6, existe a criação de aproximadamente 300 ovinos, o que pode influenciar a água do poço através de contaminação fecal. A jusante deste poço está o P7, cuja propriedade lança seus esgotos em fossa negra, cujos resíduos infiltram no solo e podem poluir as águas do poço.

Importante ficar atento para a possibilidade, segundo Parron (2011), em águas alcalinas e com a presença de compostos amoniacais, de ocorrer a formação de altos níveis íons cátions de amônia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

A presença de amônia, na amostra de P6 e no rio (Figura 25), indica contaminação por esgoto bruto ou aporte de fertilizantes oriundo das proximidades ou de pontos mais distantes o que caracteriza um forma difusa de poluição.

**Figura 25** – Análise confirmando presença de amônia na amostra P6



**Fonte:** Autor (2020).

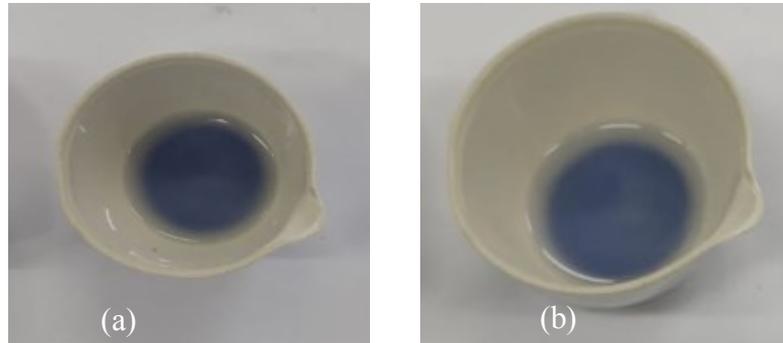
Segundo Lenzi *et al.* (2014), foi observado a presença de nitrogênio orgânico em água poluída com matéria orgânica. O nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes (SPERLING, 2014).

### 5.1.3.2 Nitrato

Após as análises, as amostras P1 e P3 (Figura 26), poços próximos à zona urbana do município de Sumé, foram identificadas presença de nitrato. Segundo Lenzi *et al.* (2014), concentrações de nitrato indicam uma poluição mais antiga, onde a

matéria orgânica já foi mineralizada, isto é, o nitrogênio orgânico presente foi mineralizado a  $\text{NH}_3$  e, este oxidado a  $\text{NO}_3^-$ .

**Figura 26** – Análise confirmando presença de nitrato para amostras em P1(a) e P3(b)



Fonte: Autor (2020).

Sperling (2014), alerta que o nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metaemoglobinemia (síndrome do bebê azul). Para métodos quantitativos, a legislação de referência contempla valores máximos permitidos para consumo humano e dessedentação animal, tal sua importância. A nitrificação é o processo pelo qual bactérias autotróficas (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*), utilizam o oxigênio dissolvido para transformar formas nitrogenadas de matéria orgânica em nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). As *Nitrosomonas* são responsáveis pela oxidação da amônia a nitrito e as *Nitrobacter* pela oxidação do nitrito a nitrato (ANDRADE, 2010).

Na solução do solo, o nitrato fica muito propenso ao processo de lixiviação e ao longo do tempo pode haver considerável incremento nos teores de nitrato em águas profundas (RESENDE, 2002).

#### 5.1.3.3 Sulfato

Para análise de sulfato foi encontrado presença deste parâmetro do poço P1, como pode ser observado no precipitado da Figura 27.

**Figura 27** – Análise confirmando presença de sulfato para a amostra P1 (precipitado)



Fonte: Autor (2020).

Próximo ao poço P1, foi identificado um abatedouro de aves, e o resultado da análise da amostra corrobora com Lenzi *et al.* (2014), onde afirmam que os sulfatos conferem à água sabor salino, são laxativos em maiores concentrações. Os sulfatos são originários de águas residuais de curtumes e outras atividades industriais. Combinado com  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  causam dureza permanente na água.

#### **5.1.4 Autodepuração à montante e a jusante da zona urbana do município de Sumé**

O oxigênio dissolvido (OD) é o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático, uma vez que é fundamental para a manutenção dos organismos aquáticos aeróbios. Os níveis de OD indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática e seu adequado fornecimento é essencial para a manutenção de processos de autodepuração (SILVA *et al.*, 2016).

No ano de 2020, não foi identificada a presença de amônia (Figura 24), mas de nitrato (Figura 25) nos poços P1 e P3, o que indica presença de poluição antiga, onde a matéria orgânica foi oxidada, o que justifica os valores de OD iguais a 8,8 e 8,7 mg/L, respectivamente. Os valores elevados de OD estão associados a troca de gases entre os meios líquido e gasoso, denominado de reaeração atmosférica, processo de introdução de oxigênio no corpo hídrico, que ocorre por meio da difusão molecular e turbulenta, na recarga do aluvião, desde que a concentração do oxigênio, na fase líquida, não esteja saturada (SPERLING, 1996).

A redução dos valores de alcalinidade, condutividade elétrica, cloretos e dureza total, nos poços P5, P6 e P9, distantes 2,9km, 4,2km e 6,67km do poço P3, que recebe elevada carga de poluentes da zona urbana do município de Sumé, indica a diluição dos poluentes no interior do aluvião do perímetro irrigado, nos períodos seco (2015 a 2017) e chuvoso (2018 e 2020). O despejo de esgoto tratado de 1/3 da área da zona urbana do município de Sumé, a jusante de P3 e a montante dos poços P5, P6 e P9, favoreceu a redução dos valores destes parâmetros de qualidade da água bruta.

No poço P6, a ausência nitrato e a presença de amônia justificam o decréscimo dos valores de OD (6,2 mg/L) e indica poluição recente com atividade de consumo deste, o que pode sugerir a não existência de depuração entre o poço P3 quando compara-se com os valores obtidos nos poços P5, P6 e P9. Os menores valores de OD foram observados no período de 2015 a 2017, período seco da série analisada, onde existe um discreto aumento dos valores de OD nos poços P5, P6 e P9. A descarga de efluentes domésticos e/ou de fertilizantes no ponto além dos limites de

capacidade de atenuação de poluentes, impossibilita o processo de depuração de forma efetiva (FINKLER *et al.*, 2015).

## 5.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA OBTIDOS NA BACIA DO RIO TAPEROÁ

### 5.2.1 Parâmetros de características físicas e sensoriais

Na Tabela 6, pode-se observar algumas características físicas e sensoriais obtidas durante as visitas de campo na sub-bacia do rio Taperoá, em um trecho de aluvião com aproximadamente 10,7 km de extensão, localizada na região do alto curso do rio Paraíba, município de São João do Cariri, PB, Nordeste do Brasil.

Os resultados obtidos, após o processamento das amostras, foram comparados com as médias obtidas por Barbosa *et al.* (2006), Neto *et al.* (2009) e Bezerra (2018), da mesma sub-bacia de estudo deste trabalho, embora em municípios diferentes, além da legislação de referência, para análise das diferenças entre os períodos e 2020, considerando alguns parâmetros disponíveis de qualidade de água.

**Tabela 6** – Parâmetros de características físicas e sensoriais dos pontos do trecho da sub-bacia de São João do Cariri - PB

	SJC1	SJC2	SJC3	SJC4	SJC5	SJC6
LOCAL*	a	b	c	d	e	f
CARACTERÍSTICAS ADJACENTES AO PONTO/ USO DO SOLO**	g	h	i	j	k	l
COORDENADAS	S7°23'36.2" W36° 32' 05.0"	S7° 23' 27.8" W36° 32' 07.4"	S7° 23' 25.5" W36° 33' 20.7"	S7° 23' 35.2" W36° 31' 48.5"	S7° 23' 33.5" W36° 32' 06.2"	S7° 23' 38.0" W36° 27' 32.6"
HORA COLETA	08:13	09:04	09:28	09:55	10:30	11:52
ODOR	Característico	Característico	Característico	Característico	Acre	Característico
COR	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo límpido	Amarelo
DADOS PLUVIOMÉTRICOS (AESA, 2020) acumulado de 2 dias até a coleta				73,4 mm		

\* <sup>a</sup> Abaixo da Ponte Antiga (0 m); <sup>b</sup> ponto do rio Taperoá próximo à caixa de coleta de esgoto (264 m de SJC1); <sup>c</sup> próximo ao Sítio Jurema (2.400 m de SJC1); <sup>d</sup> abaixo da Ponte Nova (513 m de SJC1); <sup>e</sup> ponto do rio próximo ao fossão desativado (919 m de SJC1); <sup>f</sup> comunidade Curral do Meio (8.360 m de SJC1).

\*\* <sup>g</sup> Despejo de esgotos de fundos de construções em área de várzea e irrigados com pequenos cultivos à montante; <sup>h</sup> ponto que recebe despejos de esgoto da cidade de SJC para o rio; <sup>i</sup> Controle; <sup>j</sup> A jusante da dos despejos da zona urbana de SJC; <sup>k</sup> Matadouro na parte posterior de construção próxima a margem do rio Taperoá; <sup>l</sup> A jusante da zona urbana de SJC (águas que passam pela comunidade Curral do Meio depois de certa distância de diluição).

**Fonte:** Autor (2020).

### 5.2.2 Parâmetros quantitativos

Na Tabela 7 pode-se observar os resultados obtidos após o processamento em laboratório das amostras coletadas.

Para o trecho analisado, localizado na bacia hidrográfica do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, não existem determinações anteriores dos parâmetros escolhidos para a realização das análises dos dados. Sendo assim, os dados foram dispostos em tabelas e gráficos, delineando a evolução dos parâmetros, de acordo com a localização dos pontos de coleta das amostras de água, havendo pontos a montante e a jusante da zona urbana desse município.

**Tabela 7 – Parâmetros quantitativos dos pontos em trecho da sub-bacia do rio Taperoá**

	SJC1	SJC2	SJC3	SJC4	SJC5	SJC6	VMP <sup>a</sup>
TEMPERATURA °C	26,5	27	30	28	29	30	< 40 ° <sup>c</sup>
pH	7,57	7,26	7,52	7,28	8,02	6,26	6,0-9,0 <sup>a</sup>
TURBIDEZ (NTU)	75	71	1.400 <sup>d</sup>	1.400 <sup>d</sup>	15,9	1.400 <sup>d</sup>	**
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm <sup>-1</sup> )	109,4	162,2	105,8	101,1	1.751	118,3	**
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	9,7	6,5	7,1	11	5,6	10,7	**
STD (mg/L)	123	218	96	146	1253	123	1000 <sup>a</sup>
DUREZA TOTAL (mg/L)	45	75	75	40	300	40	500 <sup>a</sup>
Ca (mg/L)	10	20	25	20	300	25	**
Mg (mg/L)	35	55	50	20	0	15	**
ALCALINIDADE (mg/L) <sup>***</sup>	44	54	55	44	46	43	**
CLORETOS (mg/L)	28,36	49,63	49,63	42,54	326,14	63,81	250 <sup>a</sup> ; 100-700 <sup>b</sup>

\* VMP – Valor máximo permitido. Portaria/ Resolução de referência: Resolução CONAMA nº 357/2005; Resolução CONAMA nº 430/2011 (altera e complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005); Portaria MS nº 2.914/2011 (consolidada pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017).

<sup>a</sup> Consumo humano; <sup>b</sup> irrigação; <sup>c</sup> lançamento de efluentes; <sup>d</sup> valor máximo medido pelo turbidímetro.

\*\* Sem indicação na legislação citada.

\*\*\* Com fenolftaleína (6 gotas). Todas as amostras continuaram em sua cor o que indica pH < 8,2.

Fonte: Autor (2020).

#### 5.2.2.1 Temperatura

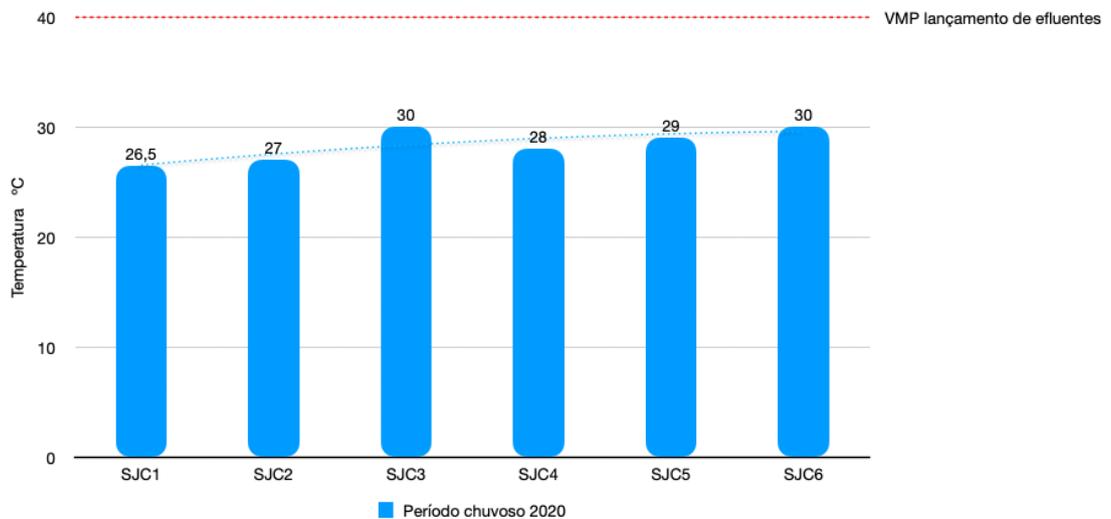
A temperatura da água nos pontos de coleta, medida durante a visita de campo no ano de 2020, variou de 26,5°C a 30°C (Figura 28). O valor máximo permitido de

temperatura da água é de 40°C, para o lançamento de efluentes, de acordo com Resolução CONAMA nº 430/2011.

Trabalhos realizados em sub-bacias do rio Taperoá, identificaram valores de temperatura da água em trechos de aluviões de rios intermitentes com valores médios de 26,9°C e 27°C (BARBOSA *et al.*, 2006; BEZERRA, 2018).

As temperaturas medidas nos pontos de coleta apresentaram padrões de normalidade, considerando o valor máximo permitido (VMP), conforme a legislação de referência.

**Figura 28** - Temperatura da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



Fonte: Autor (2020).

Segundo Oliveira *et al.* (2008), os corpos de água naturais apresentam variações de temperaturas sazonais em razão do regime climático normal. Fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade influenciam a temperatura superficial.

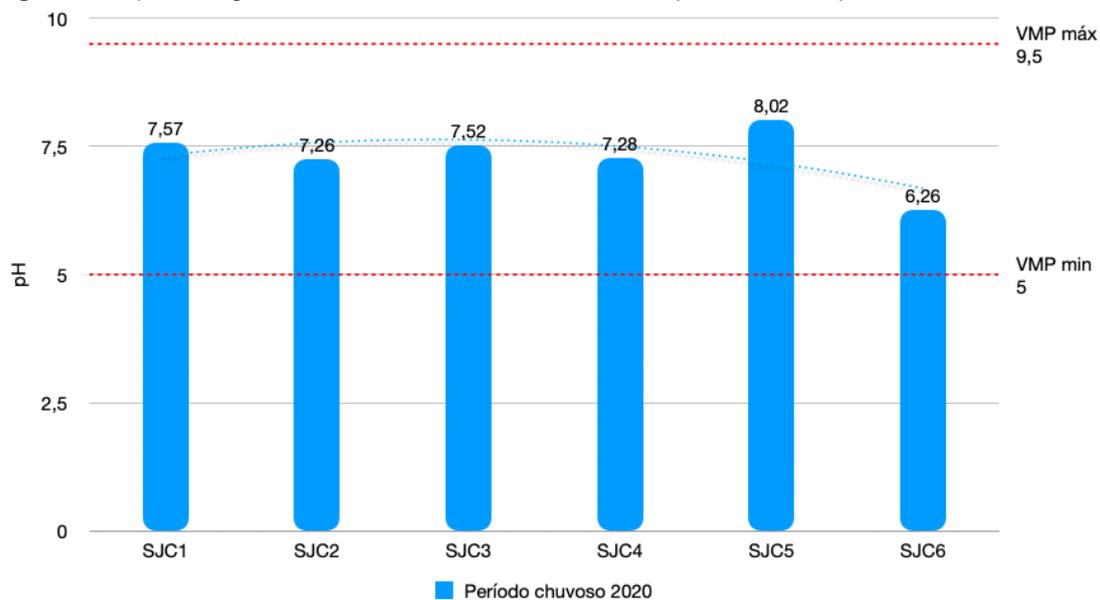
#### 5.2.2.2 pH

Em relação a variação do pH nos pontos de coleta analisados, mesmo que estejam variando entre valores máximo e mínimo da legislação de referência, no que se refere a classe de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 e sistemas de distribuição como na PRC nº 5/2017, foi possível identificar que os maiores valores ocorreram nos pontos SJC1 e SJC5 (Figura 29), na zona urbana do município de São João do Cariri, PB.

Trabalhos realizados na área da bacia hidrográfica do rio Taperoá identificaram valores de pH entre o mínimo e máximo permitido pela legislação brasileira, para águas superficiais. Bezerra (2018) identificou valor médio de pH igual a 7,34 e, Barbosa *et al.* (2006), identificaram valor médio de pH igual a 8,35. Em 11% dos resultados de pH obtidos por Neto *et al.* (2009), se aproximaram dos valores identificados nos pontos de coleta SJC1 e SJC5.

Foi possível observar que a emissão de efluentes no rio Taperoá, no trecho estudado em 2020, não apresentou influência significativa sobre a variação dos valores de pH, fato que pode ser associado a dissolução decorrente do escoamento superficial.

**Figura 29** - pH da água em trecho da sub-bacia do rio Taperoá, município de São João do Cariri - PB



**Fonte:** Autor (2020).

No entanto, um pH alto (básico) está relacionado a uma maior precipitação de sais no meio (LENZI *et al.*, 2014). Segundo Silva (2017), os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade total.

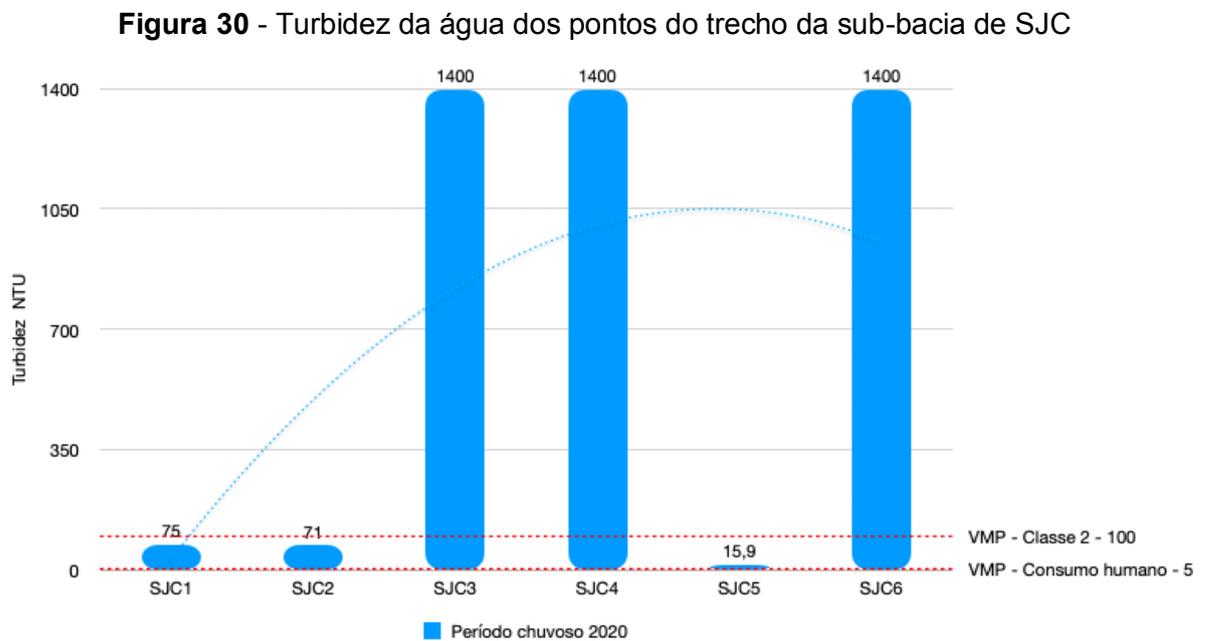
Mesmo com valores de pH, dentro dos limites para todas as amostras, Barros *et al.* (1999), chamam a atenção que carbonatos e bicarbonatos expressam alcalinidade, pois valores de pH entre 6,9 a 7,4, favorecem formação desses elementos. Valores de pH alcalino foram registradas em reservatórios eutróficos, no Nordeste do Brasil, como nos estudos realizados por Oliveira *et al.* (2014).

O pH é um indicador da acidez ou basicidade de uma água, mas é raramente um problema por si só. O principal uso do pH em uma análise de água é para detectar

uma água anormal. Um valor anormal é um aviso de que a água precisa de mais avaliações. Água de irrigação com pH fora do intervalo normal pode causar um desequilíbrio ou pode conter um íon tóxico (AYERS e WESTCOT, 1985).

### 5.2.2.3 Turbidez

Os altos valores de turbidez nos pontos SJC3, SJC4 e SJC6 (Figura 30) pode ser explicado devido a ocorrência do escoamento superficial, provocado por eventos de chuva, anteriores à coleta, como se observa no Sítio Jurema (Figura 31), embaixo da Ponte Nova (Figura 32) e na comunidade Curral do Meio (Figura 33), respectivamente.



Fonte: Autor (2020).

**Figura 31 – Ponto próximo ao Sítio Jurema (SJC3)**



Fonte: Autor (2020).

**Figura 32** – Abaixo da Ponte Nova (SJC4)



Fonte: Autor (2020).

**Figura 33** – Comunidade Curral do Meio (SJC6)



Fonte: Autor (2020)

Os pontos SJC1 (Figura 34), SJC2 (Figura 35) e SJC5 (Figura 36), não apresentavam influência do escoamento superficial, com água depositada, praticamente sem escoamento, formando regiões de acumulação no aluvião, o que favorece ao depósito dos sólidos sedimentáveis, na zona mais profunda.

**Figura 34** – Abaixo da Ponte Antiga (SJC1)



Fonte: Autor (2020).

Andrade *et al.* (2018), descreveram que a turbidez está relacionada à movimentação dos sedimentos em locais rasos como a zona litorânea, erosão das margens por falta de vegetação ripária, folhagens e galhos de árvores que são levados para dentro do corpo hídrico por ação dos ventos e da correnteza. Outros autores como Santi *et al.* (2012), ressaltaram que esse parâmetro está associado ao material em suspensão presente nos corpos d'água que dificulta a penetração do feixe de luz.

**Figura 35** - Ponto do rio próximo à caixa de coleta de esgoto (SJC2)



**Fonte:** Autor (2020).

**Figura 36** - Ponto do rio próximo ao matadouro (SJC5)



**Fonte:** Autor (2020).

Os valores de turbidez obtidos por Bezerra (2018) foram baixos, apresentando conformidade para consumo humano nos pontos analisados em seu trabalho.

Os resultados das análises, após a visita de campo, realizada no ano de 2020, foram comparados com os valores indicados na Resolução nº 357/2005 (CONAMA, 2005). Essa resolução preconiza que: águas doces de classe 2, devem ter sua turbidez até 100 UNT, de encontro ao proposto por meio da AESA-PB (2020), uma

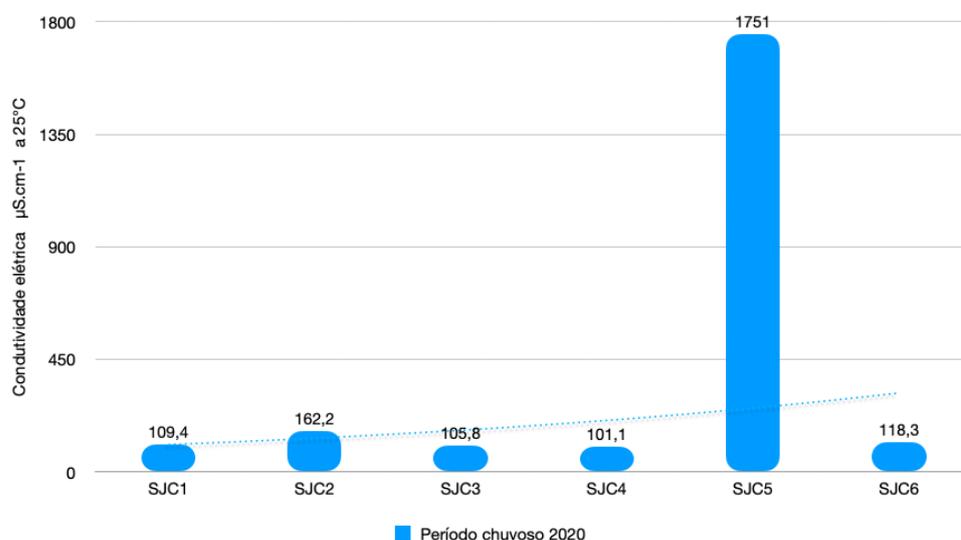
vez que esse é o enquadramento das águas do rio Taperoá e Sucurú, que são intermitentes, foram enquadrados como sendo de Classe 2.

No entanto, essa classificação existente no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, atualmente em atualização, foi realizada tomando como base, a classificação realizada pela SUDEMA, no ano de 1985.

#### 5.2.2.4 Condutividade elétrica

A Resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece valores limites para a condutividade elétrica, porém o alto valor, identificado no ponto de coleta SJC5, que supera em mais de 10 vezes os valores dos demais pontos de coleta (Figura 37), está associado ao lançamento de efluentes (Figura 38). Estes não estão apenas estarem associados à dissolução natural de íons, advindos do próprio solo local como aponta Salgado (2016), mas ao carreamento de substâncias químicas e orgânicas ao corpo hídrico, sem o devido tratamento.

**Figura 37** - Condutividade elétrica da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



Fonte: Autor (2020).

Segundo Bezerra *et al.* (2020), a condutividade elétrica tem relação direta com a quantidade de sais dissolvidos totais e com a salinidade. A falta de controle da salinidade das águas pode acarretar problemas como a queda de produtividade e degradação das áreas irrigadas (ANDRADE *et al.*, 2018), sendo esse, um dos problemas para utilização de água de reuso para fins agrícolas.

Pesquisas desenvolvidas nas regiões do alto curso do rio Paraíba, na sub-bacia do rio Taperoá identificaram valores de condutividade elétrica variando de 624,57

$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  até  $6.126 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , para águas de alta condutividade elétrica (BEZERRA, 2018; NETO *et al.*, 2009; BARBOSA *et al.*, 2006).

**Figura 38** – Lançamento de efluentes com detalhe do tubo de lançamento em SCJ5



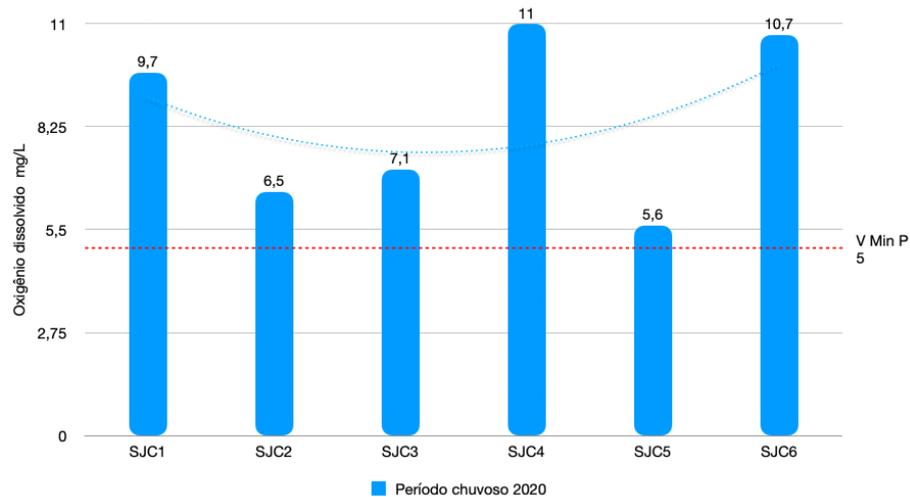
**Fonte:** Autor (2020).

#### 5.2.2.5 Oxigênio dissolvido

Para água doce, classe 2, o valor mínimo permitido é igual a 5,0 mg/L, para o parâmetro de Oxigênio Dissolvido. Para os pontos de coleta analisados no município de São João do Cariri, no ano de 2020, apenas o ponto SJC5, que possui contribuição de lançamento de efluentes in natura, se encontra próximo ao VMP, demonstrando que o aumento da matéria orgânica biodegradável implica na diminuição do oxigênio dissolvido na água, já que bactérias aeróbicas demandam oxigênio para degradar a matéria orgânica.

Barbosa *et al.* (2006) classificaram águas bem oxigenadas quando possuíam valores de oxigênio dissolvido iguais ou maiores do que 6,5 mg/L. Os valores de OD, no trecho do curso do rio Taperoá analisado, foram iguais ou superiores a 6,5 mg/L (Figura 39), excetuando o ponto SJC5, com OD igual a 5,6 mg/L.

**Figura 39** - Oxigênio dissolvido na água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



Fonte: Autor (2020).

As águas que recebem despejos domésticos ou industriais apresentam menores concentrações de oxigênio dissolvido devido ao consumo desse gás no processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos.

Para Jordão *et al.* (2007), a mensuração das concentrações de oxigênio dissolvido possibilita avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica como se pode observar na água do ponto SJC5 (Figura 40). De acordo com esses autores, a análise da concentração de oxigênio dissolvido permite avaliar a condição aeróbica dos cursos de água, devido à entrada de poluentes. A solubilidade do mesmo se dá em função da temperatura, da altitude local e da salinidade da água.

**Figura 40** - Aparência da água na superfície em SJC5



Fonte: Autor (2020).

Os efluentes, quando não tratados, representam foco de proliferação de insetos, agentes infecciosos, emissão de gases, odores e ainda quando lançados em cursos d'água, podem ocasionar a eutrofização dos mesmos (FEISTEL, 2011).

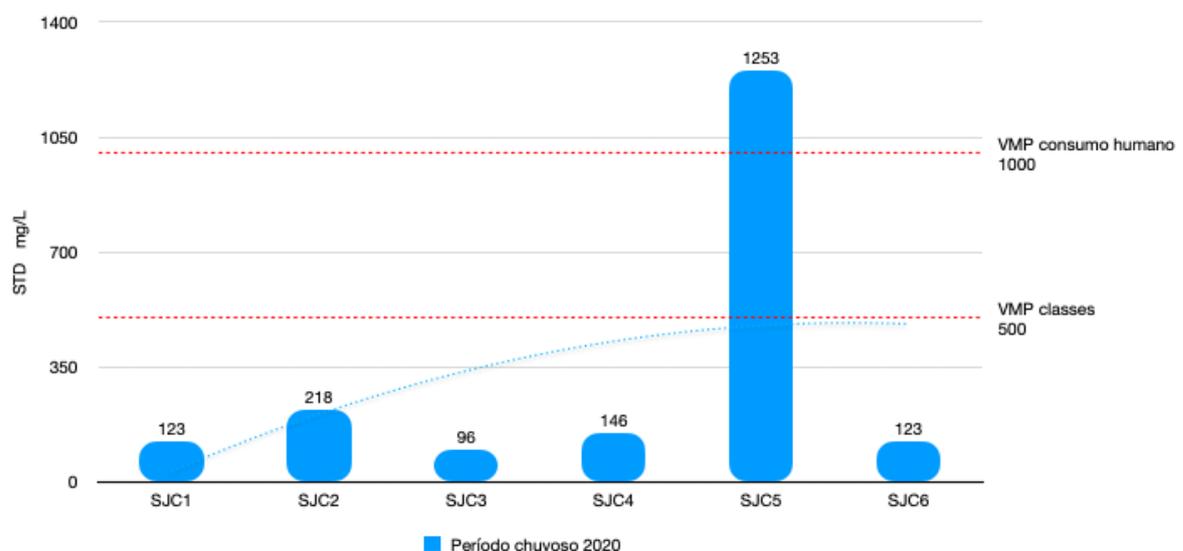
Este processo se caracteriza também pela diminuição do oxigênio dissolvido no meio, sinalizando cautela no uso dessas águas. As análises de oxigênio dissolvido (OD) são úteis para se verificar os níveis de poluição das águas e para controle dos processos de tratamento de esgotos (ANDRADE *et al.*, 2018).

#### 5.2.2.6 Sólidos totais dissolvidos

O aporte de sólidos nos ambientes aquáticos pode ocorrer de forma natural, por meio dos processos erosivos, organismos e detritos orgânicos ou de forma antropogênica, por meio de lançamento de resíduos sólidos e esgotos nos corpos hídricos (PINHEIRO; RIBEIRO, 2018).

Altos valores de STD também foram observados por Bezerra (2018), com valores acima de 7000 mg/L, na sub-bacia do rio Taperoá, município de Soledade e entre 11% das amostras de Neto *et al.* (2009). No entanto o valor de STD para o ponto SJC5, como pode-se observar na Figura 41, está fora dos padrões exigidos para o consumo humano, estando relacionado ao despejo orgânico que contribuiu para esses valores.

**Figura 41** - Sólidos totais dissolvidos da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



Fonte: Autor (2020).

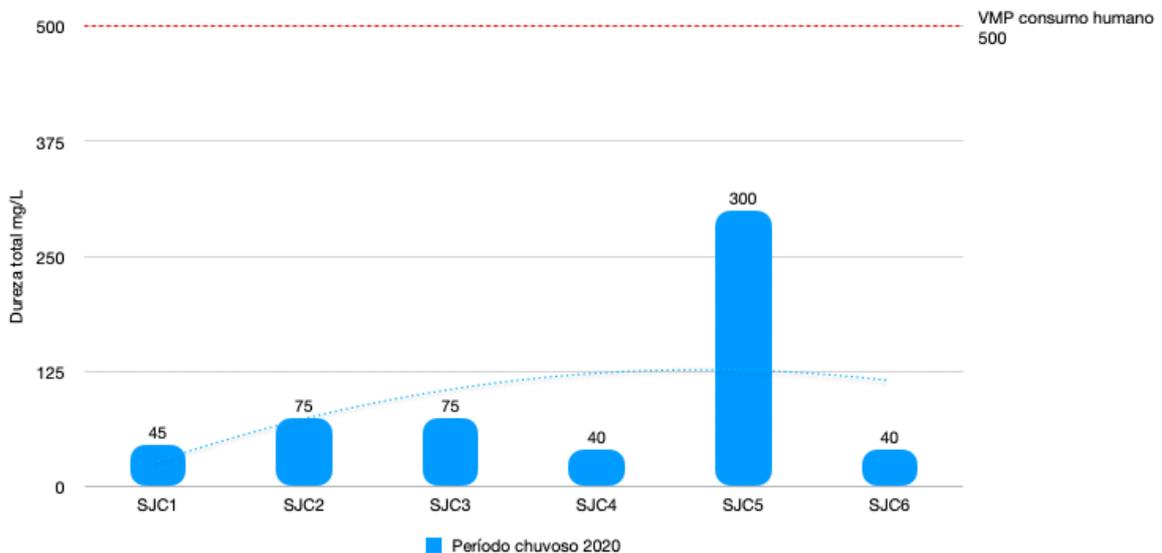
Os sólidos totais dissolvidos, assim como a condutividade elétrica, fornecem uma medida quantitativa do total de sais dissolvidos na água. A resolução CONAMA nº 357/2005, estipula um valor máximo de 500 mg/L para as classes 1 e 3, e a Portaria de Consolidação nº 5/2017, estipula como padrão organoléptico de potabilidade 1000 mg/L de sólidos totais dissolvidos.

Segundo Oliveira (2000), a irrigação com águas de elevado teor de sólidos totais dissolvidos pode provocar alterações na capacidade de infiltração do solo e de germinação devido à formação de uma crosta na superfície.

#### 5.2.2.7 Dureza total

A dureza total é basicamente a soma dos teores de cálcio e magnésio. Segundo a Portaria Nº 2.914/ 2011, do Ministério da Saúde, consolidada pela PRC nº 5/2017, o VMP para consumo humano é de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Para as amostras coletadas, a dureza total variou entre 45 e 300 mg/L CaCO<sub>3</sub>, sendo assim, os resultados obtidos estão abaixo do valor máximo permitido - VMP (Figura 42).

**Figura 42** - Dureza total da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



**Fonte:** Autor (2020).

Resultados semelhantes de dureza foram obtidos por Neto *et al.* (2009), em torno de 80 a 98% das amostras analisadas no ano de 2009. Esses valores de dureza não geram riscos à saúde humana. No entanto, o incremento no valor da dureza, no ponto de coleta SJC5, como observado em outros parâmetros, indica a associação do despejo de efluentes no leito do rio.

No Brasil, a água é classificada como dura quando os valores de dureza variam entre 150 mg/L e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  e muito duras com valores superiores a 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (BRASIL, 2014).

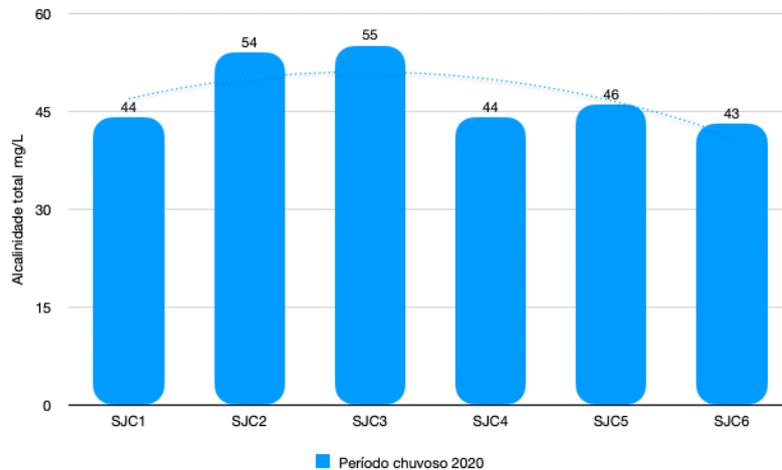
#### 5.2.2.8 Alcalinidade

As águas superficiais e subterrâneas do Nordeste Brasileiro possuem, em geral, elevadas concentrações iônicas, conferindo elevada salinidade a qual pode estar acompanhada de alta alcalinidade (GHEYI *et al.*, 2012).

Barbosa *et al.* (2006), chamaram atenção em sua pesquisa realizada em sub-bacia do rio Taperoá, que todos os ambientes analisados, apresentavam-se bem oxigenados, com água alcalina e de alta condutividade elétrica.

Os valores da alcalinidade para os pontos analisados, em trecho da sub-bacia do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, embora não haja valores de referência na legislação consultada, possuem um caráter alcalino (Figura 43).

**Figura 43** - Alcalinidade da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



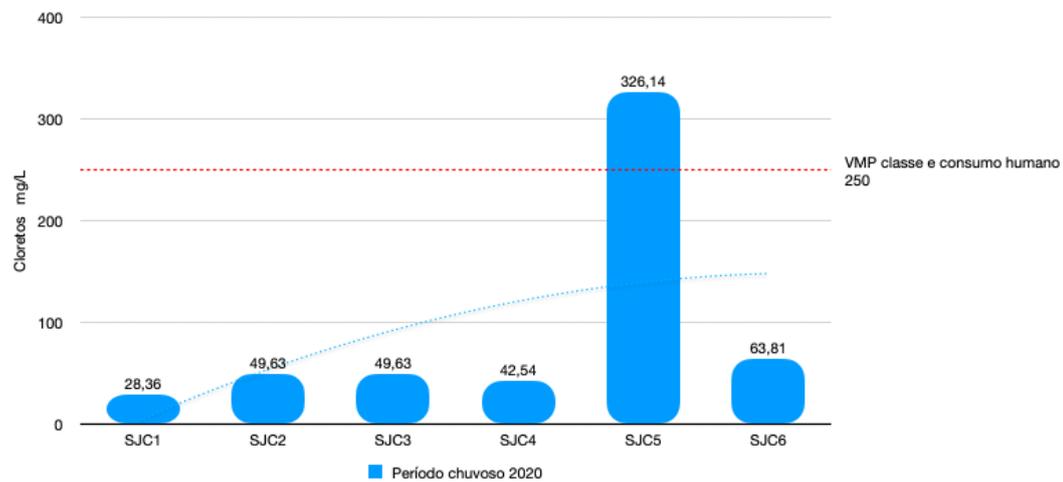
Fonte: Autor (2020).

#### 5.2.2.9 Cloretos

O Valor Máximo Permissível, associado a potabilidade da água, para cloretos é de 250 mg/L, para rios intermitentes no Estado da Paraíba, enquadrados como classe 2. Para os pontos analisados no município de São João do Cariri, apenas o ponto SJC5 que apresentou valores acima do parâmetro da legislação de referência (Figura 44). O que corrobora com os resultados obtidos por Salgado (2016), que

identificou, no município de Sumé-PB, que as altas concentrações de cloreto devem refletir poluição por águas residuárias.

**Figura 44** - Cloretos da água dos pontos do trecho da sub-bacia de SJC



Fonte: Autor (2020).

Elevados teores de sais minerais, principalmente sulfatos e cloretos, também estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição de água, além de conferir sabor à água (BRAGA *et al.*, 2005).

### 5.2.3 Parâmetros qualitativos em trecho da sub-bacia do rio Taperoá

Devido as restrições impostas pela disseminação da pandemia do Covid-19, algumas análises não puderam ser realizadas, devido ao estabelecimento de regime de trabalho remoto, na Universidade de Campina Grande. Sendo assim, as análises qualitativas foram realizadas para identificação de presença ou não de nitrogênio amoniacal em sua forma livre (N-NH<sub>3</sub>), nitrato e sulfato (Tabela 8).

**Tabela 8** – Parâmetros **qualitativos** dos pontos do trecho da sub-bacia de São João do Cariri – PB

	SJC1	SJC2	SJC3	SJC4	SJC5	SJC6
NITROGENIO AMONIAICAL(N-NH <sub>3</sub> )	não	não	não	não	sim <sup>a</sup>	não
NITRATO (NO <sub>3</sub> -)	não	não	não	não	sim <sup>b</sup>	não
SULFATO (presença de ppm de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	não	não	não	não	não	não

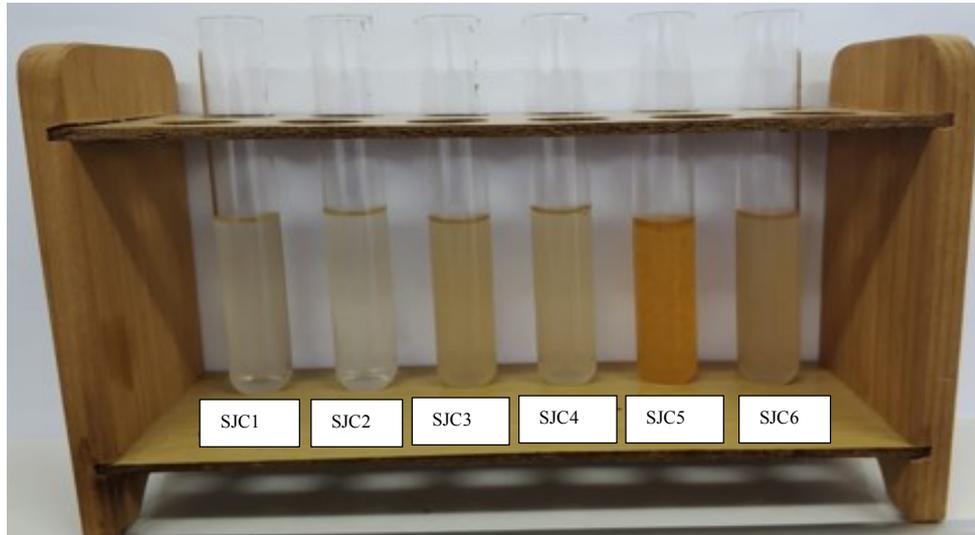
<sup>a</sup> Coloração amarelo intenso; <sup>b</sup> coloração azul.

Fonte: Autor (2020).

### 5.2.3.1 Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

Após as análises, a presença de amônia na amostra do ponto SJC5 (Figura 45) indica contaminação por efluentes de atividades de abatedouro clandestino, neste trecho do rio Taperoá.

**Figura 45** – Análise confirmando presença de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) no ponto SJC5



**Fonte:** Autor (2020).

Durante a pesquisa exploratória de campo foi identificado um afluxo de vísceras despejadas no rio Taperoá (Figura 46).

**Figura 46** – Despejo de efluentes no ponto de coleta SJC5



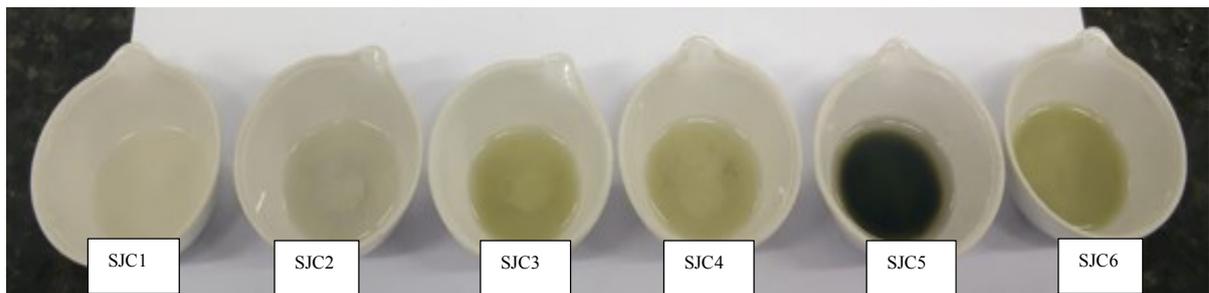
**Fonte:** Autor (2020).

Sperling (2014), afirma que o nitrogênio nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e desse a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio. Essa afirmação explica a relação entre esses parâmetros e os resultados encontrados no ponto de coleta SJC5.

### 5.2.3.2 Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

Após a realização das análises das amostras, a presença de nitrato no ponto de coleta SJC5 (Figura 47), indica contaminação por efluentes oriundos de atividades antropogênicas no rio. Em pesquisa exploratória em campo foi identificado um afluxo de vísceras não identificadas de qual espécie animal (caprino, suíno ou bovino) despejadas no rio conforme se observa na Figura 48.

**Figura 47** – Análise confirmando presença de nitrato para a amostra SJC5



**Fonte:** Autor (2020).

Bezerra (2018) também aponta para resultados positivos em suas médias acima do permitido para consumo humano.

Segundo Mateo-Sagasta (2021), o nitrato é o contaminante químico mais comum nos aquíferos subterrâneos do mundo. O enriquecimento excessivo das águas superficiais com nitrato leva à eutrofização dos mananciais (RESENDE, 2002).

**Figura 48** – Resíduos de efluentes em SJC5



**Fonte:** Autor (2020).

### 5.2.3.3 Sulfato

Não foram observadas evidências de sulfatos nas amostras coletadas e analisadas no município de São João do Cariri, PB.

Alterações pontuais referem-se exclusivamente ao lançamento de efluentes naqueles pontos com mudanças significativas nos resultados dos parâmetros analisados.

### 5.2.4 Autodepuração à montante e jusante da zona urbana do município de São João do Cariri

Os valores de condutividade elétrica, cloretos, oxigênio dissolvido e de sólidos totais dissolvidos no ponto de coleta SJC5, além da presença de nitrogênio amoniacal (Figura 45) e de nitrato (Figura 47), indicam a contaminação contínua de efluentes (antiga e recente), mesmo existindo a ocorrência de escoamento superficial no ano de 2020, gerado por precipitações intensas na região da cabeceira da bacia do rio Taperoá, o que atenua a carga poluidora neste ponto, mas não suficiente para que a qualidade da água bruta possa ser utilizada para usos diversos.

No ponto SJC5, os valores de cloretos (326,14 mg/L) e de Sólidos Totais Dissolvidos (1253 mg/L) ultrapassaram os valores máximos permitidos indicados nas Resoluções CONAMA nº 357/2005, CONAMA nº 430/2011 que altera e complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005, na Portaria MS nº 2.914/2011, consolidada pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, não sendo permitido o seu uso para diversos fins, incluindo o consumo humano.

Quanto ao Oxigênio Dissolvido, o valor de OD igual a 5,6 mg/L, próximo ao valor mínimo permissível para a classe 2 (5,0 mg/L), para rios intermitentes do Estado da Paraíba, deve servir de atenção para a restrição de uso da água bruta, no ponto SJC5.

Considerando os pontos SJC3 e SJC6, localizados a montante e jusante, distantes de 1,48 km e 9,55 km, respectivamente, do ponto SJC5, foi possível identificar o poder de autodepuração da água proveniente do escoamento superficial e a influência do lançamento de efluentes na zona urbana do município de São João do Cariri, PB. Os parâmetros que apresentaram maiores variações a montante e a jusante do ponto SJC5, foram condutividade elétrica, cloretos, dureza, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos.

O escoamento superficial e a percolação da matéria orgânica para o solo resultaram em boa condição de depuração no aquífero, com valores de OD variando de 5,6 a 11 mg/L, com menor valor identificado no ponto de coleta SJC5, que recebe lançamento de esgoto da zona urbana e o maior valor a jusante da zona urbana do município de São João do Cariri, a uma distância de 9,55 km do poço SJC5.

As maiores concentrações de cloretos (326,14 mg/L) e de condutividade elétrica (1751  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) foram identificadas no ponto de coleta SJC5, na zona urbana, onde ocorre o lançamento *in natura* do esgoto. As concentrações de cloretos e de condutividade elétrica reduzem significativamente a montante (1,45 km) e a jusante (9,55 km), do lançamento de esgoto *in natura*, passando para 49,63 mg/L, em SJC3 e, para 63,81 mg/L, em SJC6, para cloretos. A redução de cloretos não pode ser associada completamente a filtração, mas devido a elevada dispersão dos sais no aquífero aluvial, devido aos cloretos serem altamente solúveis em água. A redução das concentrações das condutividades elétricas passou para 105,8  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e 118,3  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , em SJC3 e SJC6, respectivamente.

Mesmo tendo sido realizada apenas uma coleta de água, no ano de 2020, foi possível identificar a depuração dos esgotos devido a processos físicos, químicos e biológicos e, comparando os valores observados com o ponto a jusante SJC6, verifica-se uma nítida capacidade de depuração da água para algumas variáveis em relação a SJC5.

Assim, muito embora perceba-se tendência de atenuação dos poluentes à jusante das áreas urbanas antropizadas, foi possível observar que a ocorrência de precipitação anterior às coletas, com conseqüente escoamento superficial, promoveu diluição de poluentes, melhorando as características dos parâmetros analisados na bacia do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, sugerindo maiores investigações nestes pontos em período seco, que ocorre durante a maior parte do ano, podendo durar até 8 meses.

Avaliando a vulnerabilidade de contaminação da água que é usada por parte da população rural devido a proximidade de núcleos urbanos, os resultados se relacionam com impactos ambientais, de saúde, estéticos e de qualidade da água bruta.

Os parâmetros obtidos por meio da análise da água bruta comparados com a legislação de referência para a bacia do rio Taperoá, permitiram a visualização de significativas alterações nos pontos a montante e jusante de SJC5, localizado na zona

urbana do município de São João do Cariri, que recebe elevada carga de esgoto, em relação aos valores máximos permitidos preconizados pela legislação ambiental vigente, o que torna à água imprópria para consumo humano e, requerem atenção de políticas públicas, educacionais e de fiscalização, que possam reduzir o despejo de efluentes ou realizar o devido tratamento, antes de seu lançamento no leito do rio Taperoá, para atenuar os efeitos sobre o aquífero aluvial, no município de São João do Cariri, PB.

Para analisar a influência do porte dos municípios, sobre a carga de efluentes gerados, só é possível fazer a comparação com os dados observados no ano de 2020, pois não temos dados de qualidade de água no período seco, considerado de 2015 a 2017, neste trabalho, para o município de São João do Cariri, PB.

Considerando os dados analisados a montante da zona urbana, na zona urbana e a jusante da zona urbana dos municípios de São João do Cariri e de Sumé, não foi possível identificar influência da quantidade da população e da área das zonas urbanas, sobre a poluição gerada por esgotos domésticos não tratados, onde os valores de cloretos, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH possuem a mesma ordem de grandeza, nos dois municípios.

Ressalto que a quantidade de dados obtidos no ano de 2020, devido às restrições impostas pela pandemia do COVID-19, referem-se apenas a uma coleta de amostras, em período chuvoso, que favorece a diluição dos poluentes gerados pelo esgoto doméstico não tratado.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos após análises de laboratório, identificação fontes pontuais e difusas de poluição em trechos das sub-bacias do rio Sucurú e Taperoá, localizados nos municípios de Sumé e São João do Cariri, associados aos impactos ambientais, foi possível concluir que:

A montante da zona urbana do município de Sumé, no poço P1, da sub-bacia do rio Sucurú, houve alterações nos parâmetros de alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, dureza total, cloretos, presença de nitratos e sulfatos, associados à presença de um matadouro de aves no seu entorno.

Em P3 houve o aumento dos valores de oxigênio dissolvido devido à diluição da matéria orgânica no período chuvoso de 2020, melhorando seus valores, no entanto, identificou-se a presença de nitrato, indicando contaminação remota do poço pela proximidade à zona urbana, associado ao depósito de resíduos animais, urbanos e industriais ao longo do tempo.

A jusante da zona urbana do município de Sumé, foi observado a presença de nitrogênio amoniacal no poço P6, o que indica contaminação fecal, esgoto bruto e aporte de fertilizantes em culturas de ciclo curto.

Analisando a autodepuração à montante e a jusante da zona urbana do município de Sumé, mesmo com a melhoria dos valores de OD, em relação aos períodos de 2015 a 2017, nos anos de 2018 e 2020, o decréscimo do valor de OD, no poço P6, é um indicativo de poluição recente, o que indica que não houve depuração de forma efetiva.

Na sub-bacia do rio Taperoá, município de São João do Cariri, PB, as maiores alterações foram observadas no ponto SJC5, nos parâmetros de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, dureza total, cloretos, presença de nitrogênio amoniacal e nitrato, sendo atribuídas à presença de abatedouro no entorno deste ponto.

Verificando a tendência de atenuação dos poluentes à jusante das áreas urbanas antropizadas nos pontos de São João do Cariri, foi possível identificar a depuração dos esgotos devido a processos físicos, químicos e biológicos comparando os valores observados do ponto SJC6, verifica-se uma nítida capacidade de depuração da água para algumas variáveis em relação ao ponto à montante SJC5,

ainda que observada a ocorrência de precipitação anterior às coletas que promoveu diluição de poluentes.

As águas brutas presentes nos aquíferos aluviais das sub-bacias do rio Sucurú e do rio Taperoá, só podem ser utilizadas com segurança, obedecendo o que dispõe a Resolução CONAMA nº 357/2005, para usos menos exigentes, haja vista que a obediência dos parâmetros para classes menos restritivas, principalmente nos período secos, quando os limites máximos permitidos são ultrapassados, o que torna inviável técnica e economicamente, a sua aplicação pelos gestores locais, sem que previamente sejam implantadas ações de tratamento adequado dos resíduos, considerando o novo marco legal do saneamento brasileiro, de fiscalização e de educação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ABELS, A.; FREITAS, A. S. F.; PINNEKAMP, J.; RUSTEBERG, B. **Water Scarcity Mitigation in North-East Brazil**. Bramar Project. Germany, 2018.
- AESA-PB. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Meteorologia - Chuvas**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020. Governo da Paraíba, 2020.
- AESA-PB. **Enquadramento dos corpos hídricos da Paraíba**. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/CORPOS\\_HIDRICOS\\_PB.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/CORPOS_HIDRICOS_PB.pdf). Acesso em: 25 de julho de 2020.
- ALAGOAS. **Recursos Hídricos Superficiais**. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/ca/dataset/recursos-hidricos-de-alagoas/resource/c90251b2-3cac-4042-a917-449b69930f9e>. Acesso em: 20 de abril de 2021.
- ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido**. 2013. 142 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1645>
- ALMEIDA, L. **Hidrogeologia - Conceitos básicos. Oficina de Capacitação do Progestão. Águas subterrâneas**. Coordenação de Águas Subterrâneas SIP/ANA. Brasília, 2016.
- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**. v. 5, p. 16-19, 2010.
- ALVES, T. L. B.; LIMA, V. L. A.; FARIAS A. A. Impactos ambientais no Rio Paraíba na área do município de Caraúbas/PB: região contemplada pela integração com a bacia hidrográfica do Rio São Francisco. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 160–173, 2012.
- ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do BRASIL**. Brasília. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama\\_Qualidade\\_Aguas\\_Superficiais\\_BR\\_2012.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf). Acesso em: 15 outubro de 2019.
- ANA. **Situação da Água no Mundo**. Brasília. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>. Acesso em: 20 de abril de 2021.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, 2012. 1496 p.

- ANDRADE, L. R. S.; ARAÚJO, S. M. S.; FRANÇA, K. B.; PEARSON, H. W. Qualidade das águas superficiais da Universidade Federal de Campina Grande: riscos e benefícios para reuso. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v.9, n.2. 2018.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. FAO, 1985.
- BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semiárido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** . Suplemento Especial - nº 1 - 2º Semestre, 2006.
- BARROS, A. J; CEBALLOS, B. S. O.; KÖNIG, A.; GHEYI, H. R. Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no agreste e brejo paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 3, n. 3. 1999.
- BARROS, A. J. M. **Metodologia Adaptada do Laboratório de Química Analítica Aplicada do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido**. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2010.
- BERNARDO, L.; BERNARDO, A.; FILHO, L. C. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. Rima. São Carlos, 2002.
- BEZERRA, E. B. N. Qualidade da água subterrânea de soluções alternativas de abastecimento na sub-bacia do rio Taperoá. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB.
- BEZERRA, E. B. N.; SILVA, C. I. A.; MEIRA, C. M. B. S.; RÉGO, R. L. C. M.; OLIVEIRA, R.; NASCIMENTO, R. S. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e sua correlação com fontes poluidoras na Sub-bacia do Rio Taperoá – PB. **Revista DAE**. v. 68, n. 223. São Paulo, 2020.
- BORTOLETTO, E. C.; SILVA, H. A.; BONIFÁCIO, C. M.; TAVARES, C. R. G. Water quality monitoring of the Pirapó River watershed. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4. Paraná. Brazil, 2015.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. Pearson. São Paulo, 2005.
- BRASIL. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil - 1988**. Subsecretaria de Edições Técnicas. Senado Federal. Brasília, 1999.
- BRASIL. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham**

em **ETAS**. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. FUNASA. Brasília, 2014.

BRASIL. **Portaria de Consolidação N° 5, de 28 de setembro de 2017**. Ministério da Saúde. Brasília, 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União. Brasília, 18 mar. 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 396, de 3 de abril de 2008**. Diário Oficial da União. Brasília, 7 abr. 2008.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011**. Diário Oficial da União. Brasília, 16 mai. 2011.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade para consumo humano**. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2006.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**. v. 8, n.1. 2013.

CAMPOS, T. S; ROHLFS, D. B. **Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás/GO**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás: Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses. Goiânia, 2010.

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. **Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios**. IPEA. Brasília, 2019.

CASTRO, M. H. F. M. **Alocação quali-quantitativa de água em reservatórios de regiões semiáridas**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.

CEBALLOS, B. S. O.; DINIZ, C. R. **Técnicas de Microbiologia Sanitária e Ambiental**. EDUEPB. Campina Grande, 2017.

CETESB. **Guia nacional de Coletas e Preservação de Amostras - Água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. 1. ed. São Paulo, 2011.

CORNELLI, R.; ELISABETE, S. V.; ANDERSON, B. T.; CEMIN, G.; MACEDO, S. G. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**. v. 4, n. 1. 2016.

CPRM. **Diagnóstico do município de São João do Cariri**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Ministério das Minas e Energia. Paraíba, 2005. Disponível em:

[http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16330/Rel\\_S%C3%A3o\\_Jo%C3%A3o\\_Cariri.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16330/Rel_S%C3%A3o_Jo%C3%A3o_Cariri.pdf?sequence=1). Acesso em: 15 de agosto de 2020.

CPRM - **Folha SB.24-Z-D-V - Sumé**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil. Brasília, 2000.

FEISTEL, J. C. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros**. Seminários Aplicados. Universidade Federal de Goiás. Escola de Veterinária e Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Goiânia, 2011.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Revista Ambiente e Água**. vol. 10 n. 4. Taubaté, 2015.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas** - Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Campina Grande, PB. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Cruz das Almas, BA, 2012.

GOMES, N. A.; RIBEIRO, L. S.; ALMEIDA, M. V. A.; GOMES, G. L.; MONTEIRO, V. E. D. **Análise do comportamento do nitrogênio amoniacal produzido em um aterro experimental**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande, 2016.

GOOGLE. **Mapas**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para entender a Terra**. Bookman, 6. ed. Porto Alegre, 2013.

IBGE. **Portal Cidades**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sume/panorama>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

IBGE. **Portal Cidades**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-joao-do-cariri/panorama>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel de Saneamento Brasil**. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/compare?id=25>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

JORDÃO, C. P.; RIBEIRO, P. R. S.; MATOS, A. T.; FERNANDES, R. Contaminação aquática da bacia hidrográfica de Turvo Limpo no Estado de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Química**. v.18, n.1. São Paulo, 2007.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à química da água. Ciência, vida e sobrevivência**. Gen/LTC. Rio de Janeiro, 2014.

LIBANIO, P. A. C. O uso de estratégias focadas em resultados para o controle da

poluição hídrica no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, s. l., v. 21, n. 4. 2016.

LIMA, E. O. **Controle de qualidade da água de abastecimento da cidade de Campina Grande**. Relatório de estágio supervisionado na CAGEPA. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2019.

MATEO-SAGASTA, J.; BURKE, J. **Agriculture and water quality interactions: a global overview**. Disponível em: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_08.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_08.pdf). Acesso em: 10 de fev. 2021.

MCGRANE, S. J. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. **Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques**. v. 61, n. 13, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>. Acesso em: 12 agosto de 2020.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. D. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. s. l., v. 21, n. 3. 2016.

MOSLEY, L. M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. **Earth-Science Reviews**. v. 140, January 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.010>. Acesso em: 12 de julho de 2020.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, s. l., v. 20, n. 1. 2008.

NETO, J. D.; BARRETO, J. F.; FARIAS, S. A. R.; CHAVES, L. H. G. Qualidade das águas da sub-bacia do rio Taperoá, para fins de irrigação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 9 - nº 2 - 2º Semestre. 2009.

OLIVEIRA, F. H. P. C.; ARA, ANDRÉ L. S. C.; MOREIRA, C. H.P.; LIRA, O. O.; PADILHA, M. R. F.; SHINOHARA, N. K. S. Mudanças sazonais da qualidade da água em um reservatório tropical raso e eutrófico na região metropolitana do Recife (Pernambuco-Brasil). **Academia Brasileira de Ciências**. v. 86, n. 4. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652014000401863&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652014000401863&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 09 fev. 2021.

OLIVEIRA, L. C.; GOMES, B. M.; BAUMGARTNER, G.; SEBASTIEN, N. Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. **Engenharia Agrícola**. v. 28, n. 4. 2008.

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.2. Campina Grande, 2000.

OLIVEIRA, R. C. de M.; LIMA, P. V. P. S.; SOUSA, R. P. Gestão ambiental e gestão dos recursos hídricos no contexto do uso e ocupação do solo nos municípios.

**Gestão & Regionalidade**. s. l., v. 33, n. 97. 2017.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físicoquímica de água**. Embrapa Floresta. Colombo - PR, 2011. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em: 05 de outubro de 2020.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÊLO, M. S. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. s. l., v. 23, n. 4. 2018.

PINHEIRO, J. H. P. A.; RIBEIRO, L. G. **Bacias Hidrográficas. Fundamentos e Aplicações**. ANAP. São Paulo, 2018.

PINTO, M. C. **Manual medição *in loco*: temperatura, ph, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual\\_medicoes\\_T\\_%20pH\\_OD.pdf](http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf). Acesso em: 5 de maio de 2019.

PNUD. **Ranking decrescente do IDH-M dos municípios do Brasil**. Atlas do Desenvolvimento Humano. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. s.l. 2000. Disponível em:

<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/search.html?q=S%C3%A3o+Jo%C3%A3o+do+Cariri>. Acesso em 20 de junho de 2020.

PRADO, E. L. **Águas Destinada ao Consumo Humano – Riscos para a saúde humana resultantes da exposição a sulfato**. Nota Técnica. Universidade de São Paulo, com protocolo com a Universidade Nova de Lisboa/Escola Nacional de Saúde Pública. 2010. Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiF4qak8oXiAhWbH7kGHav7AbsQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.dgs.pt%2Fdelegado-de-saude-regional-de-lisboa-e-vale-do-tejo%2Fprogramas--projetos--grupos-tecnicos%2Fsaude-ambiental%2Faguas-para-consumo-humano%2Fnotas-tecnicas%2Fsulfatos-pdf.aspx&usg=AOvVaw3QHPTntJMqAvcPi6f8T1cV>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Embrapa Cerrados. Brasília, 2002.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. s. l., v. 22, n. 6. 2017.

SALGADO, J. P. Influência do lançamento de esgotos na qualidade das águas do aquífero aluvial do rio Sucurú, no município de Sumé – PB. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1284>

- SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; MENEZES, R. S.; KEPPELER, E. C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v.11, n.1. 2012.
- SILVA, A. B.; BRITO, J. M.; SILVA, R. A.; BRAZ, A. S.; FILHO, E. D. S. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio - PB. **Revista Águas Subterrâneas**. 31(2), p.109-118. São Paulo, 2017.
- SILVA, A. S.; OLIVEIRA, R. **Manual de Análises Físico-químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. O Autor. Campina Grande, 2001.
- SILVA, E. L.; LIMA, E. R.; SANTOS, J. C.; DINIZ, L. S. Modelagem Ambiental Aplicada ao Riacho Mussuré – PB. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Campina Grande, 2016.
- SILVA, M. B. R.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, T. L. B. Análise da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Boletim Goiano de Geografia** (Online). s. l., v. 34. 2014.
- SOARES, A. C. F. Avaliação da qualidade da água tratada distribuída em Campina Grande. 2016. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial) Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB.
- STROBL, R. O.; ROBILLARD, P. D. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. **Journal of Environmental Management**, s. l., v. 87, n. 4. 2008.
- SPERLING, V. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 1996.
- SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Universidade Federal de Minas Gerais. 3. ed. Belo Horizonte, 2005.
- SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2. ed. v. 7. Belo Horizonte, 2014.

## APÊNDICE A

### MANUAL ADAPTADO PARA ANÁLISES DE AMOSTRAS DE ÁGUA NA REGIÃO DO CARIRI PARAIBANO

#### 1 PARÂMETROS QUANTITATIVOS

##### 1.1 ALCALINIDADE

*Material:* Pipeta volumétrica de 100ml, bureta de 50 ml, erlenmeyer de 250 ml.

*Reagentes:* Ácido sulfúrico 0,02N, fenolftaleína 0,5% m metilorange 0,4%.

*Metodologia aplicada:* Medir 100ml da amostra, colocar em um erlenmeyer de 250ml; adicionar 6 gotas de fenolftaleína, se houver formação de uma coloração rósea, titular com ácido sulfúrico 0,02N até o desaparecimento da mesma e anotar o volume gasto (P); na mesma porção da amostra juntar 2 gotas de melilorange e continuar a titulação até a mudança para vermelho alaranjado, anotar o volume gasto (T); aplicar na Equação 1 e verificar a procedência da alcalinidade de acordo com a Tabela 1.

$$ppm(CaCO_3) = \frac{V_T \cdot N_T \cdot Eq(CaCO_3) \cdot F \cdot 1000}{V_{amostra}} (mg / L) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde  $V_T$  é o volume do titulante ( $H_2SO_4$ ) gastos na titulação;  $N_T$  é a normalidade do titulante ( $H_2SO_4$ ) usado na titulação;  $Eq(CaCO_3)$  é o equivalente-grama do carbonato de cálcio; F é o fator de correção para o  $H_2SO_4$ ;  $V_{amostra}$  é o volume da amostra.

Tabela 1 - Tabela para cálculo de alcalinidade

Resultado da titulação	Alcalinidade em mg/L de $CaCO_3$		
	Hidróxido	Carbonato	Bicarbonato
P=0	0	0	T
$P < \frac{1}{2}T$	0	2P	T-2P
$P = \frac{1}{2}T$	0	2P	0
$P > \frac{1}{2}T$	2P-T	2T-2P	0
P=T	T	0	0

Fonte: CAGEPA (2019) adaptado por Lima (2019).

Por fim, os resultados devem ser expressos em ppm de  $CaCO_3$ .

##### 1.2 CÁLCIO ( $Ca^{2+}$ )

*Material:* Pipeta de 5,0 ml, pipeta volumétrica de 25 ml, bureta de 50 ml, erlenmeyer de 250 ml.

*Reagentes:* EDTA 0,025, hidróxido de potássio a 10%, murexida.

**Metodologia aplicada:** Medir 25 ml da amostra e juntar 2,0 ml de hidróxido de potássio a 10%; adicionar uma pitada de murexida e titular com EDTA 0,025N até mudança de coloração para roxo. Anotar o volume gasto ( $V_T$ ).

Expressar o resultado em ppm de  $\text{CaCO}_3$

$$\text{ppm}(\text{CaCO}_3) = \frac{V_T \cdot N_T \cdot \text{Eq}(\text{CaCO}_3) \cdot F \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \text{ (mg / L)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde  $V_T$  é o volume do titulante (EDTA) gastos na titulação;  $N_T$  é a normalidade do titulante (EDTA) usado na titulação;  $\text{Eq}(\text{CaCO}_3)$  é o equivalente-grama do carbonato de cálcio; F é o fator de correção para o EDTA;  $V_{\text{amostra}}$  é o volume da amostra.

### 1.3 CLORETOS ( $\text{Cl}^-$ )

**Material:** Pipeta de 1,0 ml, pipetas de 25ml, bureta de 50 ml, erlenmeyer de 250 ml, béquer de 50 ml, funil, papel indicador universal.

**Reagentes:** Nitrato de prata 0,05N, cromato de potássio a 5%.

**Metodologia aplicada:** Medir 25 ml da amostra para um erlenmeyer de 250 ml e verificar se o pH está compreendido entre 6,5 e 10,5; caso não esteja, ajustar com tetraborato de sódio ou carbonato de sódio e hidróxido de amônio com acetato de amônio; a seguir adicionar 1,0 ml de indicador cromato de potássio e titular com nitrato de prata 0,05N até mudança de coloração para vermelho tijolo; anotar o volume gasto ( $V_T$ ).

Expressar o resultado em ppm de  $\text{Cl}^-$  conforme Equação 3.

$$\text{ppm}(\text{Cl}^-) = \frac{V_T \cdot N_T \cdot \text{Eq}(\text{Cl}^-) \cdot F \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \text{ (mg / L)} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde  $V_T$  é o volume do titulante ( $\text{AgNO}_3$ ) gastos na titulação;  $N_T$  é a normalidade do titulante ( $\text{AgNO}_3$ ) usado na titulação;  $\text{Eq}(\text{Cl}^-)$  é o equivalente-grama do cloreto; F é o fator de correção para o nitrato de prata;  $V_{\text{amostra}}$  é o volume da amostra.

### 1.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

**Material:** Condutivímetro, béqueres de 10 ml, termômetro.

**Reagentes:** Soluções padrão de condutividade.

**Metodologia aplicada:** Inicialmente fazer a calibração do aparelho de acordo com o manual do fabricante, usando a solução padrão indicada; tomar uma porção da amostra, 20 ml, medir a temperatura, colocar a amostra em um béquer e em seguida

na ponte eletrolítica, de maneira que as placas de platina fiquem cobertas, fazer o ajuste de temperatura da ponte que deve ser igual a temperatura da água; fazer a leitura no aparelho.

O resultado deve ser expresso em  $\mu\text{S/cm}$ .

### 1.5 DUREZA TOTAL ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ )

*Material:* Pipeta de 5,0 ml, pipeta volumétrica de 25 ml, bureta de 50 ml, erlenmeyer de 250 ml.

*Reagentes:* EDTA 0,025N, solução tampão pH 10, negro de eriocromo T.

*Metodologia aplicada:* Medir 25 ml da amostra e juntar 3 ml de solução tampão pH10; adicionar uma pitada (+-50 mg) de eriocromo e titular com EDTA 0,025N até mudança de coloração para azul. Anotar o volume gasto ( $V_T$ ). Observação: Este volume corresponde à dosagem de cálcio+magnésio.

Expressar os resultados em ppm de  $\text{CaCO}_3$  conforme Equação 4.

$$\text{ppm}(\text{CaCO}_3) = \frac{V_T \cdot N_T \cdot \text{Eq}(\text{CaCO}_3) \cdot F \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} (\text{mg} / \text{L}) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde  $V_T$  é o volume do titulante (EDTA) gastos na titulação;  $N_T$  é a normalidade do titulante (EDTA) usado na titulação;  $\text{Eq}(\text{CaCO}_3)$  é o equivalente-grama do carbonato de cálcio; F é o fator de correção para o EDTA;  $V_{\text{amostra}}$  é o volume da amostra.

### 1.6 MAGNÉSIO ( $\text{Mg}^{2+}$ )

*Metodologia aplicada:* Subtraindo o volume gasto na dureza total da dureza relativa ao cálcio nos dá o volume para o magnésio.

Expressar o resultado em ppm de  $\text{CaCO}_3$  conforme Equação 5.

$$\text{ppm}(\text{CaCO}_3) = \frac{V_T \cdot N_T \cdot \text{Eq}(\text{CaCO}_3) \cdot F \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} (\text{mg} / \text{L}) \quad (\text{Equação 5})$$

Onde  $V_T$  é o volume do titulante (EDTA) gastos na titulação;  $N_T$  é a normalidade do titulante (EDTA) usado na titulação;  $\text{Eq}(\text{CaCO}_3)$  é o equivalente-grama do carbonato de cálcio; F é o fator de correção para o EDTA;  $V_{\text{amostra}}$  é o volume da amostra.

### 1.7 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

*Material:* Medidor de O.D., béquers.

*Metodologia aplicada:* Calibrar o instrumento e mergulhar o sensor na amostra.

Expressar os valores em mg/L.

### 1.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

*Material:* pHmetro, béquers de 50 ml, termômetro.

*Reagentes:* Soluções tampões.

*Metodologia aplicada:* Inicialmente fazer a calibração do aparelho de acordo com o manual do fabricante, usando as soluções tampões indicadas (geralmente 4,00 e 7,00); tomar uma porção da amostra, 40 ml, colocar em um béquer de 50 ml e fazer a leitura no aparelho, tendo cuidado de ajustar a temperatura. O pH é obtido diretamente no aparelho.

### 1.9 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

*Material:* Pipeta de 100 ml, cápsula de porcelana, estufa, balança analítica.

*Metodologia aplicada:* Colocar uma cápsula de porcelana na estufa por 1 hora a 105°C, esfriar em dessecador e pesar ( $P_1$ ); medir 100 ml da amostra e passar para a cápsula de porcelana e evaporar em banho-maria até a secagem, levar à estufa por 1 hora, esfriar, colocar no dessecador, levar à balança e pesar ( $P_2$ ). A diferença entre o peso inicial e o peso final representa a quantidade de resíduo total a 105°C.

Expressar o resultado em ppm, conforme Equação 6.

$$RT(mg / L) = P_2 - P_1) \times 10^4 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde  $P_1$  é o peso da cápsula vazia (gramas);  $P_2$  é o peso da cápsula mais resíduo (gramas).

### 1. 10. TEMPERATURA

*Material:* Termômetro.

*Metodologia aplicada:* Mergulhar o termômetro na amostra e fazer a leitura na escala. Os resultados devem ser expressos em °C.

### 1. 11. TURBIDEZ

*Material:* Turbidímetro, béquers.

*Metodologia aplicada:* Calibrar o instrumento e mergulhar o sensor na amostra.

Expressar os valores em NTU.

## 2 PARÂMETROS QUALITATIVOS

### 2.1 NITRATO ( $\text{NO}_3^-$ )

*Material:* Pipeta de 1,0 ml, cápsula de porcelana, conta-gotas.

*Reagentes:* Difenilamina sulfúrica a 0,5%.

*Metodologia aplicada:* Colocar em uma cápsula de porcelana 1,0 ml da amostra; juntar 15 gotas da solução sulfúrica-difenilamina. Se não aparecer a coloração azul, juntar mais 15 gotas da solução sulfúrica-difenilamina na mesma amostra e observar.

Observação: Com adição do reativo, para um conteúdo de 10 ppm de  $\text{NO}_3^-$  aparecerá imediatamente uma coloração azul; para 5 ppm, ou menos, só depois de alguns minutos a coloração se apresentará.

### 2.2 NITROGÊNIO AMONIACAL ( $\text{NH}_3$ )

*Material:* Pipeta de 5,0 ml, pipeta de 2,0 ml, tubos de ensaio.

*Reagente:* Reativo de Nessler

*Metodologia aplicada:* Pipetar 5,0 ml da amostra e colocar num tubo de ensaio; juntar 2,0 ml do reativo de Nessler, ao aparecimento de uma coloração amarela indica a presença de amônia livre; fazer uma prova em branco com 5,0 ml de água destilada e 2,0 ml de reativo de Nessler.

### 2.3 SULFATO ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

*Material:* Tubos de ensaio.

*Reagentes:* Cloreto de bário, ácido clorídrico.

*Metodologia aplicada:* A determinação de sulfatos, realizada de forma qualitativa, onde se coloca em um tubo de ensaio 10 ml da amostra, adiciona-se 2 ml de cloreto de bário a 10% e 2 ml de ácido clorídrico 1:3 e homogeneiza-se a solução. Após isso, se houver a formação de um precipitado branco ou turvo o qual não possibilite enxergar a parte inferior do tubo de ensaio, a amostra apresentará presença de sulfatos.

### 3 PARÂMETROS SENSORIAIS

#### 3.1 COR

*Material:* Béquer

*Metodologia aplicada:* Sensorial.

#### 3.2 ODOR

*Material:* Béquer

*Metodologia aplicada:* Sensorial.

### BIBLIOGRAFIA

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012. 1496 p.

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

BARROS, A. J. M.. **Metodologia Adaptada do Laboratório de Química Analítica Aplicada do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido**. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2010.

CETESB. **Guia nacional de Coletas e Preservação de Amostras - Água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. 1. ed. São Paulo, 2011.

LIMA, E.O. **Controle de qualidade da água de abastecimento da cidade de Campina Grande**. Relatório de estágio supervisionado na CAGEPA. Universidade Estadual da Paraíba, 2019.

SILVA, A. S.; OLIVEIRA, R. **Manual de Análises Físico-químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. O Autor. Campina Grande, 2001.