

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**

**UTILIZAÇÃO DO SISAGUA E SNIRH PARA AVALIAÇÃO**  
**DA QUALIDADE DA ÁGUA COM FOCO EM**  
**CYANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS**

**LUCAS TARALESKOF MORAES ROSADO**

**ORIENTADORA: RAQUEL MORAES SOARES**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA**  
**AMBIENTAL**

**BRASÍLIA/DF: ABRIL/2022**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**UTILIZAÇÃO DO SISAGUA E SNIRH PARA AVALIAÇÃO  
DA QUALIDADE DA ÁGUA COM FOCO EM  
CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS**

**LUCAS TARALESKOF MORAES ROSADO**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

**APROVADA POR:**

---

**RAQUEL MORAES SOARES, DOUTORA (UnB/ENC)  
(ORIENTADORA)**

---

**YOVANKA PÉREZ GINORIS, DOUTORA (UnB/ENC)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**ANDREIA MARIA DA ANUNCIÇÃO GOMES, DOUTORA (IFRJ)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 20 DE ABRIL DE 2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ROSADO, LUCAS TARALESKOF DE MORAES

Utilização do SISAGUA e do SNIRH para avaliação de qualidade da água com foco em cianobactérias e cianotoxinas.

157p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2022)  
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia,  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Recursos Hídricos

2. Cianobactérias

3. Cianotoxinas

4. SISAGUA

I. ENC/FT/UnB

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Rosado, M. T. L (2022). *Utilização do SISAGUA e SNIRH para avaliação da qualidade da água com foco em cianobactérias e cianotoxinas*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 157p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Taraleskof de Moraes Rosado

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Utilização do SISAGUA e SNIRH para avaliação da qualidade de água com foco em cianobactérias e cianotoxinas.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor

---

Lucas Taraleskof de Moraes Rosado

lucastaraleskof@gmail.com

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar durante todos esses anos e me permitir sonhar cada dia mais.

Estar na Universidade de Brasília foi sempre foi um objetivo e um sonho. Sou muito grato por todos esses anos em que estive em contato com a Universidade, nunca irei esquecer das experiências e conhecimentos que ela me proporcionou.

Agradeço a toda minha família, em especial meus avôs maternos, Silvia e Alexandre, meu pai André Luiz, minha irmã Maria Eduarda, meu tio Vinícius e minha bisavó Ana.

Agradeço especialmente a minha mãe Úrsula por ser meu porto seguro e me acompanhar fielmente durante toda essa jornada, você é uma das pessoas mais fortes que conheço.

Agradeço aos amigos que a UnB me apresentou, principalmente: Abraão Lucas, Gabriel Cotrim, Klalbert Jácome, Paulo Aires, Matheus Brito, Vinícius Farage, Rommel Lucas, Lucas Nunes, Rafael Barcellos, Júlia Espíndula e Marina Parada. Vocês, sem dúvidas, fizeram com que minha graduação na UnB fosse ainda melhor, são amizades que conquistei para a vida.

Agradeço aos meus amigos de infância e time: Luis Dias, Gabriel Cipriano, Tiago Borges, Caio Azevedo, Guilherme Firbida e João Victor. Obrigado por toda a parceria no dia-a-dia, vocês são muito importantes pra mim.

Agradeço a minha melhor amiga Gabriela Ribeiro por sempre escutar, aconselhar, ajudar e estar presente nos momentos cruciais da minha vida.

Agradeço a Divisão de Meio Ambiente da NOVACAP: Diana, Gabriela, Patrícia, Isabele, Laryssa e Maurício. Vocês me ensinaram, diariamente, como seguir os caminhos de um profissional ético e qualificado.

Por fim, agradeço a minha orientadora Raquel Moraes Soares por estar presente nesse período final da minha graduação, obrigado pela paciência e por me guiar tão bem durante esse momento, tenho uma grande admiração por você.

## RESUMO

Os recursos hídricos têm uma grande importância para suprir necessidades fundamentais da humanidade seja na agricultura, pecuária, na geração de energia elétrica, nas indústrias ou nos processos biológicos que mantêm os ecossistemas e o corpo humano em funcionamento. Por ser um recurso muito utilizado tornou-se corriqueiro encontrar uma série de situações que causam alterações nos corpos hídricos, comumente chamadas de poluições pontuais e difusas. Elas representam alterações relacionadas com impactos estéticos, biológicos ou ecológicos. Uma das consequências dessas modificações é a eutrofização, caracterizada pelo aumento na concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio. O incremento desses nutrientes traz diversas mudanças na qualidade da água, e pode ter como uma de suas consequências a floração de cianobactérias.

As cianobactérias podem ser classificadas como um grupo diverso de microrganismos procarióticos que prosperam em quase todos os ecossistemas da terra. Por ter um potencial tóxico, elas geram uma preocupação mundial em relação aos problemas de saúde pública e gerenciamento de mananciais. A maneira como é feita o gerenciamento de corpos hídricos é fundamental para determinar até que ponto as cianobactérias conseguem se proliferar. Existem mananciais onde se consegue controlar as cargas de nutrientes, porém, a pressão sobre outros continua aumentando.

No Brasil existem algumas plataformas online que fornecem dados que ajudam a entender a atual qualidade da água de mananciais Brasileiros. O Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) fornece, entre suas informações, dados de cianobactérias e cianotoxinas. O Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) fornece dados gerais sobre recursos hídricos.

Buscando uma compreensão ampla e conjunta da atual situação de cianobactérias e cianotoxinas, o que pode até mesmo contribuir em futuras revisões da Portaria de Potabilidade da Água, foi utilizado o SISAGUA a fim de: mapear dados indicativos de risco em águas brutas e águas tratadas, buscar um entendimento de quais cianotoxinas estão sendo mais recorrentes no país e fazer uma associação de parâmetros de qualidade da água do SNIRH de locais que, segundo o SISAGUA, estão apresentando valores altos de cianobactérias e cianotoxinas.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
3.1.1 Usos da água .....	19
3.1.2 Impactos gerados pelos seres humanos .....	20
3.1.3 Componentes presentes na água .....	22
3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	23
3.2.1 Fósforo .....	23
3.2.2 Coliformes.....	24
3.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	25
3.2.4 Turbidez .....	26
3.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	26
3.2.6 Índice de Qualidade das Águas (IQA) .....	27
3.3 PANORAMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	28
3.3.1 Classes de uso da água.....	29
3.4 EUTROFIZAÇÃO.....	31
3.4.1 Índice do Estado Trófico (IET).....	34
3.5 CIANOBACTÉRIAS.....	36
3.6 CIANOTOXINAS .....	38
3.6.1 Microcistinas e Nodularinas.....	39
3.6.2 Anatoxinas.....	40
3.6.3 Saxitoxinas.....	41
3.6.4 Cilindrospermopsina.....	42
3.7 GERENCIAMENTO DAS CIANOTOXINAS.....	43
3.8 PLATAFORMAS DE DADOS .....	44
3.8.1 Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA).....	44
3.8.2 Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).....	45
3.7.2 Justificativa .....	46

<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	47
4.2 PLATAFORMAS UTILIZADAS .....	47
4.3 ANÁLISE DE DADOS .....	48
4.3.1 Dados analisados no SISAGUA .....	48
4.3.1.1 Águas Brutas.....	48
4.3.1.2 Águas Tratadas.....	48
4.3.2 Dados analisados no SNIRH .....	49
4.3.3 Fluxogramas de processos .....	50
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
5.2 DADOS OBTIDOS A PARTIR DAS PLANILHAS DO SISAGUA .....	52
5.2.1 Cianobactérias – Dados do Controle .....	52
5.2.2 Cianobactérias – Dados do Controle > 100 mil células por mililitro .....	56
5.2.3 Cianobactérias – Dados da Vigilância .....	57
5.2.4 Cianobactérias – Dados da Vigilância > 100 mil células por mililitro.....	60
5.2.5 Cianotoxinas – Dados do Controle .....	62
5.2.6 Cianotoxinas – Dados da Vigilância.....	66
5.3 AVALIAÇÕES DE EQUIVALÊNCIA ENTRE OS DADOS DO CONTROLE E VIGILÂNCIA.....	69
5.3.1 Cianobactérias.....	69
5.3.2 Cianotoxinas .....	71
5.4 IDENTIFICAÇÃO DE DADOS INDICATIVOS DE RISCO (CIANOBACTÉRIAS)	
72	
5.4.1 Manancial / Pré-tratamento.....	72
5.4.2 Água Pós-tratamento .....	76
5.4.2.1 Água Tratada com Hipoclorito.....	77
5.4.2.2 Água Pré – Desinfecção .....	78
5.4.2.3 Saída de tratamento/pós-desinfecção .....	80
5.5 IDENTIFICAÇÃO DE DADOS INDICATIVOS DE RISCO (CIANOTOXINAS)	
85	
5.5.1 Manancial e Pré-Tratamento.....	86
5.5.2 Rede de Distribuição / Pós-Tratamento .....	90
5.6 POSSÍVEIS ERROS NOS DADOS INSERIDOS NO SISAGUA .....	91
5.7 ASSOCIAÇÃO ENTRE DADOS DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH) E SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE	

## VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (SISAGUA)

96	
5.7.1 Ceará – Itapiúna.....	98
5.7.2 Ceará – Capistrano.....	100
5.7.3 Ceará – Pentecostes .....	102
5.7.4 Ceará – Iracema .....	104
5.7.4 Pernambuco – Feira Nova/ Lago do Carro / Lagoa de Itaenga e Limoeiro..	106
5.7.4 Pernambuco – São Lourenço da Mata .....	109
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>115</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO A – AVALIAÇÃO DE EQUIVALÊNCIA DOS DADOS DO CONTROLE E VIGILÂNCIA PARA AS CIANOBACTÉRIAS .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO B – AVALIAÇÃO DE EQUIVALÊNCIA DOS DADOS DO CONTROLE E VIGILÂNCIA PARA AS CIANOTOXINAS. ....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO C – DADOS INDICATIVOS DE RISCO - CIANOBACTÉRIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS (MANANCIAL/PRÉ-TRATAMENTO).....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO D – DADOS INDICATIVOS DE RISCO - CIANOBACTÉRIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS (ÁGUA TRATADA COM HIPOCLORITO) ....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO E – DADOS INDICATIVOS DE RISCO - CIANOBACTÉRIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS (ÁGUA PRÉ-DESINFECÇÃO).....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO F – DADOS INDICATIVOS DE RISCO - CIANOBACTÉRIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS (ÁGUA SAÍDA DE TRATAMENTO/PÓS-DESINFECÇÃO).....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO G – DADOS INDICATIVOS DE RISCO - CIANOTOXINAS (MANANCIAL/PRÉ-TRATAMENTO).....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO H – MAPAS DE LOCALIZAÇÃO DOS MANANCIAIS ESCOLHIDOS PARA ASSOCIAÇÃO SISAGUA - SNIRH.....</b>	<b>149</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais processos de contaminação e poluição das águas e suas consequências. Fonte: (Tundisi <i>et al.</i> , 2006) .....	22
Figura 2 - Classe do enquadramento em função dos usos da água. Fonte: Porto (2012)....	30
Figura 3 - Parâmetros de qualidade da água relacionados aos usos dos recursos hídricos. Brites (2010) adaptando Costa e Conejo (2009).....	31
Figura 4 - Limites para diferentes níveis de estado trófico segundo o sistema de classificação proposto por Toledo (1990) Fonte: Lamparelli (2004) .....	35
Figura 5 - Série histórica do percentual de municípios com dados de cadastro, controle e vigilância no período de 2007 a 2019 no Brasil – Fonte: (MS, 2020).....	45
Figura 6 - Percentual dos municípios com dados de cadastro, controle e vigilância, por região geográfica e Brasil, ano 2019 - Fonte (MS, 2020). .....	45
Figura 7 - Mapas temáticos disponíveis no site do SNIRH – Fonte: Site Mapas temáticos SNIRH .....	46
Figura 8 - Fluxograma de processos para água bruta – Fonte: autor próprio .....	50
Figura 9 - Fluxograma de processos para águas tratadas – Fonte: autor próprio .....	51
Figura 10 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2014-2021. ....	57
Figura 11 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2014-2021 apresentados por Estado. ....	57
Figura 12 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pela Vigilância no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2015 - 2021.....	61
Figura 13 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pela Vigilância no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2015 - 2021 por Estado.....	62
Figura 14 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021. ....	65

Figura 15 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021 por Estado. ....	65
Figura 16 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA, por tipo de cianotoxina na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021.....	66
Figura 17 - Dados com registros da Vigilância selecionados para valores de cianotoxinas acima de no SISAGUA a partir de 2014. (A) Dados filtrados por ano de registro (2014-2021); (B) Dados filtrados por Estado (2014 - 2021).....	68
Figura 18 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pela Vigilância no SISAGUA, por tipo de cianotoxina na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021.....	69
Figura 19 - Quantidade de Cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL encontradas por Estado. (A) - Controle; (B) - Vigilância.....	74
Figura 20 - Cobertura Temporal das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Controle).....	74
Figura 21 - Cobertura Temporal das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Vigilância). ....	75
Figura 22 - Gêneros das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Controle).....	75
Figura 23 - Gêneros das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Vigilância).....	76
Figura 24 - Quantidade de dados para cada uma das cianobactérias potencialmente tóxicas em amostras de água na saída de tratamento/pós-desinfecção. ....	85
Figura 25 – Quantidade de dados por ano da Vigilância de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento. Dados registrados apenas no Estado de Pernambuco. ....	87
Figura 26 - Quantidade de dados por ano do Controle de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento por ano. ....	88
Figura 27 - Quantidade de dados de cada uma das cianotoxinas, registrados pelo Controle, em manancial/pré-tratamento por Estado .....	89
Figura 28 – Mapa de Localização de Itapiúna e seu Manancial Açude Castro – Fonte da Imagem: Geoportall - Elaboração do Mapa: próprio autor.....	149

Figura 29 - Mapa de Localização de Capistrano e seu Manancial Açude Pesqueiro - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor.....	150
Figura 30 - Mapa de Localização de Pentecostes seu Manancial Açude Pereira de Miranda - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor. ....	151
Figura 31 - Mapa de Localização de Iracema e seu Manancial Açude Ema - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor.....	152
Figura 32 - Mapa de Localização da Barragem do Carpina - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor .....	153
Figura 33 - Mapa de Localização de São Lourenço da Mata e do Rio Tapacurá - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor.....	154

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais usos da água, adaptado de Von Sperling (1995) e Tucci (2001).....	20
Tabela 2 - Estados Tróficos relacionados com os níveis de fósforo (Piveli e Kato, 2006).	24
Tabela 3 - Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado (IGAM, 2013). ....	27
Tabela 4 - Classificação dos rios (ANA b, 2019).....	29
Tabela 5 - Estados Tróficos da água segundo Barreto (2013).....	32
Tabela 6 - Classificação de trofia segundo o Índice proposto por Lamparelli (2004) Fonte: CETESB (2019).....	36
Tabela 7 - Dados Gerais SISAGUA (Cianobactérias - Controle) .....	52
Tabela 8 - Quadro com nomes e siglas das companhias prestadoras de serviço de abastecimento de água. ....	53
Tabela 9 - Dados gerais sobre o parâmetro Cianobactéria no SISAGUA (Controle) .....	54
Tabela 10 – Informações filtradas sobre cianobactérias (Controle) .....	55
Tabela 11 - Dados acima de 100 mil cels/mL (Cianobactérias - Controle) .....	56
Tabela 12 - Dados Gerais SISAGUA (Vigilância).....	58
Tabela 13 - Informações gerais sobre cianobactérias (Vigilância).....	58
Tabela 14 - Informações filtradas (Cianobactérias - Vigilância) .....	60
Tabela 15 - Dados acima de 100mil cels/mL (Cianobactérias - Vigilância).....	61
Tabela 16 - Dados Cianotoxinas (Controle) .....	62
Tabela 17 - Valores Máximos Permitidos pela Portaria GM/MS nº 888 (Cianotoxinas) ...	63
Tabela 18 - Dados filtrados (Cianotoxinas - Controle) .....	64
Tabela 19 - Dados do total de registros da Vigilância com informações sobre cianotoxinas no SISAGUA a partir de 2014.....	67
Tabela 20 - Dados com registros da Vigilância selecionados para valores de cianotoxinas acima de 0.1µg/L no SISAGUA a partir de 2014.....	67
Tabela 21 - Quantidade de dados inseridos na tabela de equivalência do Controle e Vigilância referente aos dados de Cianobactérias (Anexo A) .....	70
Tabela 22 – Dados do Controle de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento.....	86
Tabela 23 – Dados da Vigilância de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento ..	86
Tabela 24- Informações, por município, de cianotoxinas encontrada pela Vigilância na água pós-tratamento/rede de distribuição .....	90
Tabela 25 – Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) - ITABAINA .....	92
Tabela 26 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) - Jussara.....	93

Tabela 27 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) – Rio de Janeiro e São Paulo .....	94
Tabela 28 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle e Vigilância) – Machalis.....	95
Tabela 29 – Forma na qual o SNIRH avalia seus parâmetros de qualidade da água .....	97
Tabela 30 – Dados do controle referente as cianobactérias em Itapiúna no Açude Castro para o ano de 2016.....	98
Tabela 31 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Castro com valores médios do ano de 2016.....	99
Tabela 32 - Dados do controle referente as cianobactérias em Capistrano no Açude Pesqueiro para o ano de 2016/2017.....	100
Tabela 33 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Pesqueiro com valores médios do ano de 2016/17.....	101
Tabela 34 - Dados do Controle referente às cianotoxinas em Pentecostes no Açude Pereira de Miranda para o ano de 2015.....	102
Tabela 35 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Pereira de Miranda com valores médios do ano de 2015. ....	103
Tabela 36 - Dados do controle referente às cianotoxinas em Iracema no Açude Ema para o ano de 2015.....	104
Tabela 37 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para Açude emá com valores médios do ano de 2015.....	105
Tabela 38 - Dados da Vigilância referente as cianobactérias para Barragem do Carpina para o ano de 2016.....	106
Tabela 39 - Dados da vigilância referente às cianotoxinas para Barragem do Carpina para o ano de 2016.....	106
Tabela 40 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para a Barragem do Carpina com valores médios dos anos de 2016 e 2018.....	107
Tabela 41 - Dados da Vigilância referente às cianotoxinas para o Rio Tapacurá.....	109
Tabela 42 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Rio Tapacurá com valores médios dos anos de 2017 e 2018.....	110
Tabela 43 - Dados da Vigilância, separado por ano, de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água pré-desinfecção. ....	141
Tabela 44 – Quadro resumo dos dados gerais, da Vigilância, de cianotoxinas na água na saída de manancial/pré-tratamento .....	144

Tabela 45 – Quadro de quantidade de dados da Vigilância de Microcistinas e faixa de concentração em $\mu\text{g/L}$ , por ano, para o Estado de Pernambuco em Manancial/Pré-tratamento.....	145
Tabela 46 - Quadro de quantidade de dados de cianotoxinas e faixa de concentração em $\mu\text{g/L}$ , por ano, para o Estado cadastrados no Controle em Manancial/Pré-tratamento .....	145

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo para o Índice de Qualidade das Águas.....	12
Equação 2 - Cálculo Índice de Estado Trófico para transparência.....	19
Equação 3 – Cálculo Índice de Estado Trófico para o fósforo.....	19
Equação 4 - Cálculo Índice de Estado Trófico para a clorofila.....	3619
Equação 5 – Cálculo, segundo Lamparelli, do Índice de Estado Trófico para clorofila.....	20
Equação 6 - Cálculo, segundo Lamparelli, do Índice de Estado Trófico para fósforo.....	20
Equação 7 - Cálculo, segundo Lamparelli, da expressão final do Índice de Estado Trófico (IET) .....	20

## LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA	Agência Nacional de Águas
ATX	Anatoxina
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CYN	Cilindrospermopsina
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice do Estado Trófico
IQA	Índice de Qualidade das Águas
MC	Microcistinas
MS	Ministério da Saúde
NOD	Nodularinas
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PNRH	Política Nacional de Recurso Hídricos
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ortofosfato
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SX	Saxitoxinas
UF	Unidade da Federação
UT	Unidade de Turbidez



## 1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo no qual os recursos hídricos tem uma importância significativa, começando pelos seres vivos, pois para exercer suas funções básicas buscando o equilíbrio precisa-se de água. Por exemplo, os seres humanos, assim como a maioria dos organismos, têm grande parte da sua composição feita por essa substância e precisa dela para uma série de processos que mantém o corpo em funcionamento, tais como o transporte de nutrientes e sais minerais até as suas células.

Os recursos hídricos também têm uma grande importância na agricultura, pecuária, nos diversos métodos de geração de energia elétrica e nas mais variadas indústrias que estão presentes no mercado, ou seja, a água é um recurso, limitado, que está na base das necessidades fundamentais da humanidade.

Nós temos no mundo uma série de situações que causam alterações dos recursos hídricos, fatores como o uso e ocupação do solo sem planejamento prévio, despejo irregular de águas residuais, construções de barragens, desvio de águas em cursos hídricos, retiradas de águas subterrâneas e a canalização são alguns dos fatores que causam impactos negativos nos sistemas de águas continentais e nos habitats associados. Uma das grandes consequências dessas alterações é a eutrofização, que é causada pelo enriquecimento em nutrientes dos ecossistemas aquáticos, e leva a mudanças no seu funcionamento. Esse processo tende a causar diversas alterações na qualidade da água e nas suas comunidades biológicas, e tem como uma de suas consequências o desenvolvimento de espécies fitoplanctônicas, tais como as cianobactérias.

As cianobactérias formam um diversificado grupo de microrganismos fotoautotróficos que ocorrem na grande maioria dos ecossistemas aquáticos. Devido ao seu potencial tóxico, elas geram uma preocupação mundial em relação aos problemas de saúde pública vinculados à qualidade da água. Quando falamos nesse grupo, é muito importante avaliar o cenário brasileiro para que se tenha uma compreensão conjunta da atual situação dos recursos hídricos, e por ser um grupo que tem como característica se adaptar a diversos habitats, torna-se importante avaliar não somente a presença das toxinas, mas também fatores ambientais que podem gerar diferenças significativas na produção de toxina por célula. Tal discussão é importante para além de universalizar o conhecimento sobre cianotoxinas e seus perigos, auxiliar em discussões e avaliações dos parâmetros de monitoramento, tais como o número de células nos mananciais de abastecimento. Também se torna possível contribuir para as futuras revisões da portaria de potabilidade

da água do Ministério da Saúde e analisar diversos cenários para que seja possível criar planos de ações visando melhorias nos programas de preservação dos mananciais de abastecimento e nos sistemas de tratamento de água. Para que essa avaliação seja feita, pode-se utilizar dados disponíveis em plataformas como o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) que possui como objetivo auxiliar no gerenciamento de riscos à saúde a partir de dados gerados por profissionais do setor da saúde e pelos responsáveis por serviços de abastecimento de água, e também do Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH), um instrumento que fornece dados gerais sobre recursos hídricos, bem como fatores constituintes para a sua gestão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Produzir uma análise que contribua para uma compreensão mais global e conjunta das informações existentes no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) e no Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) enfocando nos dados sobre cianobactérias, cianotoxinas e parâmetros de qualidade das águas.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mineração e sistematização das informações, de 2014 a 2020, de cianobactérias e cianotoxinas encontrados no SISAGUA.
- Avaliar os dados encontrados no SISAGUA, de 2014 a 2020, a fim de se ter um melhor entendimento de quais cianobactérias e cianotoxinas estão sendo mais recorrentes em determinados locais do país.
- Identificar no SISAGUA dados indicativos de risco de contaminação em água bruta/pré-tratamento e águas tratadas.
- Avaliar os dados encontrados no SISAGUA sobre cianobactérias e cianotoxinas em mananciais e verificar a existência da possibilidade de associação com as informações de parâmetros de qualidade da água e uso da água presente no SNIRH;
- Identificar mananciais que apresentam dados indicativos de maior risco de ocorrência de florações de cianobactérias no Brasil.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 QUALIDADE DA ÁGUA**

A água é um recurso que é utilizado pelo homem para sua sobrevivência e melhoria das suas condições econômicas, sociais e comunitárias. Além disso, a água, além de fundamental para o funcionamento celular em todos os seres, é também habitat de organismos que necessitam condições ambientais adequadas nesse meio para sua sobrevivência (Tucci, 2001). Esse recurso, escasso, já foi até mesmo causa de disputas e guerras, o que reflete a necessidade de uma gestão muito eficiente para garantir seu uso adequado.

As águas naturais classificam-se em marinhas e continentais. A primeira caracteriza-se pela presença de cloreto de sódio e tem uma composição iônica estável e quase uniforme, variando a concentração total dessa substância de um local para outro. As continentais, chamadas de águas doces, caracterizam-se pela presença de bicarbonato de cálcio e são muito heterogêneas. As águas continentais apresentam em geral uma concentração salina muito baixa nos corpos d'água interiores e variável nos costeiros. Em certos locais, como estuários, há uma mescla de água doce com marinha, formando a chamada água salobra (Tucci, 2001).

Segundo Braga *et al* (2005) pode-se caracterizar os recursos hídricos de duas formas: com relação a sua quantidade e com relação a sua qualidade, estando essas características intimamente relacionadas. A qualidade da água depende diretamente da quantidade de água existente para dissolver, diluir e transportar substâncias benéficas e maléficas para os seres que compõem as cadeias alimentares.

##### **3.1.1 Usos da água**

Dentre os recursos naturais, um dos que apresenta os mais variados, legítimos e correntes usos, é indubitavelmente a água (Tucci, 2001). Sua qualidade depende diretamente do seu uso, onde, cada finalidade exigirá análises de determinadas características qualitativas e quantitativas. Assim, as exigências do grau de pureza, definindo por padrões de qualidade, –através de valores limites, máximos ou mínimos, de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, irão variar de acordo com o emprego da água (Piveli e Kato, 2006). Podemos considerar que, “o uso mais nobre, representado pelo abastecimento de água doméstico, requer a satisfação de diversos critérios de qualidade. De forma oposta, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade” (Von Sperling, 1995)

Tabela 1 - Principais usos da água, adaptado de Von Sperling (1995) e Tucci (2001)

<b>Principais Usos da Água</b>
→ Abastecimento doméstico;
→ Consumo industrial;
→ Irrigação;
→ Dessedentação de animais;
→ Aquicultura
→ Preservação da flora e da fauna;
→ Recreação e lazer;
→ Harmonia Paisagística;
→ Geração de energia elétrica;
→ Navegação;
→ Diluição de despejos.

### **3.1.2 Impactos gerados pelos seres humanos**

Os impactos gerados pelos seres humanos nos ambientes naturais podem ser classificados em dois tipos: primeiro, no caso dos recursos naturais renováveis, o seu consumo em ritmo mais acelerado do que aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico; segundo, pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural dos nutrientes (Moraes e Jordão, 2002). Além disso, no caso dos ambientes aquáticos, a alteração de características como volume e morfologia dos sistemas hídricos e introdução de espécies exóticas são destaques importantes que devem ser avaliados. Alguns exemplos, recorrentes, desses impactos sobre os recursos hídricos acontecem via: captação excessiva para irrigação e indústria, assoreamento resultante de erosão do solo e barramento para usinas hidrelétricas.

Empreendimentos hidrelétricos geram diversos impactos sobre o meio ambiente, sendo estes, em diversas vezes, de caráter negativo e de grande magnitude (Ruas, 2006). Por exemplo, Ribeiro *et al.* (2005), fizeram um estudo sobre as alterações limnológicas abióticas e bióticas ocorridas durante a construção da hidrelétrica de Salto Caxias, no rio Iguaçu, localizado no Paraná. Sua pesquisa concluiu que, após o represamento, o local apresentou características mais lênticas quando comparado ao seu rio de origem e, por efeitos da decomposição da biomassa vegetal submersa, do material lixiviado dos solos,

e das contribuições através de tributários, houve uma grande redução do oxigênio dissolvido, aumento nas concentrações de fósforo, nitrogênio e da biomassa fitoplanctônica.

A agricultura irrigada é o maior uso da água no Brasil, cerca de 72% da média de toda água consumida, e no mundo, cerca de 70% (ANA, 2019). Uma medida direta do impacto poluidor da agricultura irrigada pode ser obtida pela simples avaliação da alteração na concentração de substâncias dissolvidas na água, prévia e posteriormente a sua aplicação em campos cultivados, e pela consideração das restrições impostas ao uso da água em consequência destas alterações, mesmo o próprio uso para irrigação (Embrapa, 2004).

A contínua interferência das atividades humanas nos sistemas aquáticos continentais do Brasil, e do mundo, produziu impactos diretos ou indiretos, com consequências para a qualidade da água, a biota aquática e o funcionamento de lagos, rios e represas. As avaliações qualitativas e quantitativas desses impactos são parte muito importante dos estudos, diagnósticos e ações estratégicas na pesquisa ambiental (Tundisi *et al.*, 2006).

Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem, onde, essas alterações podem produzir impactos estéticos, biológicos ou ecológicos (Braga *et al.*, 2005 e Tucci, 2001).

Segundo Porto (2012), às fontes poluidoras podem ser classificadas em duas formas básicas: pontual e difusa.

**1 – Poluição Pontual:** os poluentes atingem os corpos d'água de maneira concentrada no espaço, sendo sua localização e quantificação facilmente identificadas, portanto, seu controle é mais eficiente e rápido. Os efluentes domésticos e industriais são exemplos típicos de poluição pontual (Braga *et al.*, 2005 e Porto, 2012);

**2 – Poluição Difusa:** os poluentes atingem os corpos d'água distribuídos ao longo de sua extensão, sendo difícil a identificação de sua origem e, como consequência, é complexo o estabelecimento de processos apropriados para o seu controle. Alguns exemplos desse tipo de poluição são os de lixiviação de fertilizantes e pesticidas agrícolas, erosão e lançamentos irregulares de esgoto doméstico (Porto, 2012).

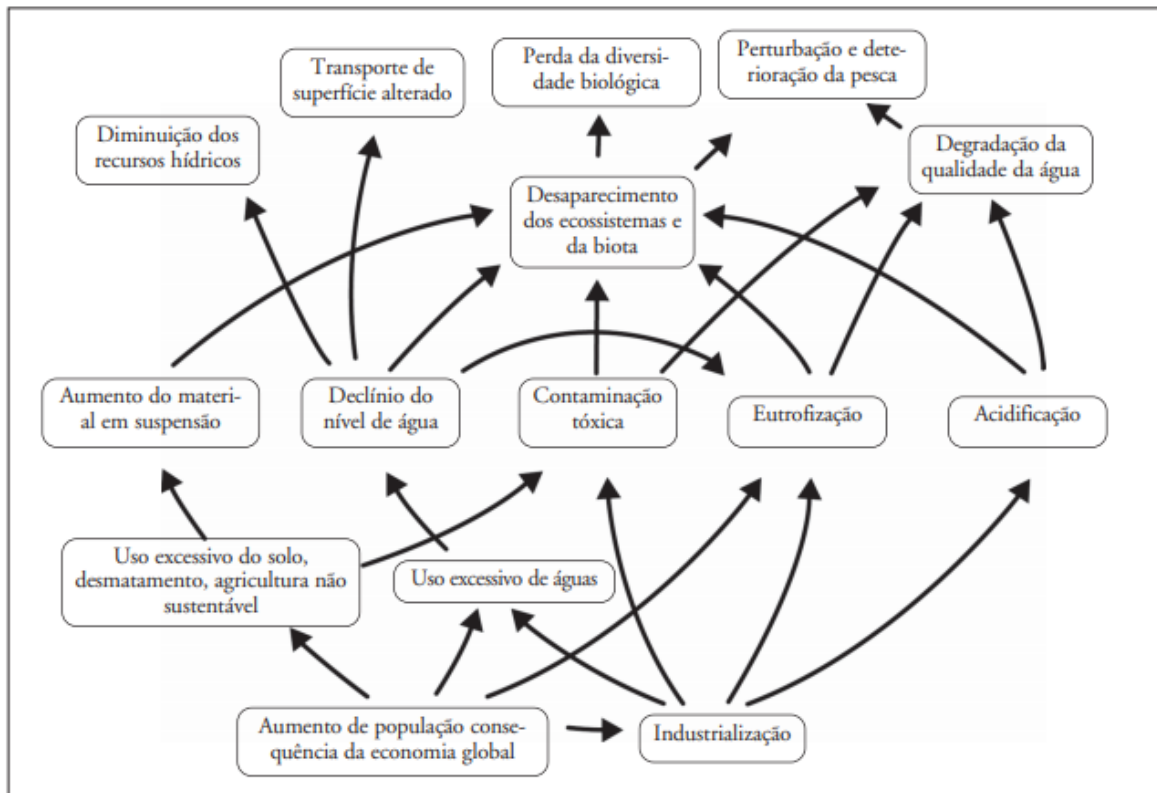


Figura 1 - Principais processos de contaminação e poluição das águas e suas consequências. Fonte: (Tundisi *et al.*, 2006)

Para a garantia da qualidade da água, busca-se a sua conservação em todo o seu curso até o consumidor final, ou seja, não somente nas nascentes e mananciais. Também são importantes os processos de coleta, tratamento, distribuição e, por fim, destinação final após seu uso. Ainda conforme o uso, as exigências de qualidade das águas poderão requerer correções de algumas de suas propriedades, de modo a atingir os padrões específicos para se obter a qualidade mínima correspondente. (Piveli e Kato, 2006).

Para conseguir manter a qualidade da água para consumo humano é imprescindível que se tenha monitoramento do recurso hídrico para apontar tendências e áreas de prioridade. Sem essas informações, torna-se difícil o planejamento e a efetividade destas ações e instrumentos de gestão (ANA, 2019).

### 3.1.3 Componentes presentes na água

Segundo Tucci (2001), a implantação de uma rede de monitoramento da qualidade da água tende a ter como objetivos a avaliação da sua qualidade para determinar sua adequabilidade para os usos propostos e acompanhar a evolução da qualidade do manancial ao longo do tempo, como reflexo do uso do solo da bacia e de medidas de controle da poluição adotadas, assim como tornar possível avaliar o ambiente aquático como um todo.

Para que seja possível esse monitoramento, é importante entender quais são as possíveis impurezas encontradas na água. Segundo Von Sperling (1995) entre os diversos componentes presentes na água, os que alteram a sua qualidade podem ser classificados, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

1 – **Características físicas:** Essas impurezas estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água que, dependendo do tamanho, são classificados como sólidos em suspensão, coloidais ou dissolvidos.

2 – **Características químicas:** Essas impurezas podem ser classificadas em matéria orgânica ou inorgânica.

3 – **Características biológicas:** Estão associadas à presença de seres vivos, assim como seus corpos, tecidos e células inativas na água.

### **3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Dentre os mais diversos parâmetros de qualidade da água existentes, esse trabalho focou nas análises de: fósforo total, *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e índice de qualidade das águas (IQA), os quais são registrados no SNIRH. Esses parâmetros são os indicadores fornecidos pelas entidades que operam as redes de monitoramento nas Unidades da Federação (UFs), e esses dados permitem ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, de forma a orientar na elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água (ANA, 2020). Esses indicadores também podem auxiliar em revisões da portaria de potabilidade da água do Ministério da Saúde, contribuindo assim com uma gestão sustentável dos recursos hídricos

#### **3.2.1 Fósforo**

Há muito tempo é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos, que deve-se à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos. Frequentemente, nos ecossistemas aquáticos não impactados, o fósforo disponível se encontra em baixas concentrações, sendo assim considerado o principal fator limitante de sua produtividade primária. Deste modo, é um dos parâmetros que determinam o estado trófico de um corpo hídrico (Tabela 2) e tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998).



Tabela 2 - Estados Tróficos relacionados com os níveis de fósforo (Piveli e Kato, 2006)

Nível	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila (µg/L)
Oligotrófico	< 0,010	< 2,5
Mesotrófico	0,010 - 0,035	2,5 - 8,0
Eutrófico	0,035 - 0,100	8,0 - 25,0
Hipereutrófico	> 0,100	> 25

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de *ortofosfato*, *polifosfato* e *fósforo orgânico*. Eles podem ser de origem natural, a partir da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica, ou de origem antropogênica resultante de despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. (Von Sperling, 1995).

Altas concentrações de fósforo em combinação com outros fatores podem desencadear o crescimento excessivo de plantas aquáticas e microalgas, sendo que algumas podem ser tóxicas tornando a água imprópria para o consumo humano e a dessedentação de animais. (ANA, 2019). Neste contexto, torna-se um parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais e domésticos que se pretende tratar por processo biológico. A Resolução 357 do CONAMA estabelece diversos limites, de acordo com os usos pretendidos e as características do local, para a concentração de fósforo total em corpos hídricos.

### 3.2.2 Coliformes

Para que uma espécie de bactéria possa ser considerada como um bom indicador de contaminação fecal, ela deve essencialmente estar presente em grande concentração nas fezes humanas e de outros animais homeotérmicos, ser identificável por métodos simples e não crescer em águas naturais (Barrel *et al.*, 2002). Quando encontrados na água, isto pode significar que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças (Porto, 2012).

O gênero *Escherichia* pertence à família *Enterobacteriaceae*, cuja espécie mais pesquisada mundialmente é a *E. Coli*, um coliforme termotolerante, presente no trato intestinal de animais homeotérmicos, entre eles, o ser humano (Drumond *et al.*, 2018). Essa espécie amplamente difundida inclui uma ampla variedade de tipos diferentes, variando de cepas altamente patogênicas que causam surtos mundiais de doenças graves para tipos que fazem parte da flora intestinal normal ou que estão seguros em laboratórios (Kuhnert *et al.*, 1999).

A *Escherichia coli* atende aos requisitos de indicador de contaminação fecal, e portanto, quando encontrada, mostra que o local está comprometido para usos da água, tais como recreação e lazer, dessedentação animal, aquicultura, irrigação de hortaliças, abastecimento industrial e abastecimento humano (ANA, 2019). É importante, também, conhecer a densidade de bactérias heterotróficas em geral, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes. Embora a maioria dessas bactérias não seja patogênica, pode representar riscos à saúde, pois existem cepas altamente patogênicas, como também, deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (FUNASA, 2006).

### **3.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)**

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ( $O_2$ ) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo que sua solubilidade depende de dois fatores: temperatura e pressão (Esteves, 1998). O Oxigênio Dissolvido (OD) é um dos constituintes mais importantes dos recursos hídricos. Embora não seja o único indicador de qualidade da água existente, é um dos mais usados porque está diretamente relacionado com os tipos de organismos que podem sobreviver em um corpo de água (Braga *et al.*, 2005).

Concentrações abaixo de 4 mg/L geralmente tornam inviável a sobrevivência dos peixes mais sensíveis a escassez de oxigênio na água. Abaixo de 2 mg/L, mesmo os peixes mais resistentes não podem sobreviver. Por outro lado, as águas com boa qualidade apresentam concentrações de OD mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L (ANA b, 2019). No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas, onde ocorre o acúmulo de microalgas na superfície, isso faz com que, durante o dia, devido a fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados, por outro lado, durante a noite, não ocorre esse fenômeno, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante (ANA, 2020).

A repercussão mais nociva da poluição de um corpo d'água por efluentes domésticos e industriais é a queda nos níveis de oxigênio dissolvido, causada pela respiração dos microrganismos envolvidos na degradação da matéria orgânica (Von Sperling, 1995).

### **3.2.4 Turbidez**

Representa a interferência na passagem de luz através da água. A turbidez deve-se à presença de sólidos em suspensão na água, conferidos por partículas de origem mineral, microalgas, microrganismos e pela presença de esgotos domésticos e industriais (Porto, 2012).

Segundo Von Sperling (1995), a turbidez de origem natural é considerada esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, o que diminui a eficiência da desinfecção pelo cloro.

A turbidez de origem antropogênica tende a estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, e trata-se de um indicador bastante genérico, porém útil para a identificação de processos erosivos e de assoreamento dos corpos hídricos. Esse parâmetro pode também, de maneira indireta, indicar o fluxo de nutrientes nos rios, quando estão associados com os sedimentos em suspensão (ANA, 2019).

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para o abastecimento público, além de um indicativo de risco de presença de determinados patógenos. A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 estabelece padrão de potabilidade, abordando diversos processos e etapas do tratamento, sendo que o limite máximo para qualquer amostra pontual de água tratada deve ser de 5 UT (Unidades de Turbidez) em toda a extensão do sistema de distribuição.

### **3.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

DBO é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer para as bactérias aeróbias consumirem a matéria orgânica presente na água ou esgoto (Porto, 2012).

A DBO serve como uma forma de medição do potencial poluidor de certos efluentes biodegradáveis em relação ao consumo do oxigênio dissolvido. Convencionou-se que as medições experimentais de DBO de amostras de corpos hídricos devem ser feitas com ensaios que tenham duração de cinco dias, nas quais se adota o símbolo DBO<sub>5</sub>, que se refere a decomposição da matéria orgânica carbonácea (Braga *et al.*, 2005).

Segundo a Resolução nº 357 do CONAMA, são impostos os limites máximos de DBO de 3, 5 e 10 mg/L para as águas doces de classes 1,2 e 3, respectivamente.

### 3.2.6 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Criado pela *National Sanitation Foundation* e implementado no Brasil em 1975, com adaptações, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) o Índice de Qualidade das Águas (IQA) incorpora variáveis consideradas relevantes para avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, 2017).

O IQA foi criado a partir de uma pesquisa de opinião com especialistas em qualidade de águas, que indicaram variáveis a serem avaliadas, pesos relativos e a condição que apresenta cada parâmetro. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostas, somente nove foram selecionadas sendo elas: temperatura da água, pH, OD, DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez. O IQA é calculado como o produto ponderado das qualidades correspondentes as variáveis que integram o índice, sendo estabelecida uma qualidade de 0 a 100 para cada uma das nove variáveis que o compõem (CETESB, 2014).

$$IQA = \prod_{i=1}^9 qi^{wi}$$

Equação 1 – Cálculo para o Índice de Qualidade das Águas

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água;

qi = Qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

wi = Peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade.

Tabela 3 - Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado (IGAM, 2013).

Valor do IQA	Classificação	Significado
$90 < IQA \leq 100$	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
$70 < IQA \leq 90$	Bom	
$50 < IQA \leq 70$	Médio	
$25 < IQA \leq 50$	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
$IQA \leq 25$	Muito Ruim	

O IQA é particularmente sensível à contaminação por esgotos, sendo um índice de referência normalmente associado a qualidade da água bruta a ser captada para o tratamento e abastecimento público (IGAM, 2013). Os avanços no controle da poluição hídrica, notadamente por meio do tratamento de esgotos, e o aperfeiçoamento do controle

da poluição industrial e das práticas agrícolas, tem acentuada influência sobre a melhora no IQA. Variáveis climáticas, tais como mudanças prologadas no regime de chuvas e no escoamento superficial, também têm o potencial de afetar a evolução do índice, para melhor ou para pior (ANA, 2019).

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2015).

### **3.3 PANORAMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Visando assegurar às águas uma qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes, o enquadramento dos corpos de água em classes é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (ANA b, 2019). Ou seja, enquadramento é uma ferramenta de planejamento, pois não se baseia apenas na classificação do estado atual de qualidade em um segmento do corpo d'água, ele busca também a qualidade que o corpo hídrico deve manter ou que deveria apresentar e a que precisa ser alcançada para atender as necessidades, de acordo com os usos pretendidos, estabelecidos pela sociedade.

O enquadramento se aplica aos corpos d'água doces, salobros e salinos. Isto representa uma grande variedade de ambientes tais como rios, córregos, estuários, águas costeiras, várzeas, reservatórios, açudes, rios intermitentes e águas subterrâneas (Conejo e Costa, 2009). Como parte do processo de gestão de qualidade da água, o enquadramento necessita gestão participativa de políticas ou diretrizes para a bacia hidrográfica (Brites, 2010). É necessário prever metas intermediárias e progressivas até que se alcance a meta final desejada, ou seja, estabelecendo metas para curto, médio e longo prazo (ANA b, 2019).

Sendo a bacia hidrográfica a unidade de gestão dos recursos hídricos, o processo de elaboração do enquadramento dos corpos d'água deve considerar toda a bacia. Algumas vezes o enquadramento de toda a bacia é tecnicamente inviável, com isso pode-se fazer o enquadramento dos corpos d'água principais da bacia para os quais se possuem as informações necessárias para o diagnóstico. Nestes casos os rios não enquadrados não podem gerar desconformidades nos rios enquadrados (Conejo e Costa, 2009).

Segundo o informe anual da ANA - Conjuntura (2019), como instrumento de planejamento o enquadramento deve ser orientado por três olhares:

Tabela 4 - Classificação dos rios (ANA b, 2019)

<b>O rio que temos</b>	A constatação da realidade atual dos corpos hídricos;
<b>O rio que queremos</b>	O conhecimento da visão da sociedade sobre futuro que deseja para esses corpos hídricos;
<b>O rio que podemos ter</b>	A pactuação da situação possível de ser mantida ou alcançada, levando em conta os limites técnicos, sociais e econômicos para o alcance de metas de qualidade para determinado corpo hídrico, em um horizonte de tempo

### 3.3.1 Classes de uso da água

Segundo o relatório anual de Enquadramento da ANA (2019), as classes para o enquadramento dos corpos de água superficiais, segundo os seus usos preponderantes, são estabelecidas pela Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Classe especial é aquela em que devem ser mantidas as condições naturais do corpo d'água, e é a mais restritiva às atividades humanas que possam interferir em sua qualidade, não sendo permitido o lançamento de efluentes, mesmo tratados. Quanto maior o número da classe correspondente, menos exigente se torna o nível de qualidade necessário aos usos da água, diminuindo-se a restrição às atividades que possam impactar a qualidade dessas águas. Assim, a classe 4 (para águas doces) e a classe 3 (para águas salinas e salobras) correspondem ao nível mais inferior de qualidade de água para as classes de enquadramento (Figura 2). Mesmo na classe mais inferior há algumas condições e padrões de qualidade da água estabelecidos para conformidade com a classe de enquadramento. Alguns corpos hídricos, particularmente em áreas urbanizadas com elevada concentração populacional, apresentam trechos tão poluídos que não apresentam conformidade sequer com a menor classe de enquadramento, como é o caso dos rios dos Sinos e Gravataí, na região de Porto Alegre – Rio Grande do Sul.

CLASSE	USO
ÁGUAS DOÇES	<b>Especial</b> À abastecimento para consumo humano, com desinfecção; À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; À preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	<b>1</b> À abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; À irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas; À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	<b>2</b> À abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins e campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; À aquicultura e à atividade de pesca.
	<b>3</b> À abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; À pesca amadora; À recreação de contato secundário; À dessedentação de animais.
	<b>4</b> À navegação; À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALINAS	<b>Especial</b> À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	<b>1</b> À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário; À aquicultura e à atividade de pesca.
	<b>2</b> À pesca amadora; À recreação de contato secundário.
	<b>3</b> À navegação; À harmonia paisagística.
ÁGUAS SALOBRAS	<b>Especial</b> À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	<b>1</b> À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário; À aquicultura e à atividade de pesca; Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer.
	<b>2</b> À pesca amadora; À recreação de contato secundário.
	<b>3</b> À navegação; À harmonia paisagística.

Figura 2 - Classe do enquadramento em função dos usos da água. Fonte: Porto (2012)

O processo de enquadramento é dividido em quatro etapas principais: diagnóstico da bacia, prognóstico da bacia, proposta de metas relativas às alternativas de enquadramento e por fim as análises e deliberações para o programa de efetivação (ANA, 2019). Deve-se, entretanto, observar que se trata de um processo integrado e iterativo, onde o desenvolvimento de cada atividade pode levar a revisões e mudanças nas demais atividades ou etapas (Conejo e Costa, 2009). O programa de efetivação, além de indicar as ações necessárias para atingir a qualidade da água desejada, dará diretrizes para os órgãos gestores de recursos hídricos e os órgãos ambientais competentes monitorar,

controlar e fiscalizar as condições de qualidade da água do corpo hídrico, e assim, avaliar se as metas do enquadramento estão sendo cumpridas (Brites, 2010).

O cruzamento das informações sobre os usos da água com a situação da qualidade da água atual nos corpos hídricos é importante para auxiliar na seleção de parâmetros de qualidade (ANA b, 2019), pois esses servem como base para ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade da água na bacia (Brites, 2010). Conejo e Costa (2009) apresentaram os principais parâmetros relacionados com os usos da água, os quais foram indicados na Figura 3.

<i>Uso</i>	<i>Parâmetros Relacionados</i>	<i>Classe</i>
Proteção das comunidades aquáticas	Oxigênio Dissolvido, DBO, pH, Temperatura da água, Nutrientes (N, P), Amônia, Algas, Clorofila, Turbidez, Substâncias tóxicas (metais, agrotóxicos, entre outros), Coliformes termotolerantes, Sólidos em suspensão.	1
Abastecimento humano	Turbidez, DBO, pH, Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), Amônia, Algas, Clorofila, Cloreto, Coliformes termotolerantes, Patógenos, Substâncias tóxicas, Potencial de formação de trihalometanos, Sólidos totais.	1, 2 e 3
Recreação	Coliformes termotolerantes, Algas, Óleos e graxas, Turbidez.	2 e 3
Aquicultura e pesca	Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura, Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), Algas, Turbidez, Substâncias tóxicas (metais, agrotóxicos, entre outros), poluentes que se acumulam ao longo da cadeia alimentar (POPs).	2
Irrigação	coliformes termotolerantes, sólido totais dissolvidos, cloretos, sódio, pH, Potássio, Cálcio, Magnésio, condutividade elétrica.	2 e 3
Dessedentação de animais	nitratos, sulfatos, sólidos totais dissolvidos, metais, poluentes orgânicos (ex: agrotóxicos), patógenos e algas.	1, 2 e 3
Navegação	sólidos em suspensão, materiais flutuantes, espumas não naturais, odor, aspecto da água.	4
Harmonia paisagística	materiais flutuantes, espumas não naturais, odor e aspecto da água.	4

Figura 3 - Parâmetros de qualidade da água relacionados aos usos dos recursos hídricos. Brites (2010) adaptando Costa e Conejo (2009)

### 3.4 EUTROFIZAÇÃO

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos sistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades. A importância da avaliação do fósforo presente em ecossistemas



aquáticos para a estimativa da produtividade primária é indiscutível, uma vez que ele é, na maioria dos ambientes, o fator limitante pra este processo. Ou seja, o fósforo disponível será um dos fatores mais importantes na regulação da produtividade do sistema (Lamparelli, 2004). Dentre os fatores que influenciam a eutrofização, além das concentrações de fósforo e nitrogênio, podem ser citados a velocidade da água, a vazão, a turbidez, a profundidade do curso de água e a temperatura (Lamparelli, 2004). O estado trófico de um corpo de água pode ser classificado como: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico, podendo haver subdivisões (Barreto, 2013). Dada a alteração do conjunto de condições, o ecossistema aquático pode passar da condição de oligotrófico ou mesotrófico para eutrófico ou hipereutrófico (Esteves, 1998).

Tabela 5 - Estados Tróficos da água segundo Barreto (2013)

<b>Estado Trófico</b>	<b>Características dos corpos de água</b>
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes, que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, pela presença de nutrientes.
Mesotrófico	Com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Com alta produtividade e redução da transparência, afetados por atividades antrópicas, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com frequentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas e interferência nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófico	Corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre (Esteves, 1998). Em condição

natural, lagos profundos com baixa produtividade biológica sofrem processo de transformação, tornando-se rasos, com alta produtividade biológica e enriquecidos por nutrientes (Macedo e Tavares, 2010).

Quando é induzida pelo homem, a eutrofização é denominada de artificial, cultural ou antrópica. Neste caso, os nutrientes podem ter diferentes origens como, por exemplo, efluentes domésticos e industriais ou atividades agrícolas. No Brasil, e na maioria dos países em desenvolvimento, grande parte do esgoto bruto, cerca de 45%, é lançado em corpos receptores sem nenhum tratamento prévio. Esse grande aporte de matéria orgânica e poluentes tem sido relatado como o principal responsável pela eutrofização de uma grande variedade de ambientes aquáticos (Tundisi *et al.*, 2006). A eutrofização artificial traz como consequência profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerada uma forma de poluição (Esteves, 1998). Ela pode ser considerada como uma reação em cadeia de causas e efeitos bem evidentes, cuja característica principal é a quebra de equilíbrio dinâmico do ecossistema. Com o rompimento do estado de equilíbrio, o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor, essa situação é acompanhada de profundas mudanças no metabolismo de todo o ecossistema (Esteves, 1998). Atualmente, a eutrofização é reconhecida como um dos problemas mais importantes relacionados à qualidade de água.

Segundo Liporoni (2012), o incremento de nitrogênio e fósforo se manifesta, primeiramente, no aumento da produtividade primária, com o crescimento exacerbado de algas microscópicas (fitoplâncton) ou das plantas aquáticas (macrófitas). Por consequência do aumento da densidade de fitoplâncton e das macrófitas, observa-se, que além da mudança na cor, de azul para amarelo-esverdeado, ocorre também a redução da transparência da água, com redução da zona eufótica, e o acúmulo de matéria orgânica no sedimento. Este tende a causar déficit de oxigênio nas camadas profundas, podendo chegar a condições anóxicas. Um dos impactos mais preocupantes da aceleração do processo de eutrofização é o aumento da probabilidade de ocorrência de florações de microalgas, principalmente as cianobactérias potencialmente tóxicas, as quais podem alterar a qualidade das águas, sobretudo no que tange ao abastecimento público (Barreto *et al.*, 2013). Este perigo para a saúde, provavelmente, ganhará mais importância, já que se espera que a proliferação de cianobactérias aumente na escala em que a eutrofização ocorre cada vez mais em regiões do mundo (Huisman *et al.*, 2018)

Os efeitos sobre as comunidades biológicas variam segundo os grupos de organismos e as zonas por eles ocupadas. As comunidades de produtores e consumidores das zonas litorânea e pelágica geralmente têm sua biomassa aumentada, enquanto os organismos das zonas mais profundas são prejudicados pelas condições de anoxia que se estabelecem. Os efeitos na cadeia alimentar favorecem as espécies mais resistentes as novas condições de qualidade da água, levando à diminuição da biodiversidade. Um bom exemplo dessa situação é a resposta das comunidades de peixes, que tendem a ser significativamente alteradas, onde somente os mais resistentes conseguem sobreviver (Pires, 2004).

Para minimizar o processo de eutrofização artificial a principal ação preventiva é o planejamento do uso do solo na área da bacia conjuntamente com os serviços de saneamento, como por exemplo a interrupção de lançamento de esgoto sem tratamento adequado.

### 3.4.1 Índice do Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico (IET) classifica os corpos de água em diferentes graus de trofia, ele avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das microalgas e cianobactérias (CETESB, 2019). Para ambientes de clima temperado, Carlson, utilizando regressões, desenvolveu equações onde é possível calcular os Índices do Estado Trófico para a transparência - IET(S), para o fósforo – IET(P), e para a clorofila a – IET(CL) (Carlson (1977) apud Bem *et al.*, 2011).

$$IET(S) = 10 \{ 6 - [0,64 + \ln(S) \div \ln(2)] \}$$

Equação 2 – Cálculo Índice de Estado trófico para transparência.

$$IET(P) = 10 \left\{ 6 - \left[ \frac{\ln\left(\frac{80,32}{P}\right)}{\ln(2)} \right] \right\}$$

Equação 3 – Cálculo Índice de Estado trófico para o fósforo.

$$IET(CL) = 10 \left\{ 6 - \left[ \left( 2,04 - \frac{0,695 \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right] \right\}$$

Equação 4 – Cálculo Índice de Estado trófico para a clorofila.

Onde:

S = transparência, medida por meio de disco de Secchi, expressa em metros;

P = concentração de fósforo total medida a superfície da água, expressa em µg/L;

CL = concentração de clorofila-α medida a superfície da água, expressa em µg/L.

ln = logaritmo natural

Segundo Lamparelli (2004) para a classificação deste índice, foram adotados os estados de trofia: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, conforme mostra a figura 4.

<b>Critério</b>	<b>Estado Trófico</b>	<b>Transparência (m)</b>	<b>Fósforo total (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Clorofila <i>a</i> (µg.L<sup>-1</sup>)</b>
<b>IET ≤ 24</b>	<b>Ultraoligotrófico</b>	≥ 7,8	≤ 0,006	≤ 0,51
<b>24 &lt; IET ≤ 44</b>	<b>Oligotrófico</b>	7,7 - 2,0	0,007 - 0,026	0,52 - 3,81
<b>44 &lt; IET ≤ 54</b>	<b>Mesotrófico</b>	1,9 - 1,0	0,027 - 0,052	3,82 - 10,34
<b>54 &lt; IET ≤ 74</b>	<b>Eutrófico</b>	0,9 - 0,3	0,053 - 0,211	10,35 - 76,06
<b>IET &gt; 74</b>	<b>Hipereutrófico</b>	< 0,3	> 0,211	> 76,06

Figura 4 - Limites para diferentes níveis de estado trófico segundo o sistema de classificação proposto por Toledo (1990) Fonte: Lamparelli (2004)

As equações de Carlson foram desenvolvidas para ambientes de clima temperado, e o metabolismo dos seres vivos presentes nesses locais difere dos encontrados em climas tropicais e subtropicais. Nesses ambientes, em função das características dos corpos aquáticos variarem no tempo e espaço, e em função do uso e ocupação do solo, há a necessidade de alterações em alguns métodos de avaliação para que continuem a representar a realidade (Bem *et al.*, 2011). A última alteração do IET para ambientes subtropicais foi realizada por Lamparelli (2004), e suas equações são representadas pelo Índice do Estado Trófico para a concentração do fósforo total na coluna d'água e concentração clorofila-*a*.

$$IET(Cla) = 10 \times \left( 6 - \frac{((0,92 - 0,34 \times \ln Cla))}{\ln 2} \right)$$

Equação 5 – Cálculo, segundo Lamparelli, do Índice do Estado Trófico para clorofila-*a*.

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{((1,77 - 0,42 \times \ln PT))}{\ln 2} \right)$$

Equação 6 – Cálculo, segundo Lamparelli, do Índice do Estado Trófico para fósforo total.

$$IET = \frac{[IET(PT) + IET(CLa)]}{2}$$

Equação 7 – Cálculo, segundo Lamparelli, da expressão final do Índice do Estado Trófico.

Onde:

PT = concentração de fósforo total medida a superfície da água, expressa em µg/L;

Cl<sub>a</sub> = concentração de clorofila-*a* medida a superfície da água, expressa em µg/L;

ln = logaritmo natural.

Para a determinação deste índice foram adotados os estados de trofia: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, cujos limites para lagos são:

Tabela 6 - Classificação de trofia segundo o Índice proposto por Lamparelli (2004)  
Fonte: CETESB (2019)

ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
oligotrófico	$47 \leq IET \leq 52$
mesotrófico	$52 \leq IET \leq 59$
eutrófico	$59 \leq IET \leq 63$
supereutrófico	$63 \leq IET \leq 67$
hipereutrófico	$IET > 67$

Para a determinação do IET, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(PT), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, pois este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila-A, IET(CLa), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas no corpo aquático (CETESB, 2019).

O resultado do cálculo deste índice pode orientar a priorização para a tomada de decisões sobre a gestão dos recursos hídricos, elaboração de políticas públicas para o meio ambiente e disponibilização de informações ao público em geral sobre a qualidade das águas, no que se refere a eutrofização das águas continentais, pois este índice é de fácil aplicação devido à praticidade das determinações analíticas de seus parâmetros (Bem *et al.*, 2011).

### 3.5 CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias estão presentes nos ecossistemas desde o período pré-cambriano, cerca de 3 bilhões de anos atrás, e a produção de cianotoxinas é provavelmente uma característica igualmente antiga (Rantala *et al.*, 2004). A maneira como gerenciamos nossos corpos d'água pode determinar até que ponto as cianobactérias proliferam. Enquanto para alguns locais nas últimas décadas vimos algum progresso no controle das cargas excessivas de nutrientes que resulta em eutrofização e florescimento de cianobactérias, as pressões sobre muitos outros estão aumentando, por meio do crescimento populacional, urbanização, mudanças em uso agrícola da terra e clima (Chorus e Welker, 2021).

As cianobactérias podem ser classificadas como um grupo diverso de organismos procarióticos que prosperam em quase todos os ecossistemas. Em contraste com outros procariontes (bactérias e archaea), elas realizam a fotossíntese oxigênica e possuem clorofila-*a*. Como procariotos, esses organismos não tem núcleo e outras organelas celulares, tal fato permite sua distinção microscópica da maioria das outras microalgas (Vidal *et al.*, 2021). Por serem muito antigas e geneticamente diversas, elas ocupam muitos nichos diferentes e podem ser encontradas de desertos a florestas tropicais, solos alpinos e subterrâneos, do oceano ultraoligotrófico a lagos hipertróficos (Paerl, 2014). Ou seja, estão presentes em grande parte dos ambientes onde possam encontrar: luz, água e nutrientes (Whitton e Potts, 2000).

Segundo Vidal *et al* (2021), em ambientes aquáticos as cianobactérias podem crescer suspensas na água, como plâncton, fixados em superfícies, como parte dos fitobentos, e em macrófitas e outras superfícies submersas, como perifíticas ou metafíticas. O tamanho das cianobactérias varia consideravelmente entre os táxons, onde células esféricas unicelulares variam em diâmetro de cerca de 0,2  $\mu\text{m}$  a mais de 40  $\mu\text{m}$ . Em consequência, os volumes celulares podem variar por um fator de, pelo menos, 300.000, tornando a contagem de células, eventualmente, um parâmetro não confiável para a determinação da biomassa.

Quando falamos em cianobactérias é importante analisar os possíveis efeitos resultantes das variações de temperatura, seja por efeitos diretos (temperatura da superfície e temperatura do epilímnio), onde a temperatura favorece determinadas espécies e metabolismos de microrganismos, ou indiretos (com a estratificação do corpo d'água trazendo estabilidade da massa de água, que pode favorecer a flutuação das cianobactérias), os quais influenciam a distribuição de concentrações de toxinas e quota de toxinas. Além disso, existe a hipótese de que, sob estresse de alta temperatura, a seleção rigorosa de cepas específicas bem adaptadas de cianobactérias reduz a diversidade, promovendo a dominância por algumas variantes altamente tóxicas (Mantzouki *et al.*, 2018).

Segundo Chorus e Welker (2021), algumas características singulares das cianobactérias são:

1. As cianotoxinas estão entre os compostos mais tóxicos de ocorrência natural: as doses letais estão na mesma faixa de algumas toxinas de cogumelos (*amanitina* e *faloidina*) ou plantas (*aconitina* e *estricnina*);

2. As cianotoxinas ocorrem em todo o mundo em muitos lagos, reservatórios e rios usados como fontes de água potável ou para atividades recreativas;
3. O contato com cianobactérias tóxicas é difícil de evitar sem implementar restrições severas, onde, a maioria das pessoas que gostam de nadar em águas naturais provavelmente já teve contato com cianobactérias tóxicas;
4. A ocorrência de cianobactérias tóxicas muitas vezes não é percebida como um perigo para o público da mesma forma que um vazamento de uma indústria ou produto químico com o mesmo potencial de perigo. Isso acontece porque são consideradas “naturais” e, portanto, inócuas.

### **3.6 CIANOTOXINAS**

A frequente ocorrência de água contaminada e tóxica é verificada em todo o mundo, em muitos lagos, lagoas e rios, principalmente os classificados como eutróficos e hipereutróficos. Elas são responsáveis por episódios de doenças e mortes de animais selvagens e domésticos e também estão relacionadas com intoxicações em humanos (DeMott e Carmichael, 1991).

Desde que as cianotoxinas começaram a aparecer na literatura científica, elas têm sido denominadas como metabólitos secundários que, por definição, são compostos não utilizados por um organismo para o metabolismo primário como, por exemplo, os hormônios, antibióticos e aleloquímicos (Carmichael, 1992). A presença de um mecanismo regulador associado a produção de metabólitos secundários sugere que a evolução desses compostos é baseada em sua capacidade de conferir algum tipo de benefício a célula (Holland e Kinnear, 2013). Tem-se evidências de que a produção desses metabólitos pode fornecer vantagem competitiva, por exemplo, através do fornecimento de resistência contra herbivoria, ou um benefício fisiológico como aumentar a absorção de nutrientes (Capelli *et al.*, 2017). Esses metabólitos incluem os polipeptídios, oligopeptídeos, lipídeos, alcaloides e outros tipos de moléculas (Vidal *et al.*, 2021)

Muitos gêneros de cianobactérias produzem toxinas potentes, algumas das quais são liberadas antes e outras, em grande parte, após o rompimento da célula (Hilborn e Beasley, 2015). Cada toxina pode ser produzida por mais de uma espécie de cianobactéria, e da mesma forma, a mesma espécie pode ser capaz de produzir mais de uma toxina. Além disso, dentro de uma única espécie, ocorrem diferentes genótipos, alguns dos quais possuem o gene para uma determinada toxina e outros que não (Funari e Testai, 2008).

Várias classes funcionais de cianotoxinas já foram descritas, incluindo: hepatotoxinas, neurotoxinas, dermatotoxinas e citotoxinas (Carmichael, 2001). Exemplos de hepatotoxinas incluem os peptídeos cíclicos: microcistinas e nodularinas, embora seus efeitos sejam mais amplos que a toxicidade hepática sozinha, pois são inibidoras das proteínas fosfatases e que podem ser internalizadas em uma variedade de tipos celulares. A cilindropermopsina é uma potente citotoxina classificada como um alcaloide que contém um grupo guanidínico tricíclico combinado com uma hidroximetiluracila, apresentando metabólitos bioativos. As neurotoxinas incluem um grupo amplo de moléculas que incluem as saxitoxinas e anatoxinas, e todas comprometem a transmissão do impulso elétrico no sistema nervoso (Hilborn e Beasley, 2015). Não existe uma maneira fácil de deduzir, de acordo com as condições ambientais, quais toxinas irão dominar em uma floração, nem se as concentrações de toxinas serão necessariamente altas (Mantzouki *et al.*, 2018).

As cianobactérias frequentemente também produzem compostos de odor e sabor desagradável, como geosmina e 2-metilisoborneol, a tendência é que esses compostos não apresentem grandes riscos à saúde humana. No entanto, é importante ressaltar que essas substâncias podem indicar a necessidade de prevenir a exposição de humanos e animais a essa água, que pode conter cianotoxinas potencialmente letais (Hilborn e Beasley, 2015).

### **3.6.1 Microcistinas e Nodularinas**

A maioria das intoxicações por cianobactérias envolve hepatotoxicose causada por um grupo estruturalmente semelhante de hepta e pentapeptídeos cíclicos de pequeno peso molecular, denominados microcistinas (MCs) e nodularinas (NODs) (Carmichael, 2001). A microcistina é produzida por diferentes gêneros de cianobactérias de água doce, incluindo *Microcystis*, *Planktothrix* e *Dolichospermum* (previamente identificada como *Anabaena*), embora também tenha sido detectada em cepas terrestres dos gêneros *Nostoc* e *Hepalosiphon* (Dittmann *et al.*, 2013). As cepas toxigênicas, contendo os genes necessários para a síntese de MC, e as cepas não toxigênicas de uma determinada espécie costumam ocorrer de maneira simultânea (WHO a, 2020). Embora muitas cepas toxigênicas produzam simultaneamente várias variantes de microcistinas, geralmente apenas de uma a três, são dominantes em qualquer cepa particular (Fastner e Humpage, 2021). Um surto registrado ocorreu em 1996 em Caruaru-PE, no Brasil, quando um centro de hemodiálise fez o uso de água intoxicada com MCs (e cilindropermopsina) no



tratamento de seus pacientes, o que resultou em 100 pessoas com falência hepática aguda e 54 mortes (Pouria *et al.*, 1998). Entre os efeitos da intoxicação por MCs pode-se citar: gastroenterite, dor abdominal, sintomas semelhantes aos da gripe, irritação e erupções cutâneas, danos renais e hepáticos (WHO a, 2020). Outro efeito de grande preocupação deve-se ao fato de elas serem consideradas promotoras de tumores em locais como cólon e fígado (Humpage e Hardy, 2000).

As cianobactérias filamentosas de *Nodularia* (Nostocales, Nostocaceae) incluem espécies planctônicas e bentônicas, classificadas de acordo com suas características morfológicas, estruturas e requisitos ecológicos (Silveira *et al.*, 2017). Dentre as espécies planctônicas apenas a *N. spumigena* é considerada prejudicial devido a sua produção da nodularina hepatotóxica, que inibe a síntese de algumas proteínas fosfatases (Laamanen *et al.*, 2001). A exposição as MCs e NOD ocorrem principalmente por meio do contato com água contaminada, consumo de água, ingestão acidental durante atividades recreativas ou ingestão de peixes e crustáceos contaminados, e outras vias de exposição incluem hemodiálise e infusões vasculares quando água inadequada é usada para tais fins (WHO a, 2020).

Um importante índice utilizado em toxicologia é a dose letal para 50% de organismos testados (DL50). Para as MCs a toxicidade aguda é altamente variável, onde a mudança em um único aminoácido é suficiente para determinar uma diferença de dez vezes na sua DL50. Em camundongos injetados intraperitonealmente, varia de 50 a 1200µg/Kg de peso corporal (Testai e Funari, 2008). Para NOD, a DL50 de camundongos injetados pela via intraperitoneal varia de 50 a 70µg/Kg (Buratti *et al.*, 2017).

### **3.6.2 Anatoxinas**

As anatoxinas (ATX) são alcalóides de aminas secundárias que ocorrem amplamente em diversos ambientes de água doce (WHO b, 2019). A ATX pode ser produzida por uma variedade de espécies de cianobactérias pertencentes as ordens Nostocales (*Dolichospermum flos-aquae*, *A. lemmermannii*, *Chryosporum (Aphanizomenon) ovalisporum*, *Cuspidothrix* sp., *Cylindropermopsis* sp., *Raphidiopsis mediterrânea*, *Cylindrospermum*, *Dolichospermum*), Oscillatoriales (*Oscillatoria* sp., *Plankrothix* sp., *Phormidium* sp., *Tychonema* sp.) e possivelmente Chroococcales (*Microcystis* sp., *Woronichinia* sp.) (Testai, 2021). A anatoxina-a é um potente agonista do receptor nicotínico de acetilcolina que causa efeitos neurotóxicos (Ballot *et al.*, 2010), cuja DL50 de camundongos injetados intraperitonealmente varia de 200 a 250 µg/Kg de peso

corporal (Stevens e Krieger, 1991). Sabe-se de apenas uma morte humana confirmada por um médico legista por exposição a anatoxina-a, mas essa morte veio 48 horas após a exposição inicial, enquanto as mortes de animais foram relatadas minutos ou horas após a exposição. No entanto, os sintomas nessa pessoa começaram dentro de algumas horas após a exposição sendo que a dose real é desconhecida (Weirich e Miller, 2014). Os sinais clínicos de intoxicação por anatoxina incluem convulsões, tremor muscular, paralisia, parada respiratória e, em casos extremos, morte subsequente. Os efeitos das anatoxinas em animais estão relativamente bem documentados diferentemente do que acontece para os casos do envenenamento em humanos (Rutkowska *et al.*, 2019). Mesmo com várias cianobactérias potencialmente produtoras de ATXs, ela ainda é detectada com menos frequência quando comparada com microcistinas e cilindropermopsinas (WHO b, 2019). Em muitos locais, a principal via de exposição humana a ATX é através do consumo de água potável.

A Anatoxina-a(s), apesar da semelhança com o nome da ATX-a, é estruturalmente diferente, seus registros mostram que ela é um organofosforado, e o sufixo “s” foi atribuído devido a um sintoma característico de sua exposição, a salivação (Testai, 2021). Além desse sintoma pode-se citar também lacrimejamento, secreção nasal mucoide, tremores, diarreias, convulsões e até mesmo a morte. Não existem casos registrados dessa intoxicação em humanos, porém, para os animais o tempo de sobrevivência pode ter um curto intervalo de 5 a 10 minutos (Carmichael e Boyer, 2016). Não existem muitos dados toxicológicos para as ATX-(a)s, porém, estudos mostram que o DL50 em ratos, injetados intraperitonealmente, possuem um intervalo de 40 a 60 µg/Kg de peso corporal (Mahmood e Carmichael (1986) apud Carmichael e Boyer, 2016).

### 3.6.3 Saxitoxinas

Saxitoxinas (STXs) são alcaloides neurotóxicos também conhecidos como venenos paralisantes de mariscos (a sigla em inglês: PSP), pois foram originalmente encontrados em moluscos, cujo consumo levou ao envenenamento de humanos (Testai, 2021). Em ambientes marinhos, incluindo águas salobras, STXs geralmente são produzidas por dinoflagelados. Já em água doce, os produtores são as cianobactérias (WHO a, 2019) principalmente aquelas do gênero *Dolichospermum*, *Raphidiopsis* (*Cylindrospermopsis*), *Aphanizomenon*, *Plankotolithrix* e *Lyngbya* (O’Neill, 2016). Em casos leves de intoxicação por PSP, os sintomas clínicos incluem sensação de formigamento ou dormência ao redor dos lábios. Nas intoxicações agudas humanas já documentadas os sintomas (que resultam

do bloqueio dos canais dependentes de voltagem do sistema nervoso levando a interrupção do impulso elétrico nos nervos) incluem nervosismo, náusea, taquicardia, espasmos, ataxia, convulsões, paralisia muscular e respiratória, podendo levar a morte em poucos minutos a depender da dose (FAO, 2004). A bioacumulação de STXs está bem documentada principalmente para espécies de moluscos marinhos, a maioria das quais são potencialmente consumidas por humanos. Porém, em muitos locais a principal via de exposição humana à STX é pelo consumo de água, provavelmente onde é obtida a partir de águas superficiais com tratamento ineficiente ou inexistente (WHO a, 2019).

Para as STXs (que apresenta dezenas de variantes), a DL50 administrada via oral para os camundongos ficou na faixa de 260 a 263 µg/Kg de peso corporal. Em comparação, para ratos pela via oral a variação ficou entre 72 a 531 µg/Kg de peso corporal e, em macacos, também via oral, os resultados variaram entre 277 a 800 µg/Kg de peso corporal (WHO a, 2019). Esses valores indicam que as saxitoxinas estão entre as moléculas mais tóxicas da natureza.

#### **3.6.4 Cilindrospermopsina**

Uma das toxinas de água doce mais relevantes é o alcaloide cilindrospermopsina (CYN). Sua descoberta ocorreu em 1979, após um episódio de envenenamento de 138 crianças e 10 adultos na comunidade de Palm Island, na Austrália (Chernoff *et al.*, 2018). Esses alcaloides são produzidos por cepas de várias espécies de cianobactérias, principalmente em ambientes de água doce, mas foram relatados com mais frequência na espécie *Raphidiopsis raciborski* (classificada anteriormente como *Cylindrospermopsis raciborskii*), no gênero *Aphanizomenon* (algumas espécies pertencem agora aos gêneros *Cuspidothrix* e *Chrysothrix*), *Anabaena* (algumas de suas espécies agora pertencem ao gênero *Dolichospermum*) e em *Umezakia* (WHO b, 2020). No nível celular, essa toxina pode apresentar efeitos genotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos. E de modo sistêmico, as CYN podem afetar os rins, o trato intestinal, sistema vascular e os músculos (Oliveira *et al.*, 2011). Em doses baixas ela suprime a síntese de proteína, enquanto em exposições a doses mais altas há a formação de metabólitos e outros processos resultantes da ação do citocromo P450 (Humpage e Fastner, 2021) gerando a citotoxicidade. Estudos sugerem que CYNs podem se acumular em alimentos, como moluscos e peixes, porém a água potável ainda é a rota de exposição mais provável (WHO b, 2020).

Um estudo feito por Chernoff *et al.*, (2018) comprovou que doses, via oral em camundongos, na faixa de 75 a 300 µg/Kg/d apresentaram efeitos como: aumento do peso

de fígado e rins, inflamação hepática e dano renal. Para CYNs a DL50, sendo administrada via oral em camundongos, ficou na faixa de 4,4 a 6,9 mg/Kg de peso corporal (WHO b, 2020).

### **3.7 GERENCIAMENTO DAS CIANOTOXINAS**

Em todo o mundo, diferentes autoridades podem ser responsáveis por responder às ocorrências de cianotoxinas, e a responsabilidade também pode ser compartilhada entre autoridades ambientais e de saúde, tornando-se uma base para o desenvolvimento de estratégias de gestão que abordam o problema desde a sua origem (D'Anglada, 2021).

A abordagem de desenvolver Planos de Segurança da Água específicos para determinados locais, inicialmente promovidos pela OMS em 2003, nas diretrizes para ambientes recreativos seguros, e em 2004 nas diretrizes para a qualidade da água potável, fornece uma plataforma para reunir a ampla gama de conhecimentos para entender as causas das florações de cianobactérias e desenvolver estratégias específicas, no contexto sustentável, para controlá-las (Chorus e Welker, 2021)

Em decorrência da tragédia de Caruaru, o Brasil foi o primeiro país a fazer cumprir uma legislação que incluía, pela primeira vez, o controle de cianobactérias e suas toxinas nas águas de abastecimento (Bittencourt-Oliveira, 2013). No Brasil, a atual Portaria GM-MS nº 888/2021 estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ela também estabelece as competências e responsabilidades por parte de quem produz água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas; as exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água pra consumo humano; os padrões de potabilidade; os planos de amostragem; penalidades e outros (Porto, 2012). Para além do monitoramento e limites estabelecidos pela Portaria GM-MS nº 888/2021, os atores responsáveis pela água fornecida à população brasileira devem se preocupar em desenvolver e implementar medidas de controle e prevenção de florações de cianobactérias cada vez mais eficientes.

Se cianotoxinas ou densidades substanciais de cianobactérias forem detectadas em mananciais de abastecimento ou água tratada, as autoridades responsáveis devem trabalhar em conjunto com os prestadores de serviço de abastecimento de água potável, gestores de locais recreativos e especialistas em saúde e cianobactérias para determinar as respostas de curto prazo e as medidas de longo prazo para solucionar os eventuais problemas (D'Anglada, 2021).

### **3.8 PLATAFORMAS DE DADOS**

Existem plataformas online que organizam e apresentam diversos tipos de dados sobre mananciais, como por exemplo, o Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Para esse trabalho o foco será no SISAGUA e SNIRH.

#### **3.8.1 Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA)**

O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) consiste em um conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade.

O SISAGUA é um instrumento do Vigiagua que tem como finalidade auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde a partir dos dados gerados rotineiramente pelo setor da saúde e pelos responsáveis pelos serviços de abastecimento de água. Na sua plataforma online, esses atores são designados como: setor da saúde- Vigilância, e os responsáveis pelos serviços de abastecimento de água- Controle. O SISAGUA busca a geração de informações em tempo hábil para planejamento, tomada de decisão e execução de ações de saúde relacionadas à água para consumo humano (MS, 2021).

Os dados do Controle são obtidos junto aos prestadores de serviços de abastecimento de água no município e podem ser inseridos diretamente no sistema ou enviados para a Secretaria de Saúde inseri-los. Os dados de Vigilância são produzidos pelo setor de saúde (Secretaria Estadual ou Municipal de Saúde) e inseridos no sistema pelo próprio setor, todos esses dados ou são de domínio público ou podem ser solicitados por meio do Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) (Júnior *et al.*, 2019). As figuras 5 e 6 apresentam a evolução temporal do percentual de municípios que possuem algum tipo de dado no SISAGUA.

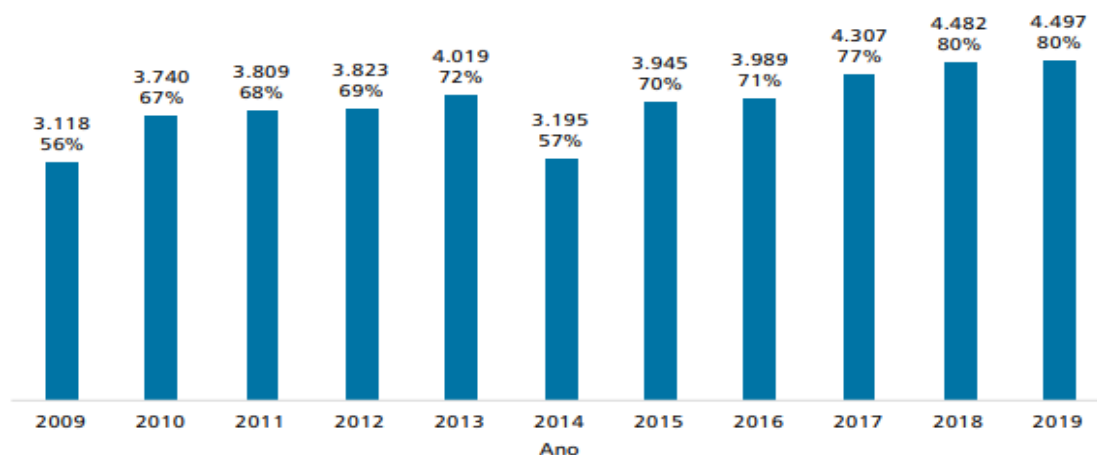


Figura 5 - Série histórica do percentual de municípios com dados de cadastro, controle e vigilância no período de 2007 a 2019 no Brasil – Fonte: (MS, 2020).

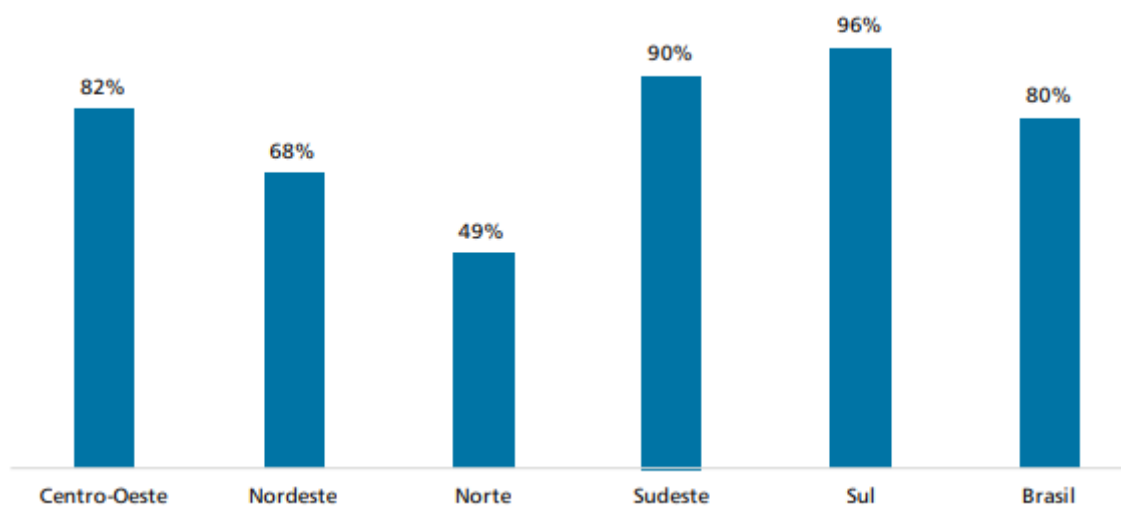


Figura 6 - Percentual dos municípios com dados de cadastro, controle e vigilância, por região geográfica e Brasil, ano 2019 - Fonte (MS, 2020).

### 3.8.2 Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos é um dos instrumentos de gestão previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas.

Trata-se de um amplo sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes para sua gestão. Cabe a Agência Nacional de Águas organizar, implantar e gerir o SNIRH buscando uma coordenação unificada do sistema cujos objetivos são reunir, dar consistência e divulgar

os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recurso hídricos em todo o território nacional e fornecer subsídios para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos. O SNIRH se destina aos entes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conselhos, órgãos gestores, agências de bacias e comitê de bacias, comunidade científica, usuários de recursos hídricos e sociedade em geral (ANA, 2021). Esse sistema é acessado por uma plataforma online que fornece diversos mapas temáticos, como se observa na Figura 7. Cada um desses mapas possui um foco diferente, neles pode-se encontrar diversas camadas e elas transmitem as mais variadas informações sobre grande parte das regiões brasileiras.



Figura 7 - Mapas temáticos disponíveis no site do SNIRH – Fonte: Site Mapas temáticos SNIRH

### 3.7.2 Justificativa

A localização geográfica do Brasil faz com que grande parte de seu território esteja posicionado na região tropical e uma menor parte, ao sul, na região subtropical. Desse modo, a grande disponibilidade de luz e as temperaturas elevadas dominam a maior parte do ano na maioria dos ecossistemas, gerando condições ótimas ao desenvolvimento dos seres vivos.

Um dos ecossistemas com frequente proliferação de cianobactérias são os reservatórios artificiais, pois, entre outras características favoráveis, no geral são rasos e com longos

períodos de detenção da água (Sant'Anna, 2008). O Brasil, por ser um país amplo, possui em toda a sua extensão os mais diversos reservatórios, e neles podem ser observadas diferentes características morfológicas e físico-químicas da água. Mas em geral, existem condições favoráveis para ocorrências de múltiplos gêneros de cianobactérias e cianotoxinas.

As toxinas mais recorrentes nos corpos d'água brasileiros são as microcistinas. No entanto, registros de outras toxinas como as saxitoxinas e cilindrospermopsina na região Nordeste, mostraram a propagação de outras toxinas pelo país nas últimas décadas (Bittencourt-Oliveira, 2013). O monitoramento de espécies de cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios de água do abastecimento é obrigatório, e a portaria GM-MS nº 888/2021 exige que quando as concentrações ultrapassarem 10.000 células de cianobactérias por mililitro na água, deve-se fazer monitoramento mensal no reservatório. Se esse valor subir para 20.000 células por mililitro, a contagem de células, assim como análise de microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsina deve ser realizada semanalmente. Assim, realizar um levantamento de dados permite um melhor entendimento de quais toxinas estão sendo mais recorrentes em determinados locais do país e qual a relação com a qualidade de água desses mananciais.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 ÁREA DE ESTUDO**

O Brasil é o maior país da América do Sul e o quinto maior do mundo em extensão territorial, ele estende-se por uma área de 8.515.767,049 km<sup>2</sup>. São mais de 206 milhões de habitantes que vivem em sua maioria nas cidades (PNUD, 2021). A análise, feita em todas as regiões brasileiras, forneceu diferentes quantidades de dados por região.

### **4.2 PLATAFORMAS UTILIZADAS**

Os dados foram coletados utilizando plataformas online, utilizando no primeiro momento informações encontradas no Sistema de Informações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), onde o foco foi nos dados sobre cianobactérias e cianotoxinas, e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), onde nele pode-se encontrar diversos dados sobre mananciais, inclusive os parâmetros de qualidade citados na fundamentação teórica.



## **4.3 ANÁLISE DE DADOS**

### **4.3.1 Dados analisados no SISAGUA**

O SISAGUA fornece planilhas no Microsoft Excel, e com os dados dessas planilhas a análise foi feita observando, de maneira distinta, as informações presentes para água bruta e tratada.

#### **4.3.1.1 Águas Brutas**

Primeiramente, para água bruta, foi feita uma busca, com os dados das regiões brasileiras, de mananciais, barragens, rios, poços, entre outros que apresentaram um número de células de cianobactérias acima de 10.000 cels/mL na água bruta e qual a frequência desses eventos por ano, sendo que a amostra utilizada possuiu a cobertura temporal de 2014 a 2020. O valor de 10.000 cels/mL foi escolhido pois, segundo a portaria GM-MS n° 888/2021, a partir desse valor se inicia o monitoramento obrigatório mensal de cianobactérias do local.

Para as águas brutas com uma concentração acima de 10.000 cels/mL, foi feito, quando possível, a análise de dados da presença de cianotoxinas. Para isso foram observadas as ocorrências de locais que apresentaram concentrações acima do valor de 0,1 µg/L, mesmo sabendo-se que segundo a portaria n° 888/2021 quando a água bruta apresenta o valor menor do que o VMP de cada cianotoxina, não se torna necessário o monitoramento na água tratada. Porém, para o presente estudo, o valor de 0,1 µg/L foi escolhido para permitir e mapear a presença de toxinas nas regiões brasileiras.

#### **4.3.1.2 Águas Tratadas**

Para a água tratada, a análise foi feita nas cidades brasileiras que possuem dados no sistema, foram observados os dados das etapas de: pré-desinfecção e tratada (que está sendo distribuída para a população). Para essas etapas o ideal é não encontrar células de cianobactérias, porém, para efeitos de estudo, a busca foi por dados de cianobactérias que apresentaram um valor de concentração acima de 10.000 cels/mL, registrando-se a frequência desses eventos por ano. Nessa etapa também foi destacada, quando possível, os registros com espécies produtoras de MC, CYN, STX E ATX, pois são as que mais apresentam riscos à saúde pública. Com o foco em mapear e analisar a presença de toxinas nas águas tratadas, também serão observadas as ocorrências de concentrações de cianotoxinas em valores acima de 0,1 µg/L.

### **4.3.2 Dados analisados no SNIRH**

Primeiramente foi feita uma busca no SISAGUA, com os dados das regiões brasileiras, de mananciais, barragens, rios, poços, entre outros que apresentam os maiores valores inseridos de concentração de cianobactérias na água bruta. Utilizando os mapas temáticos do SNIRH foi feita uma associação entre os mananciais, com valores de risco, e os dados encontrados sobre eles no portal do SNIRH.

Nas camadas fornecidas pelos mapas temáticos pode-se encontrar a informação de fósforo total expressa em mg/L, com esse dado, conforme é demonstrado na “Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica, item 3.4.1” é possível calcular o índice de estado trófico (IET) pela equação proposta por Lamparelli (2004). Foi calculado, para o ano de análise, o IET para cada um dos reservatórios que apresentaram valores de risco. Com esse cálculo foi possível a análise da diferença de classificação do estado trófico, para ano de análise, dos reservatórios e também estudar as possíveis semelhanças e disparidades entre as informações do SNIRH e SISAGUA.

Foi analisada a existência de associação entre os mananciais que apresentam valores problemáticos de cianobactérias e os parâmetros de qualidade da água, como fósforo total, turbidez, índice de qualidade da água, temperatura, entre outros.

Foi feito também a utilização dos mapas interativos para levantar os múltiplos usos da água de cada um dos mananciais selecionados e identificar possíveis riscos a população devido à presença de cianobactérias na água bruta.

### 4.3.3 Fluxogramas de processos

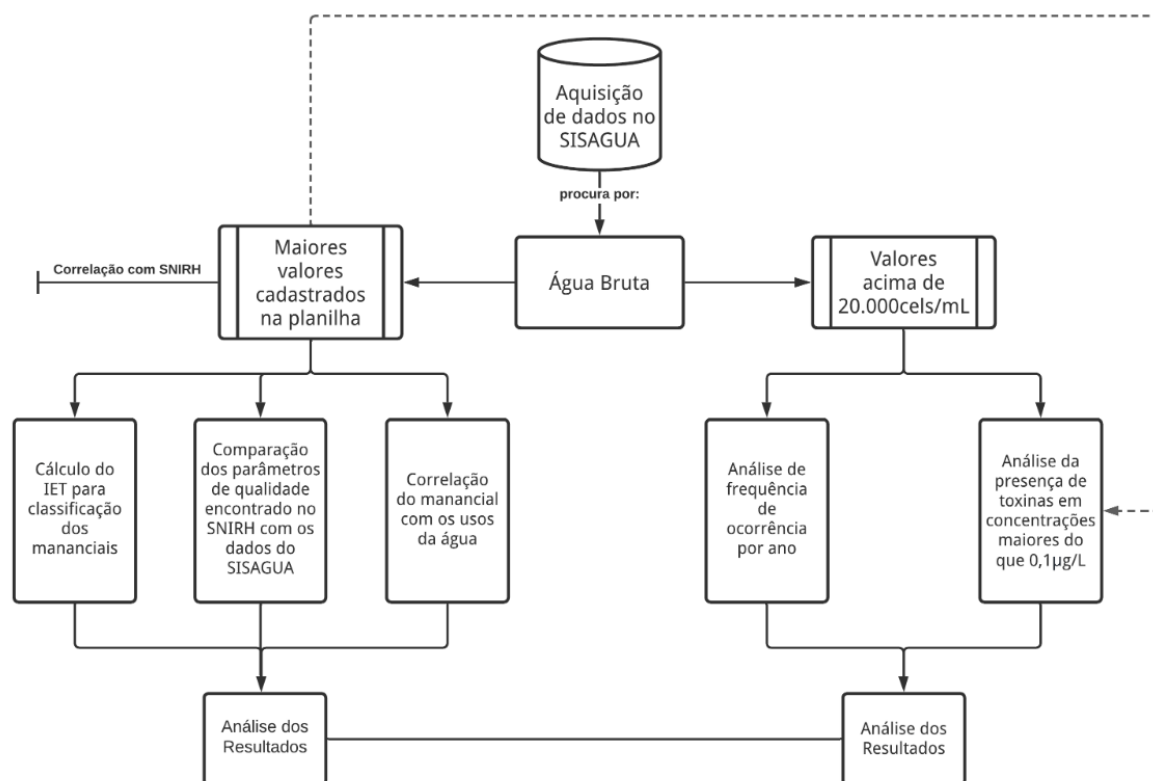


Figura 8 - Fluxograma de processos para água bruta – Fonte: autor próprio

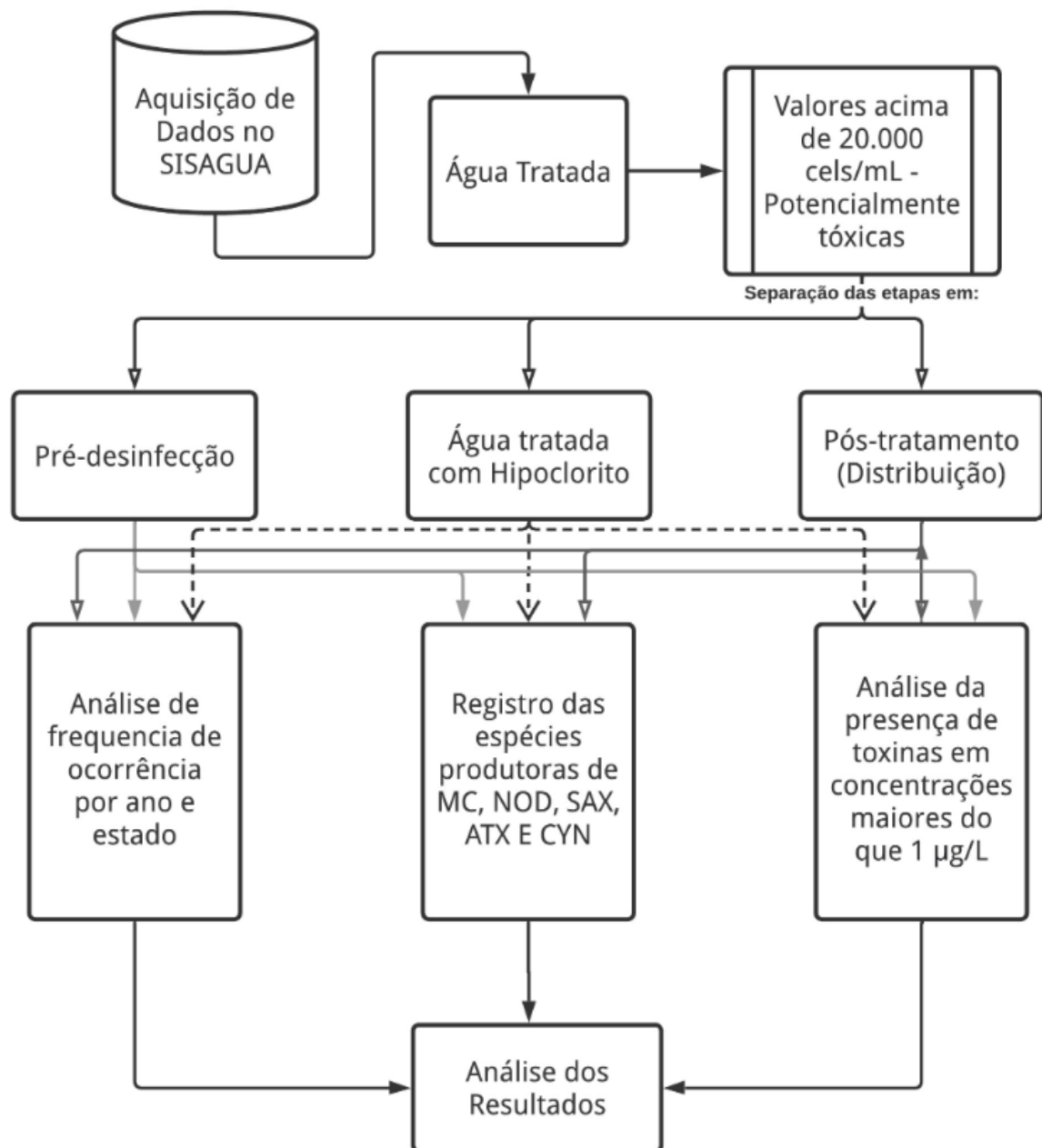


Figura 9 - Fluxograma de processos para águas tratadas – Fonte: autor próprio

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.2 DADOS OBTIDOS A PARTIR DAS PLANILHAS DO SISAGUA

#### 5.2.1 Cianobactérias – Dados do Controle

As Planilhas do SISAGUA utilizadas nesse Projeto podem ser encontradas no Portal Brasileiro de Dados Abertos, que é uma ferramenta disponibilizada pelo governo para que todas as pessoas tenham livre acesso a diversos tipos de dados. Buscando encontrar os dados de cianobactérias, a primeira planilha adquirida foi a “SISAGUA – Controle Mensal (Demais parâmetros)” (Tabela 7). Essa base de dados foi alimentada pelo Controle, ou seja, pelos prestadores de serviço, com uma frequência inferior a mensal, contemplando resultados das análises de qualidade de água de alta complexidade para vários estados brasileiros.

Tabela 7 - Dados Gerais SISAGUA (Cianobactérias - Controle)

<b>SISAGUA - Controle Mensal (Demais parâmetros)</b>	
<b>Campo</b>	<b>Valor</b>
Fonte	<a href="http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/">http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/</a>
Autor	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - VIGIAGUA
Mantenedor	Coordenação de Dados Abertos e Análise Prospectiva em Saúde/CGGIE/DEMÁS/MS
Última Atualização	20 de setembro de 2021, 18:55 (UTC-03:00)
Criado	28 de novembro de 2018, 10:11 (UTC-02:00)
Cobertura temporal	2014 - 2021

A planilha SISAGUA – Controle Mensal (Demais parâmetros) é atualizada constantemente e possui, até o momento de estudo, 1.048.539 linhas com dados, englobando os parâmetros de Cianobactérias, Clorofila-a, *Cryptosporidium*, *Escherichia coli*, *Giardia* e Vírus. A forma de abastecimento para grande parte dos dados é de Sistema de Abastecimento de água (SAA), ou seja, são referentes aos mananciais (água bruta) que são utilizados pelas companhias prestadoras de serviço para o fornecimento de água tratada. O Controle não insere dados de cianobactérias que porventura tenham sido detectadas na água tratada. Já o tipo de captação variou entre superficial e subterrâneo.

As companhias prestadoras de serviço com dados inseridos referente à “Cianobactérias” podem ser observadas na tabela abaixo.

Tabela 8 - Quadro com nomes e siglas das companhias prestadoras de serviço de abastecimento de água.

<b>Prestadoras de serviço cadastradas no Controle</b>			
<b>NOME</b>	<b>SIGLA</b>	<b>NOME</b>	<b>SIGLA</b>
Águas e Esgotos do Piauí SA	AGESPISA	Companhia de Saneamento do Para	COSANPA
Águas de Juturnaiba	AGJ	Companhia de Saneamento de Sergipe	DESO
Águas Tocantinense de Saneamento	ATS	Empresa Baiana de Águas e Saneamento AS	EMBASA
Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte	CAERN	Hidro Forte Administração e Operação LTDA	HIDROFORTE
Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	CAESB	Prolagos SA Concessionaria de Serviços Públicos de Água e Esgoto	PROLAGOS
Companhia de Água e Esgoto do Ceara	CACEGE	Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo	SABESP
Companhia de Água e Esgoto da Paraíba	CAGEPA	Companhia de Saneamento de Goiás SA	SANEAGO
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	CASAN	Companhia de Saneamento do Tocantins	SANEATINS
Companhia Estadual de Águas e Esgotos	CEDAE	Companhia de Saneamento do Paraná	SANEPAR
Companhia Espírito Santense de Saneamento	CESAN	Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul SA	SANESUL
Companhia Pernambucana de Saneamento	COMPESA	Serviço Intermunicipal de Água e Esgoto de Joaçaba	SIMAE
Companhia de Saneamento de Minas Gerais	COPASA	Serviço Intermunicipal de Água e Esgoto Capinzal	SIMAE2
Companhia Riograndense de Saneamento	CORSAN	Companhia de Saneamento do Amazonas	COSAMA

Com o foco de pesquisa no primeiro momento em Cianobactérias, foi utilizado o Filtro Avançado do Excel para isolar esses dados na planilha SISAGUA – Controle Mensal (Demais parâmetros). Encontrou-se um total de 239.978 linhas com informações sobre Cianobactérias nos estados brasileiros em todo período coberto pelo sistema (Tabela 9). Observa-se que nem todos os estados da federação inseriram dados.

Tabela 9 - Dados gerais sobre o parâmetro Cianobactéria no SISAGUA (Controle)

<b>SISAGUA - Controle Mensal (Cianobactérias)</b>	
Total de Dados Cadastrados	239.978
Estados com dados inseridos	AM, BA, CE, DF, ES, GO, MG, MS, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, SC, SE, SP e TO
Cobertura Temporal	2014 - 2021
Gêneros de cianobactérias registrados	<i>Anabaena, Aphanocapsa, Aphanothece, Cyndrospermopsis, Dolichospermum, Geitlerinema, Jaaginema, Lyngbya, Microcystis, Planktolynbya, Planktothrix, Pseudoanabaena, Radiocystis, Raphidiopsis, Sphaerpermopsis, Synechococcus, Syneschocystis, Tychonema e Outros Gênero(s)</i>

A portaria GM-MS nº 888/2021 exige que quando as concentrações de cianobactérias ultrapassarem 10.000 células por mililitro na água bruta do manancial deve-se fazer monitoramento mensal desse parâmetro nesse local. E quando esse valor ultrapassa 20.000 células por mililitro, a contagem de células, assim como análise de Microcistinas, Saxitoxinas e Cilindrospermopsina devem ser realizadas semanalmente. Assim, decidiu-se nesse trabalho, com o uso do Filtro Avançado, separar os dados em: linhas com valores acima de 10.000 células de cianobactérias por mililitro de água, linhas com valores entre 10.000 e 20.000 células de cianobactérias por mililitro e linhas com valores acima de 20.000 de células de cianobactérias por mililitro de água (Tabela 10).

Tabela 10 – Informações filtradas sobre cianobactérias (Controle)

<b>SISAGUA - Controle Mensal (Cianobactérias)</b>	
Quantidade de dados $\geq$ a 10.000 células de Cianobactéria por mililitro de água	33.887
Quantidade de dados $\geq$ a 10.000 células e $\leq$ 20.000 células de Cianobactéria por mililitro de água	6.122
Quantidade de dados $\geq$ a 20.000 células de Cianobactéria por mililitro de água	27.765
Estados com dados inseridos	BA, CE, DF, ES, GO, MG, PB, PE, PR, RJ, RN, RS, SC, SP e TO
Cobertura Temporal	2014 - 2021
Cianobactérias encontradas	<i>Anabaena, Aphanocapsa, Aphanothece, Cyndrospermopsis, Dolichospermum, Geitlerinema, Microcystis, Planktolyngbya, Planktothrix, Pseudoanabaena, Raphidiopsis, Synechococcus, Synechocystis e Outros Gênero(s)</i>

Para qualquer número de células acima de 10.000 por mililitro, notou-se que para todos os dados o tipo de captação foi apenas a de águas superficiais e ela ocorreu em diversos tipos de mananciais como: rios, riachos, barragens, lagos, represas, açudes entre outros. A maior quantidade de dados é para os Açudes com 14.819 linhas com informações, Rios com 6.050 linhas com informações e Barragens com 6.000 linhas com informações. Os Arroios possuem a menor quantidade de dados, com 20 linhas com informações. Além disso, a planilha possui 2.335 linhas com dados em branco, ou seja, mananciais não classificados.

Das 26 Companhias que inseriram dados no SISAGUA, 19 apresentaram, em algum momento, valores acima de 10.000 células de cianobactéria por mililitro de água em seus mananciais, sendo elas: AGJ, ATS, CAERN, CAESB, CACEGE, CAGEPA, CASAN, CEDAE, CESAN, COMPESA, COPASA, CORSAN, DESO, EMBASA, PROLAGOS, SABESP, SANEAGO, SANEATINS e SANEPAR.

A empresa com mais dados inseridos nessa faixa de valores foi a CACEGE com 18.345 linhas de dados cadastrados em 100 municípios diferentes. Em seguida, por ordem decrescente de dados inseridos, observou-se: EMBASA, com 8.710 linhas de dados para 170 municípios diferentes e a CAESB com 59 linhas com informações em 10 municípios



diferentes. A empresa com a menor quantidade de dados inseridos é a SANEATINS com apenas um.

### 5.2.2 Cianobactérias – Dados do Controle > 100 mil células por mililitro

Sabendo que valores maiores do que 100 mil células por mililitro podem representar o início de uma floração de cianobactérias, para uma análise mais detalhada (e percepção do risco) decidiu-se, também, analisar os dados a partir dessa faixa de valores. (Tabela 11).

Tabela 11 - Dados acima de 100 mil cels/mL (Cianobactérias - Controle)

<b>Dados &gt; 100 mil cels/mL – Cianobactérias (Controle)</b>	
Dados inseridos	9658
Cobertura Temporal	2015 -2021
Estados inseridos	14 - (BA, CE, DF, ES, GO, MG, PB, PE, PR, RJ, RN, RS, SC e SP)
Qtd. De Municípios	336
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA
Gêneros	10 - ( <i>Anabaena</i> , <i>Aphanocapsa</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Dolichospermum</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Planktolyngbya</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Pseudoanabaena</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Synechocystis</i> )

Notou-se que essa classe de dados, com cobertura temporal de 2015 a 2021, não possui um comportamento linear e nem crescente. A quantidade de informações nos estados brasileiros varia bastante ano a ano, sendo o Ceará o local com mais informações cadastradas na seleção de valores acima de 100 mil células de cianobactérias por mililitro de água bruta (Figura 10 e 11). Vale ressaltar que existir um menor número de dados inseridos com valores acima de 100 mil células/mL não necessariamente indica que, no geral, os mananciais estão evoluindo para condições de qualidade da água ótimas e salubres em relação às cianobactérias. Sabe-se que pode também estar ocorrendo uma diminuição da inserção de dados no sistema pelas prestadoras de serviço, uma vez que isso não é mandatório.

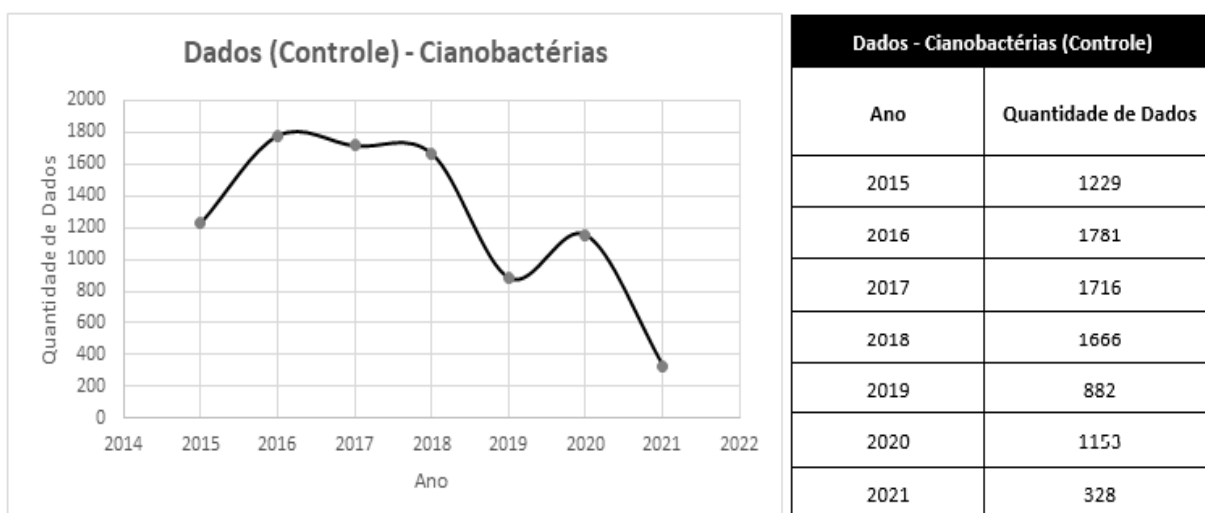


Figura 10 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2014-2021.

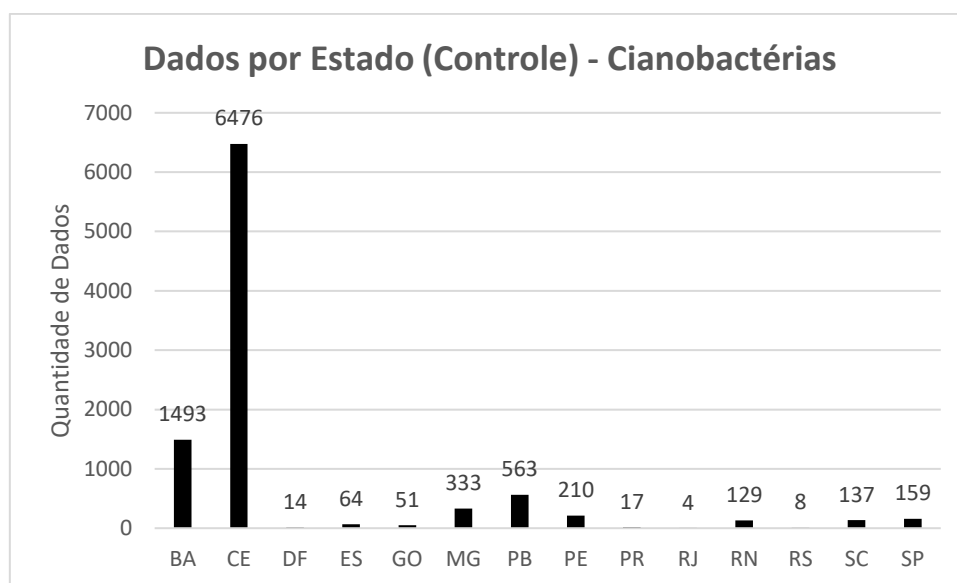


Figura 11 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2014-2021 apresentados por Estado.

### 5.2.3 Cianobactérias – Dados da Vigilância

Com os dados de cianobactérias das companhias prestadoras de serviços encontrados e classificados, foi necessário encontrar os dados da Vigilância. Para isso foi acessada a planilha “SISAGUA – Vigilância (Cianobactérias e Cianotoxinas)” (Tabela 12). Essa base de dados foi alimentada por setores de vigilância, ou seja, pelas Secretarias Estaduais ou Municipais de Saúde, contemplando resultados das análises de qualidade de água para

vários estados brasileiros sendo que nessa planilha pode-se encontrar não somente dados de água bruta, mas também de água tratada.

Tabela 12 - Dados Gerais SISAGUA (Vigilância)

<b>SISAGUA - Vigilância (Cianobactérias e Cianotoxinas)</b>	
Fonte	<a href="http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/">http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/</a>
Autor	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - VIGIAGUA
Mantenedor	Coordenação de Dados Abertos e Análise Prospectiva em Saúde/CGGIE/DEMÁS/MS
Última Atualização	21 de agosto de 2021, 01:59 (UTC-03:00)
Criado	30 de março de 2020, 10:11 (UTC-02:00)
Cobertura temporal	2014 - 2021

A planilha “SISAGUA – Vigilância (Cianobactérias e Cianotoxinas)” é atualizada constantemente e possui, até o momento de estudo, 20.900 linhas com dados de Cianobactérias (Tabela 13), o que representa um valor significativamente menor quando comparado a planilha do Controle. Seus dados são divididos para zonas rurais e urbanas, e o motivo da coleta varia entre rotina, desastre, denúncia e surto.

A Vigilância faz a análise de dois grandes grupos de amostras de água, as quais são classificadas a partir do tipo da forma de abastecimento, sendo elas o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e as Soluções Alternativas Coletivas (SAC), sendo estas últimas diferentes formas de abastecimento, tais como poços e açudes que geralmente estão ligadas a comunidades e vilarejos.

Tabela 13 - Informações gerais sobre cianobactérias (Vigilância)

<b>SISAGUA - Vigilância (Cianobactérias)</b>	
Total de Dados Cadastrados	15.922
Estados com dados inseridos	AL, BA, CE, DF, ES, GO, MG, MS, MT, PE, PR, RO, RS, e SP
Cobertura Temporal	2014 - 2020
Cianobactérias encontradas	<i>Anabaena, Aphanocapsa, Aphanothece, Cyndrospermopsis, Dolichospermum, Geitlerinema, Jaaginema, Lyngbya, Microcystis, Planktolyngbya, Planktothrix, Pseudoanabaena, Radiocystis, Raphidiopsis, Sphaeropermpopsis, Synechococcus, Syneschocystis, Tychonema e Outros Gênero(s)</i>

As zonas rurais possuem dados de comunidades Quilombolas, comunidades Ribeirinhas, Núcleos, Propriedades Rurais, Povoados, Lugarejos e Projetos de Assentamento sendo que esses dados podem ser referentes a amostras de água obtidas em Estações de Tratamento de Água, Estações Intra-Domiciliar e soluções alternativas. As zonas urbanas contemplam dados de bairros, distritos e áreas urbanas isoladas, e estes são referentes às amostras de água obtidas em Estações de Tratamento de Água, Estações Intra-Domiciliar, Sistema de Distribuição de água sendo as coletas feitas em diferentes pontos da rede de distribuição.

A maioria dos dados tem como seu motivo de coleta a rotina de vigilância, porém, segundo a planilha, 16 são casos de Surtos, todos registrados em Pernambuco (Serra Talhada/2017, Limoeiro/2018 e Caruaru/2020). Desses casos, três registros ultrapassam o valor de 10.000 células de cianobactérias na água bruta, sendo dois em Serra Talhada que possuem soluções alternativas de coleta (SAC) e outro em Caruaru com captação superficial no manancial. Não foi possível obter maiores informações sobre as características desses Surtos.

A planilha apresenta um total de três linhas com coletas por motivo de denúncia, sendo dois no Rio Grande do Sul (Dom Pedrito) um deles no Rio Santa Maria e outro na Barragem Da Serrinha sendo o último com valor acima de 10.000 cels/mL. O outro dado encontra-se em Pernambuco (Belém de São Francisco), e seu registro de cianobactérias na água bruta fica abaixo do indicado pela Portaria GM/MS nº 888 para monitoramento mensal.

São 147 linhas com informações de desastres, e apesar desse alto valor, apenas dois estados são os responsáveis, sendo eles Alagoas (Delmiro Gouveia) e Espírito Santo (Linhares) e apesar de ser cadastrado como desastre, apenas Delmiro Gouveia apresenta valores acima do recomendado pela Portaria GM-MS nº 888/2021 para monitoramento mensal, e nesse local os valores encontrados foram de 31.370 células de *Raphidiopsis*/mL de água bruta e 21.104 células de *Cylindrospermopsis*/mL de água bruta.

O próximo passo foi, com o uso do Filtro Avançado, separar os dados em: linhas com valores acima de 10.000 células de cianobactérias por mililitro, linhas com valores maiores ou iguais a 10.000 e menores ou iguais a 20.000 células de cianobactérias por mililitro e linhas com valores acima de 20.000 de células de cianobactérias por mililitro (Tabela 14), sendo esses dados referentes a água bruta.

Foi encontrado um total de 1.250 dados de Cianobactérias, acima do valor de referência da Portaria GM-MS nº 888/2021 (10.000 células de cianobactérias por mililitro de água), cadastrados pela Vigilância em todo o Brasil.

Tabela 14 - Informações filtradas (Cianobactérias - Vigilância)

<b>SISAGUA – Vigilância Mensal (Cianobactérias)</b>	
Quantidade de dados $\geq$ a 10.000 células de Cianobactéria por mililitro	1.250
Quantidade de dados $\geq$ a 10.000 células e $\leq$ 20.000 células de Cianobactéria por mililitro de água	308
Quantidade de dados $\geq$ a 20.000 células de Cianobactéria por mililitro	942
Estados com dados inseridos	BA, CE, DF, ES, GO, MG, PB, PE, PR, RJ, RN, RS, SC, SP e TO
Cobertura Temporal	2014 - Atual
Cianobactérias Encontradas	<i>Anabaena, Aphanocapsa, Aphanothece, Cyndrospermopsis, Dolichospermum, Geitlerinema, Microcystis, Planktolyngbya, Planktothrix, Pseudoanabaena, Raphidiopsis, Synechococcus, Synechocystis e Outros Gênero(s)</i>

O Estado de Pernambuco é responsável pela expressiva maioria dos dados acima de 10 mil células/mL, sendo representado por 1.144 linhas de informações, ou seja, 91.52% dos dados filtrados. Pernambuco representa uma diferença significativa para o segundo representante, Bahia, com apenas 89 linhas de dados inseridos. Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Minas Gerais possuem cada um, apenas uma linha de dado.

#### **5.2.4 Cianobactérias – Dados da Vigilância > 100 mil células por mililitro**

Sabendo que valores maiores do que 100 mil células por mililitro representam uma possível floração de cianobactérias, para uma análise mais detalhada, separaram-se esses dados (Tabela 15).

Tabela 15 - Dados acima de 100mil cels/mL (Cianobactérias - Vigilância)

<b>Dados &gt; 100 mil cels/mL - Cianobactérias (Vigilância)</b>	
Dados inseridos	372
Cobertura Temporal	2015 -2021
Estados inseridos	3 - (BA, MG e PE)
Qtd. De Municípios	336
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA e SAC
Gêneros	7 - ( <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Planktolyngbya</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Pseudoanabaena</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Radiocystis</i> )

Notou-se que essa classe de dados, de 2015 até 2021, não possui um comportamento linear e nem crescente, a quantidade de informações nos estados brasileiros varia bastante sendo Minas Gerais o local com mais informações cadastradas na seleção de valores acima de 100 mil células de cianobactérias por mililitro de água (Figura 12 e 13).

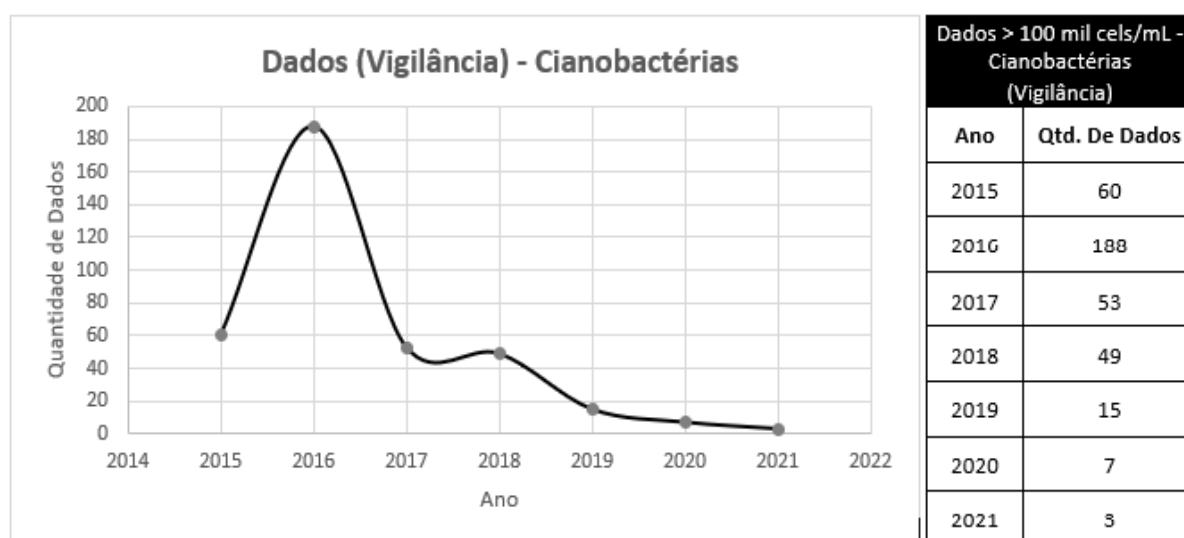


Figura 12 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pela Vigilância no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2015 - 2021.

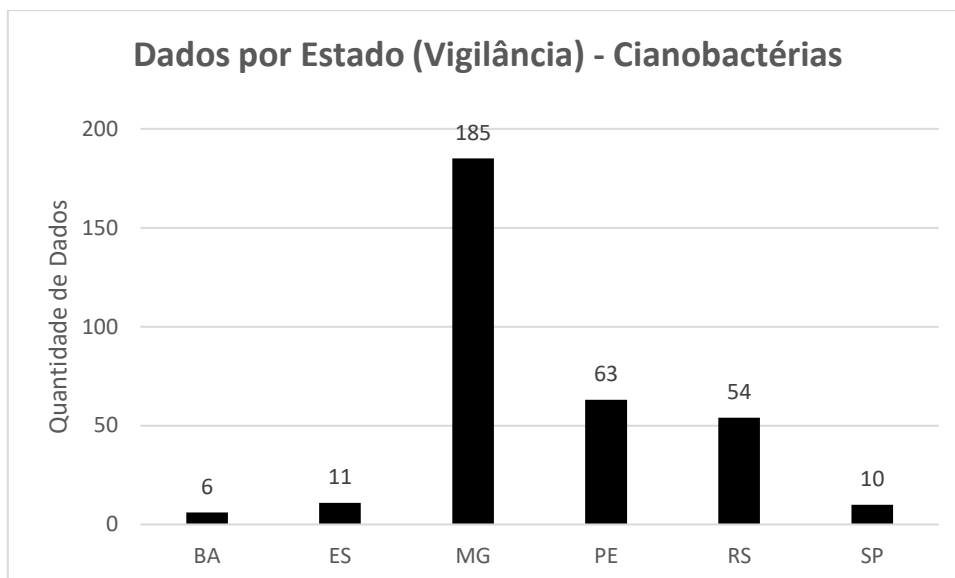


Figura 13 - Quantidade de dados do parâmetro Cianobactérias inseridos pela Vigilância no SISAGUA na seleção de valores acima de 100mil cels/mL no período de 2015 - 2021 por Estado.

### 5.2.5 Cianotoxinas – Dados do Controle

Com os dados das cianobactérias devidamente selecionados, o próximo passo foi encontrar as planilhas referentes às cianotoxinas, novamente foi necessário utilizar o Portal Brasileiro de Dados Abertos e a planilha acessada foi “Controle\_mensal\_cianotoxinas”, vale ressaltar que essa base de dados é diferente das de Cianobactérias. Essa planilha foi alimentada pelo Controle, ou seja, pelos prestadores de serviço, com uma frequência inferior a mensal, contemplando resultados das análises de diversas cianotoxinas para vários estados brasileiros (Tabela 16).

Tabela 16 - Dados Cianotoxinas (Controle)

<b>SISAGUA - Controle Mensal (Cianotoxinas)</b>	
Total de Dados inseridos	155.364
Estados com dados inseridos	AL, AM, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, PA, PB, PE, PR, RJ, RN, SC, SE, SP e TO
Cobertura Temporal	2014 – 2021
Cianotoxinas encontradas (µg/L)	<i>Anatoxina-a(s), cilindrospermopsina, microcistina e saxitoxina.</i>

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 estabelece os valores máximos permitidos de cada uma das cianotoxinas na água tratada, eles podem ser observados na tabela abaixo. O monitoramento dessas moléculas na água tratada deve ocorrer semanalmente quando a concentração de cianobactérias no manancial ultrapassar 20.000 cels/mL.

Tabela 17 - Valores Máximos Permitidos pela Portaria GM/MS nº 888 (Cianotoxinas)

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Máximo Permitido (VMP)</b>
Cilindrospermopsina	(µg/L)	1,0
Microcistina	(µg/L) (equivalente de MCYST-LR)	1,0
Saxitoxinas	(µg/L) (equivalente STX)	3,0

Apesar de a Portaria estabelecer os VMPs, neste trabalho pretendeu-se mapear mais amplamente os locais com ocorrência de cianotoxinas no Brasil, e assim realizou-se a análise dos dados inseridos com o uso do Filtro Avançado do Excel para a seleção de valores de concentração de cianotoxinas a partir de 0,1 µg/L (Tabela 18). Para uma percepção correta do risco que os valores de cianotoxina podem indicar, foi necessário fazer contato com as companhias prestadoras de serviço para conhecer mais detalhadamente os procedimentos de tratamento e análise da amostra para quantificação de cianotoxinas. Obteve-se resposta dos setores de análise da EMBASA e CAGECE, que informaram que os dados se referem ao valor de cianotoxina total na amostra de água bruta ou tratada. E para tanto, aplicam um processo de ruptura de eventuais células presentes na amostra de água (gelo e degelo) e feita posteriormente sua filtração. A técnica analítica é o imunoenensaio do tipo ELISA quantitativo. Considerou-se que esse procedimento, pela praticidade, rapidez e resposta adequada para percepção de risco à saúde pública, é provavelmente o adotado também na maioria das companhias prestadoras de serviço de tratamento de água no Brasil.



Tabela 18 - Dados filtrados (Cianotoxinas - Controle)

<b>Dados - Cianotoxinas (Controle)</b>	
Total de dados inseridos	43.166
Cobertura Temporal	2015 -2021
Estados inseridos	22 - (AL, AM, BA, CE, DF, ES, GO, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RJ, RN, RO, RS, SC, SE, SP e TO)
Qtd. De Municípios	833
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA e SAC
Cianotoxinas encontradas ( $\mu\text{g/L}$ )	<i>Anatoxina-a(s), Cilindrospermopsina, Microcistina e Saxitoxina.</i>

Encontrou-se um valor de 43.166 dados inseridos, em água bruta, em 22 estados brasileiros. Analisando a cobertura temporal (Figura 14) nota-se que com o passar dos anos houve uma queda na quantidade de informações inseridas na planilha do Controle. Ceará e São Paulo são os locais com mais informações (Figura 15), os dados são classificados a partir do tipo da forma de abastecimento, sendo elas o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), ou seja, locais que são abastecidos pelas companhias estaduais. Pode-se encontrar também alguns dados inseridos para Soluções Alternativas Coletivas (SAC) mas todos eles são da CASAN em Santa Catarina no município de São Bernardino com captações superficiais no manancial.

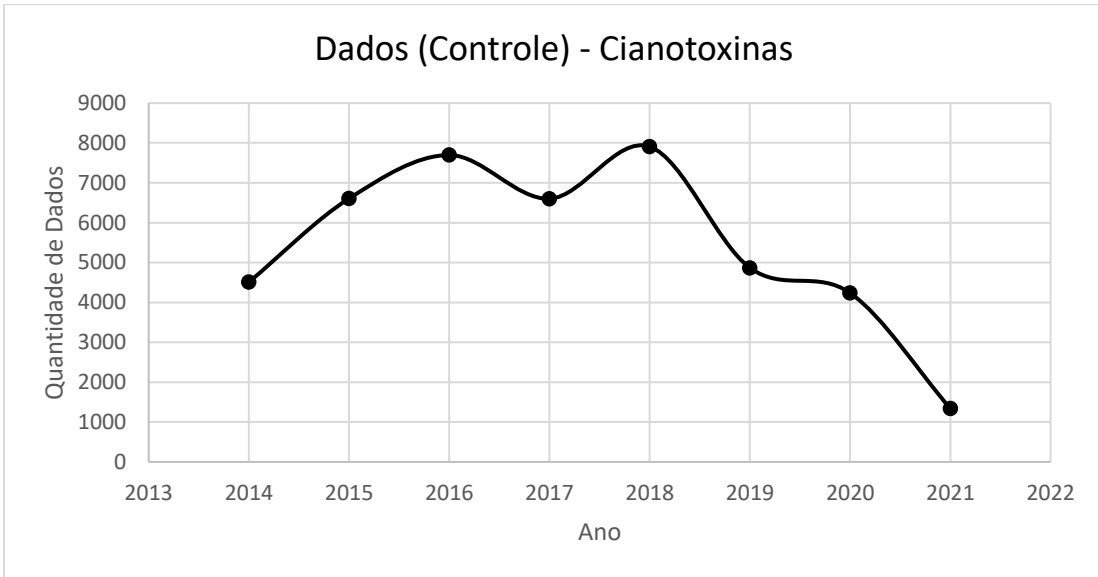


Figura 14 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021.

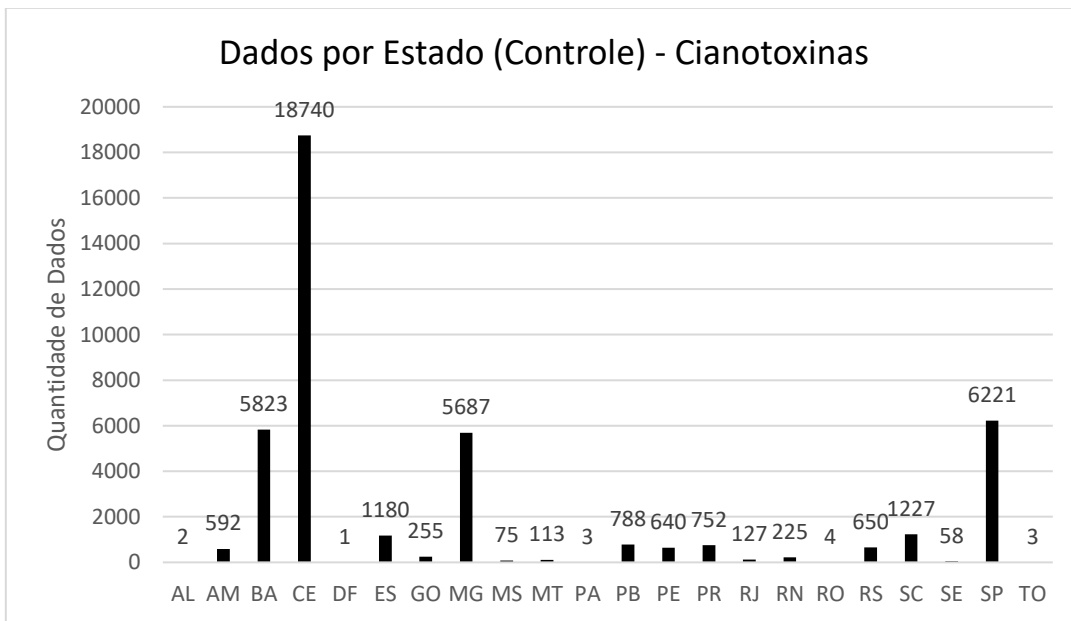


Figura 15 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021 por Estado.

Analisando todos os dados filtrados notou-se que a Microcistina foi a mais encontrada no país, seus resultados e de outras cianotoxinas podem ser encontradas na Figura 16.

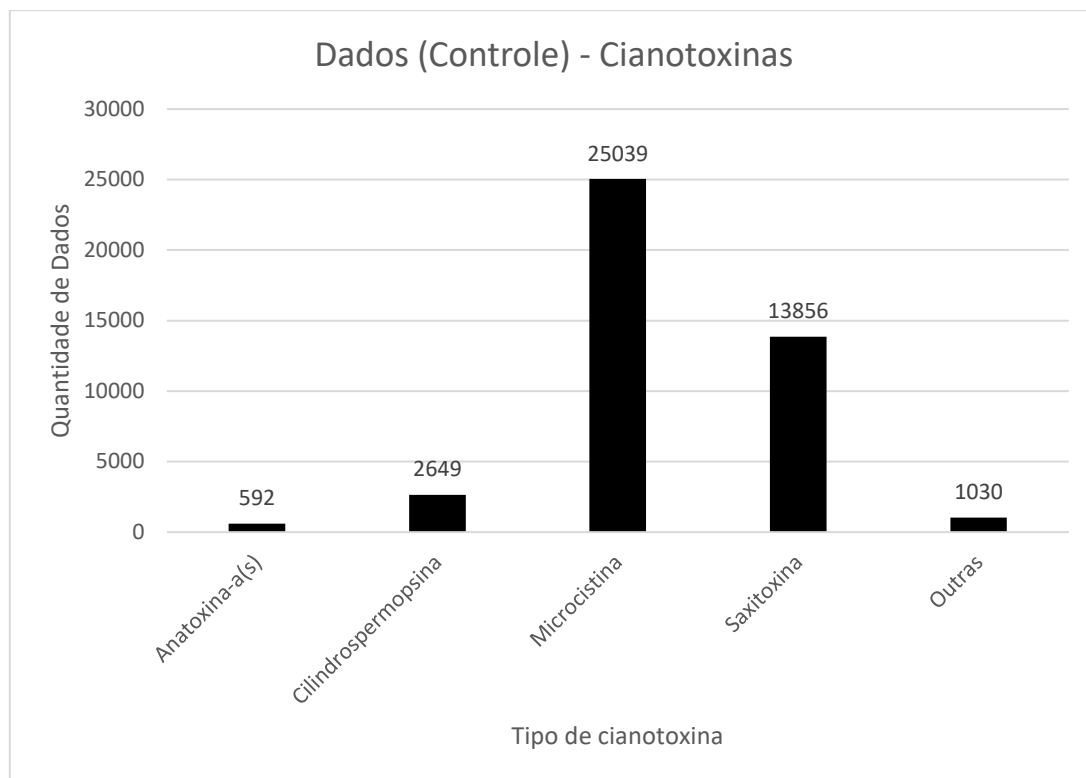


Figura 16 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pelo Controle no SISAGUA, por tipo de cianotoxina na seleção de valores acima de 0.1µg/L no período de 2015 a 2021.

### 5.2.6 Cianotoxinas – Dados da Vigilância

Com os dados de cianotoxinas das companhias prestadoras de serviços encontrados e classificados, foi necessário encontrar os dados da Vigilância. Para isso foi acessada a planilha “SISAGUA – Vigilância (Cianobactérias e Cianotoxinas)”. Essa base de dados foi alimentada por setores de vigilância, ou seja, pelas Secretarias Estaduais ou Municipais de Saúde, contemplando resultados das análises de qualidade de água para vários estados brasileiros (Tabela 19).

Tabela 19 - Dados do total de registros da Vigilância com informações sobre cianotoxinas no SISAGUA a partir de 2014.

<b>SISAGUA - Vigilância (Cianotoxinas)</b>	
Total de Dados inseridos	4.977
Estados com dados inseridos	AL, BA, ES, GO, MG, MT, PE, PR, RS, e SP
Cobertura Temporal	2014 - 2021
Cianotoxinas registradas (µg/L)	<i>Anatoxina-a(s), Cilindrospermopsina, Microcistina e Saxitoxina.</i>

Assim como foi feito com os dados do Controle, a fim de avaliar mais amplamente no Brasil os locais com ocorrência de cianotoxinas em seus mananciais, as análises utilizando o Filtro Avançado nas planilhas do Excel selecionaram os dados com o valor de concentração de cianotoxinas a partir de 0,1 µg/L. Comumente a planilha da Vigilância possui menos dados quando comparado ao Controle, assim, quando aplicado o Filtro Avançado, apenas 557 linhas de dados foram obtidas (Tabela 20), sendo que Minas Gerais e Pernambuco são os locais com mais informações cadastradas, referentes a SAA e a SAC. Vale destacar a grande diferença na quantidade de dados inseridos no ano de 2018, mais que o dobro, dos demais anos registrados no sistema (Figura 17-A).

Tabela 20 - Dados com registros da Vigilância selecionados para valores de cianotoxinas acima de 0.1µg/L no SISAGUA a partir de 2014

<b>Dados - Cianotoxinas (Vigilância)</b>	
Total de dados inseridos	557
Cobertura Temporal	2015 -2021
Estados inseridos	7 - (AL, BA, ES, MG, PE, RS e SP)
Qtd. De Municípios	17
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA e SAC
Cianotoxinas (µg/L)	<i>Anatoxina-a(s); Cilindrospermopsina; Microcistina; Saxitoxina</i>

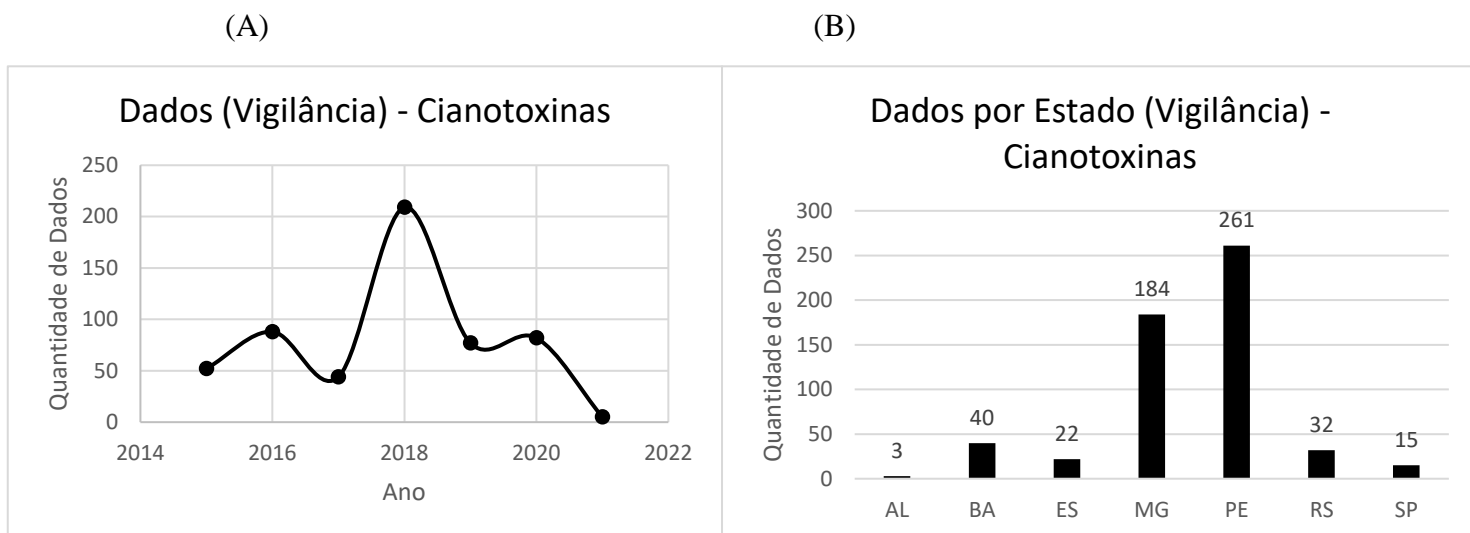


Figura 17 - Dados com registros da Vigilância selecionados para valores de cianotoxinas acima de no SISAGUA a partir de 2014. (A) Dados filtrados por ano de registro (2014-2021); (B) Dados filtrados por Estado (2014 - 2021)

A Figura 18 mostra as Microcistinas como sendo a cianotoxina mais recorrente no país, segundo os dados inseridos ela foi encontrada em Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco, Rio Grande do Sul e São Paulo. As Saxitoxinas e Cilindrospermopsina também foram encontradas em vários estados do país. Como para as outras cianotoxinas, também houve poucos registros em relação aos dados do Controle de Anatoxina-a(s) (7 registros no total), sendo que 6 deles são no Rio Grande do Sul, todos no município Cerro Grande e apesar de possuírem diferentes pontos de coleta todos englobam soluções alternativas coletivas (SAC) com os resultados de  $1\mu\text{g/L}$ , o que pode indicar erro no registro.

O outro dado de Anatoxina-a(s) foi encontrado em Minas Gerais, no município de Verissimo, seu ponto de coleta foi um Hidrômetro na Avenida Padre Julio de Razz e possui como resultado  $5\mu\text{g/L}$ .

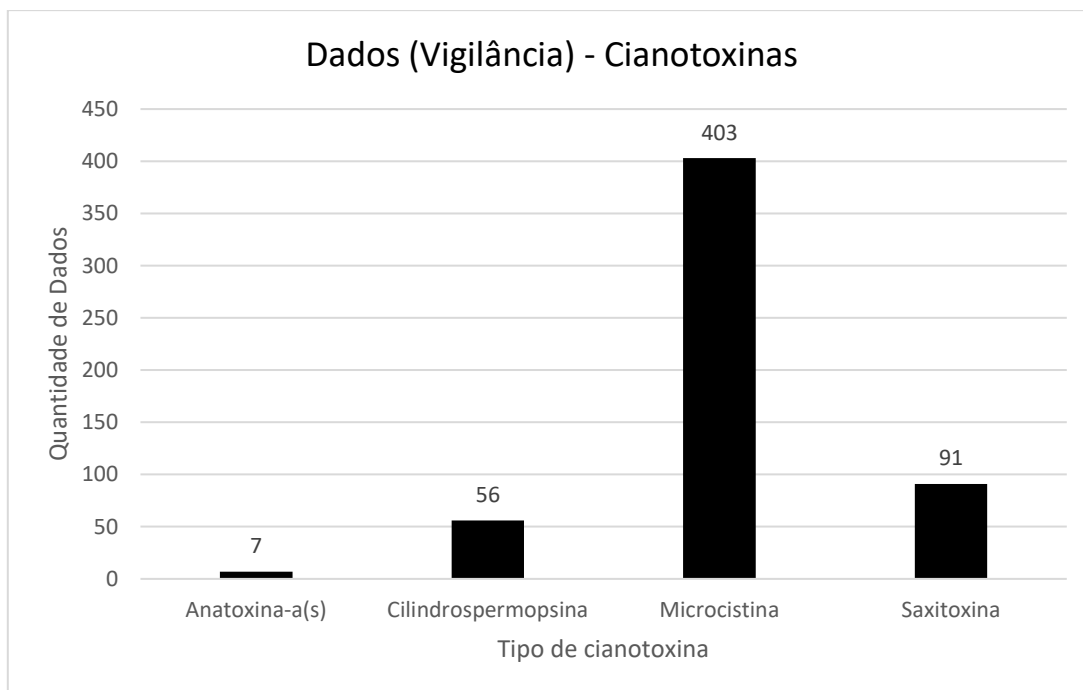


Figura 18 - Quantidade de dados do parâmetro Cianotoxinas inseridos pela Vigilância no SISAGUA, por tipo de cianotoxina na seleção de valores acima de  $0.1\mu\text{g/L}$  no período de 2015 a 2021.

### 5.3 AVALIAÇÕES DE EQUIVALÊNCIA ENTRE OS DADOS DO CONTROLE E VIGILÂNCIA

Com o intuito de promover uma reflexão sobre a consistência das informações, referentes às cianobactérias e cianotoxinas presentes em mananciais e água tratada, à disposição da sociedade brasileira no SISAGUA, foram feitas comparações, quando possível, dos dados inseridos pelo Controle e pela Vigilância no sistema.

#### 5.3.1 Cianobactérias

Com os dados devidamente selecionados foi feita uma análise nas planilhas com o intuito de pesquisar locais com dados em comum em relação a: unidade federativa, código do IBGE, município, nome da ETA/UTA, nome do manancial, ano de referência, mês de referência, parâmetro, gênero de cianobactéria e pontos de coleta.

Tabela 21 - Quantidade de dados inseridos na tabela de equivalência do Controle e Vigilância referente aos dados de Cianobactérias (Anexo A)

Quantidade de dados inseridos (Vigilância)	32
Quantidade de dados inseridos (Controle)	16
Estados	RS, PE e BA
Gêneros	<i>Aphanocapsa</i> ; <i>Pseudoanabaena</i> ; <i>Geitlerinema</i> ; <i>Planktothrix</i> ; <i>Radiocystis</i> ; <i>Cylindrospermopsis</i> ; <i>Raphidiopsis</i>

Quando analisados os dados inseridos nota-se que só foi possível fazer comparações nos estados do Rio Grande do Sul, Bahia e Pernambuco. Isso acontece primeiramente pela diferença na quantidade de dados entre Controle e Vigilância, sendo a primeira que possui mais dados inseridos no geral. Apesar de possuir uma quantidade significativa de dados o Controle não especifica quais são os seus pontos de coleta sendo comum eles indicarem apenas o tipo de captação, nome do manancial, do sistema de abastecimento e da estação de tratamento relacionada a ele. Além disso, o Controle em determinados estados não informa o gênero da cianobactéria, apenas os valores totais encontrados.

Para as análises buscou-se exatamente o mesmo dia e local de coleta, o que diminui bastante os dados relacionados entre as planilhas pois nota-se que é comum Controle e Vigilância escolherem dias diferentes para recolherem suas amostras. Coletas realizadas em datas diferentes inviabilizam a comparação dos dados.

Analisando os dados do Rio Grande do Sul foi possível encontrar apenas uma informação em comum em ambas as planilhas. Em janeiro de 2020, no município de Dom Pedrito, por uma denúncia, a Superintendência Regional Pampa Surpa cadastrou na planilha da vigilância um valor de 13.602 células de *Aphanocapsa sp* por mililitro de água bruta, nesse mesmo período o controle através da empresa estadual CORSAN cadastrou um valor de 18.320 cels/mL sendo que eles cadastram o valor total, não identificando o gênero. Ambos os dados estão relacionados com a ETA Dom Pedrito cujo manancial relacionado é o Rio Santa Maria.

Grande parte dos dados de Pernambuco que são comparáveis são do ano de 2016, com foco nos municípios de Feira Nova, Lagoa de Itaenga e Lago do Carro sendo esses locais próximos uns dos outros e por isso o manancial dos três municípios é o mesmo, a Barragem do Carpina. Em Pernambuco, a COMPESA, responsável pelos dados do Controle, não informa de maneira separada os gêneros das cianobactérias, ela insere os

seus valores totais, já a Vigilância não informa os valores totais, mas indica os valores de cada gênero.

Na Bahia foi possível correlacionar dados de Salvador e Candeias, esses dois locais distam cerca de 50km e utilizam como manancial os rios Joanes I e Joanes II respectivamente. Para os dados da Bahia, o Controle e a Vigilância informam quais foram os gêneros de cianobactérias encontrados em cada um dos locais e seus valores.

Analisando diretamente os números de células de Cianobactérias por mililitro de água bruta, inseridos por Controle e Vigilância, não foi possível identificar um padrão de equivalência. Para Pernambuco, onde a análise foi feita através do número total de células, existem datas em que a comparação entre os registros do Controle e Vigilância possuem pouca, e outras com grande, diferença entre os valores inseridos. Para a Bahia foi possível analisar separadamente os gêneros, e notou-se o mesmo comportamento de não ter um padrão de proximidade quantitativa entre os valores inseridos por Controle e Vigilância. A Tabela 22 com esses dados pode ser encontrada no Anexo A deste trabalho

### **5.3.2 Cianotoxinas**

Da mesma forma que foi feito com os dados referentes às Cianobactérias, com as informações de Cianotoxinas devidamente selecionadas foi feita uma análise nas planilhas com o intuito de pesquisar locais com dados em comum em relação a: unidade federativa, código do IBGE, município, nome da ETA/UTA, nome do manancial, ano de referência, mês de referência, parâmetro e pontos de coleta.

Quando analisados os dados inseridos nota-se que só foi possível fazer comparações nos estados de Pernambuco (Tabela 23, Anexo B) e Bahia (Tabela 24, Anexo B), sendo que vários locais são os mesmos da Tabela 22 referentes as Cianobactérias. Mais uma vez isso acontece primeiramente pela diferença na quantidade de dados entre Controle e Vigilância e pelo fato de ser comum controle e vigilância escolherem dias diferentes para recolherem suas amostras.

Por ser uma análise de equivalência, escolheu-se englobar todas as informações inseridas nas planilhas, fato esse que faz com que seja observado nas Tabelas 23 e 24 (Anexo B), valores abaixo de 0,1ug/L. Esses dados são todos referentes a captções superficiais nos mananciais, no rodapé das tabelas pode-se encontrar os valores de Cianobactérias inseridos na mesma data dos registros de Cianotoxinas.

Como foi visto nos tópicos anteriores, no geral o Controle possui mais dados inseridos do que a Vigilância, porém quando observadas as quantidades de dados possíveis de serem



comparados diretamente (Tabela 25) nota-se que, nesse caso, a Vigilância possui mais dados. E isso ocorre pois os dados em comum, em grande maioria, são do estado de Pernambuco, local em que a Vigilância insere muitas informações.

Analisando diretamente os números de Cianotoxinas inseridos por Controle e Vigilância, não foi possível identificar um padrão de equivalência quantitativa pois os valores inseridos nas planilhas variam bastante. Também pode-se encontrar datas onde existem diferenças nas Cianotoxinas encontradas por Controle e Vigilância. As tabelas com esses dados podem ser encontradas no Anexo B deste trabalho.

Tabela 25 - Quantidade de dados inseridos na tabela de equivalência de Controle e Vigilância para as Cianotoxinas

Quantidade de dados (Vigilância)	22
Quantidade de dados (Controle)	21
Estados	PE, BA
Gêneros	<i>Saxitoxinas, Cilindrospermopsinas, Microcistinas</i>

#### 5.4 IDENTIFICAÇÃO DE DADOS INDICATIVOS DE RISCO (CIANOBACTÉRIAS)

Para identificação de dados indicativos de risco, foram separados apenas valores maiores ou iguais a 20.000 cels/mL. Escolheu-se filtrar apenas gêneros mais frequentes de Cianobactérias consideradas potencialmente tóxicas (*Anabaena; Cyndropermopsis; Microcystis; Planktothrix; Radiocystis e Raphidiopsis*). Para conseguir organizar os dados indicativos de risco as análises foram feitas observando, separadamente, as informações referentes a amostras de mananciais e pré-tratamento, e água pós-tratamento.

##### 5.4.1 Manancial / Pré-tratamento

Para manancial e pré-tratamento pode-se encontrar dados nas planilhas do Controle (Tabela 26) e da Vigilância (Tabela 27). Elas englobam uma grande variedade de açudes, rios e barragens, sendo o Controle mais uma vez responsável pela maioria dos dados inseridos, fato esse que faz com que ele possua também uma grande quantidade de estados e municípios registrados (Figura 19 – A). Por sua vez, a Vigilância possui poucos estados com registros e seus dados são, em grande maioria, de Pernambuco. (Figura 19-B).

Nota-se que a cobertura temporal das planilhas engloba coberturas temporais diferentes, isso acontece pois apenas a partir dos anos indicados nas Tabelas 26 e 27 que se pode

encontrar as informações inseridas referentes aos gêneros de Cianobactérias potencialmente tóxicas.

Tabela 26 - Dados inseridos pelo Controle para Cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL em mananciais/pré-tratamento

Dados > 20.000 cels/mL – Cianobactérias potencialmente tóxicas (Controle)	
Dados inseridos	2.938
Cobertura Temporal	2016 -2021
Estados inseridos	10 - (BA, CE, ES, GO, MG, PB, PE, PR, RN e SP)
Qtd. De Municípios	209
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA
Gêneros	<i>Anabaena; Cyndropermopsis; Microcystis; Planktothrix; Radiocystis e Raphidiopsis</i>

Tabela 27 - Dados inseridos pela vigilância para Cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20000 cels/mL em mananciais/pré-tratamento

Dados > 20.000 cels/mL – Cianobactérias potencialmente tóxicas (Vigilância)	
Dados inseridos	439
Cobertura Temporal	2015 -2021
Estados inseridos	3 - (AL, BA e PE)
Qtd. De Municípios	26
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA e SAC
Gêneros	<i>Anabaena; Cyndropermopsis; Microcystis; Planktothrix; Radiocystis e Raphidiopsis</i>

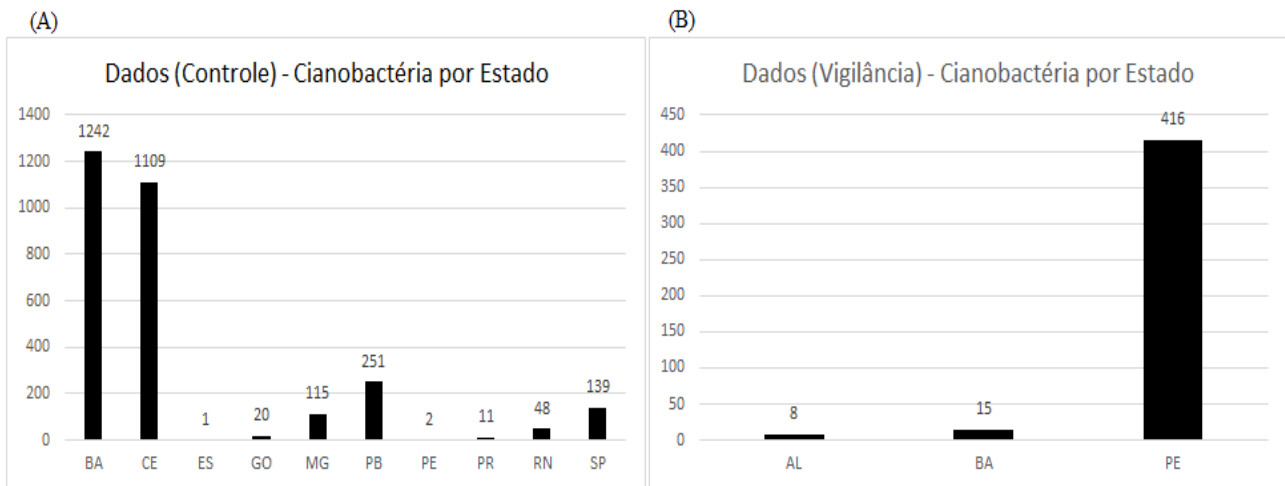


Figura 19 - Quantidade de Cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL encontradas por Estado. (A) - Controle; (B) - Vigilância

Nas figuras 20 e 21 notamos que ambas as planilhas possuem algum ano específico com muitos dados inseridos e depois uma queda constante nas informações presentes. Nota-se também que Controle e Vigilância possuem uma cobertura espacial diferente de seus dados.

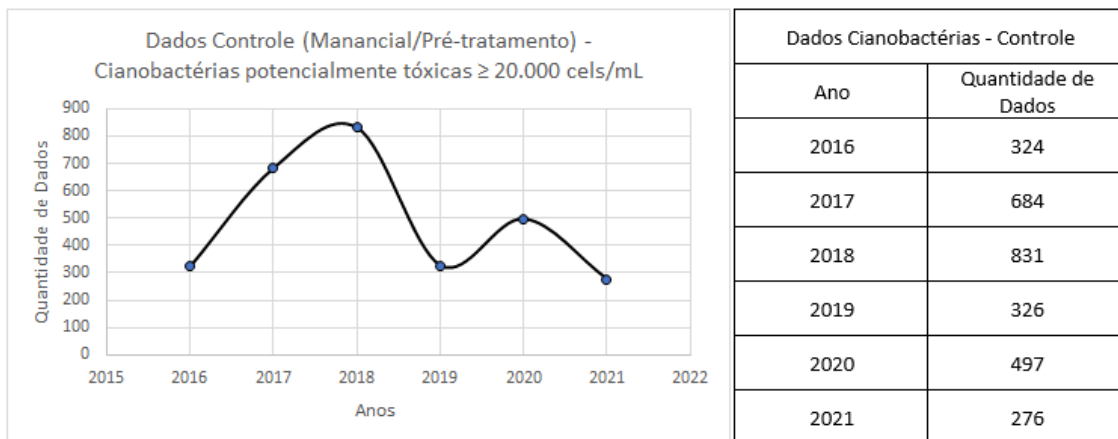


Figura 20 - Cobertura Temporal das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Controle).



Figura 21 - Cobertura Temporal das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Vigilância).

As figuras 22 e 23 mostram que o Controle apresenta o gênero *Cylindropermopsis* como sendo o mais encontrado nos registros dos estados. A Vigilância cadastra *Raphidiopsis* como o mais encontrado, porém os dados da Vigilância não são representativos para o país todo uma vez que eles são em sua maioria de Pernambuco. Além disso, a espécie *Cylindropermopsis raciborskii* atualmente é classificada como *Raphidiopsis raciborskii*, o que poderia também explicar essa diferença.

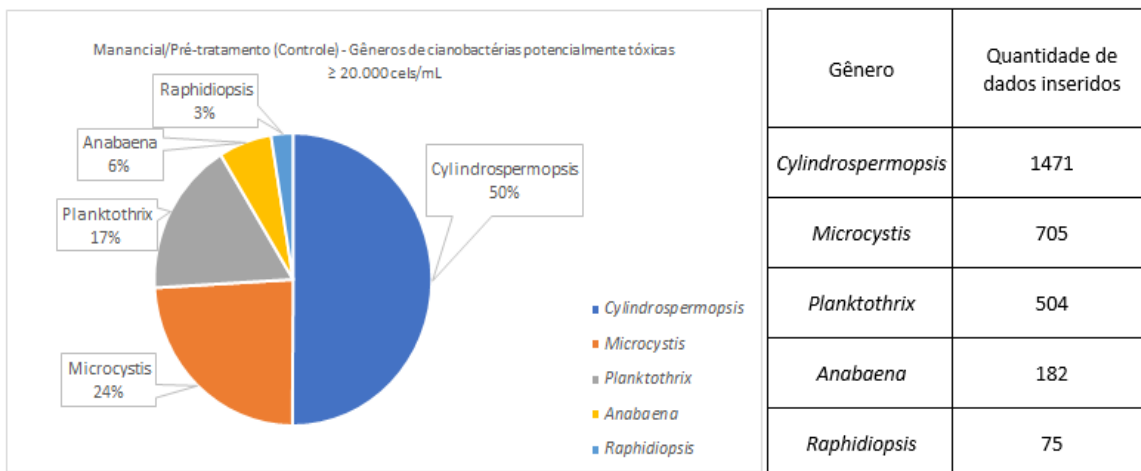


Figura 22 - Gêneros das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Controle).

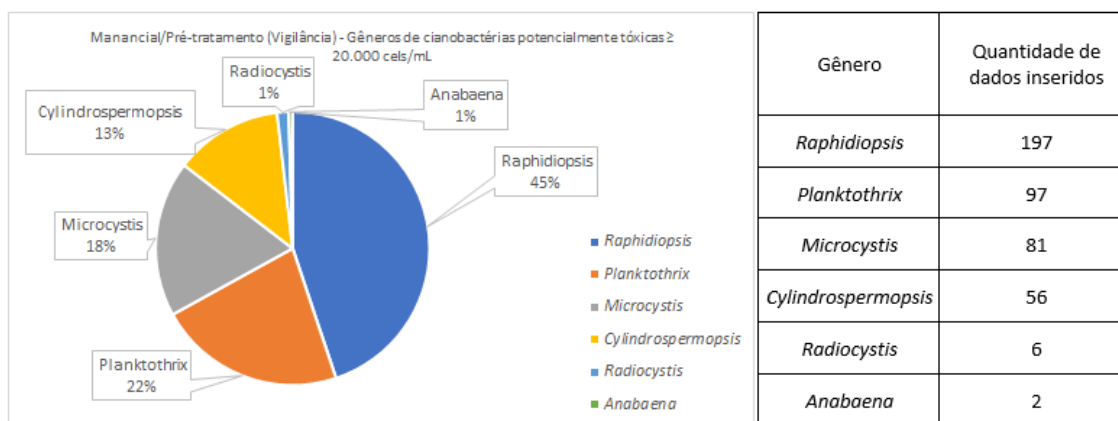


Figura 23 - Gêneros das cianobactérias potencialmente tóxicas acima de 20.000 cels/mL (Vigilância).

Os registros, nos estados e municípios, de Cianobactérias potencialmente produtoras de Cianotoxinas acima de 20.000 cels/mL em mananciais/pré-tratamento no período de 2015 a 2021, demonstraram uma grande variação no número de células para todos os gêneros selecionados, tanto para o Controle quanto para a Vigilância. De qualquer forma, é importante destacar que os maiores valores encontrados foram do gênero *Anabaena* em 2017 no estado de Minas Gerais, sendo o maior, cadastrado pelo Controle, com o valor de 35.064.000 cels/mL.

Para o Controle o gênero que apresentou maior frequência de valores muito elevados (acima de  $10^6$  cels/mL) foi *Cylindrospermopsis* (59 resultados), seguido por *Anabaena* (58 resultados). Para a Vigilância foi *Raphidiopsis* (34 resultados), seguido por *Microcystis* (15 resultados). Os dados completos estão nas tabelas 28 a 34 do Anexo C.

#### 5.4.2 Água Pós-tratamento

Durante esse projeto citou-se os riscos que as Cianobactérias potencialmente produtoras de Cianotoxinas possuem para os seres vivos que, de alguma forma, entram em contato com elas. Sabendo da insalubridade que elas trazem para diversos corpos hídricos, torna-se imprescindível que a água tratada não apresente valor algum de Cianobactérias, ou seja, espera-se das companhias prestadoras de serviço uma água livre de Cianobactérias. E essa expectativa está atendida na legislação, uma vez que a Portaria MS. n. 888/2021 não permite a presença dessas células na água para consumo humano. Com isso, as companhias não fazem registros de cianobactérias no SISAGUA para amostras de água pós-tratamento. Porém a Vigilância, de acordo com suas demandas (rotina, surto,

denúncia), faz coletas em diversos pontos e também recolhe para suas análises águas pós-tratamento. Na planilha da Vigilância pode-se encontrar dados referentes a “Água Tratada com Hipoclorito”, “Água Pré-desinfecção” e “Água na Saída do tratamento/pós-desinfecção”.

#### 5.4.2.1 Água Tratada com Hipoclorito

Para essa classificação de água tratada a Vigilância apresenta apenas dados de uma única localidade, ela informa que é de uma solução alternativa coletiva no estado de Pernambuco. Em coletas de rotina a vigilância inseriu 10 dados, de meses diferentes, no SISAGUA referentes ao município de Serra Talhada no 14 Batalhão de Infantaria, encontrando os gêneros *Cylindrospermopsis*, *Microcystis*, *Radiocystis* e *Raphidiopsis*. Todos esses dados informam que a água foi tratada com hipoclorito e que a faixa de concentração de células por mililitro apresentou um intervalo, acima do recomendado pela GM/MS nº 888, variando de 20.317 cels/mL a 2.189.842 cels/mL. Esses dados podem ser observados na Tabela 35 no Anexo D.

A Tabela 36 mostra a quantidade de dados inseridos de cada uma das Cianobactérias e a suas faixas de concentrações de células nesse tipo de registro de água tratada. Vale destacar os gêneros *Radiocystis* e *Raphidiopsis* com valores acima de 1 milhão de células/mL.

Tabela 36 - Quantidade de Dados e Faixa de concentração de cels/mL para as cianobactérias potencialmente tóxicas em água tratada por hipoclorito

<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>	
Qtd de dados inseridos	Faixa de conc. cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de conc. cels/mL
3	117359 - 537.187	3	20.317 - 50.022
<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
Qtd de dados inseridos	Faixa de conc. cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de conc. cels/mL
1	1.608.776	3	21.125 - 2.189.842

### 5.4.2.2 Água Pré – Desinfecção

Na planilha da Vigilância existem dados classificados como “água pré-desinfecção”, ou seja, entende-se que é uma água que passou por alguns processos do tratamento como coagulação, floculação, decantação e filtração, mas ainda não chegou na etapa final que seria a desinfecção por agentes físicos ou químicos que tem como finalidade a destruição de organismos patogênicos. Caso uma água chegue no processo de desinfecção com uma alta quantidade de cianobactérias pode acontecer de, durante o processo, ocorrer o rompimento da célula liberando Cianotoxinas. Os dados referentes a água pré-desinfecção podem ser observados na Tabela 37.

Tabela 37 - Dados da Vigilância de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água pré-desinfecção

Dados Vigilância	
Dados inseridos (total)	13
Tipo do dado inserido	Água pré-desinfecção
Cobertura temporal	2016 - 2018
Estados inseridos	BA e PE
Formas de abastecimento	SAA
Motivo da coleta	Rotina
Qtd. de municípios	4
Gêneros	<i>Cylindrospermopsis; Microcystis; Raphidiopsis e Planktothrix;</i>

A Tabela 38 apresenta esses dados, detalhadamente, sendo importante destacar que para esse tipo de amostra houve registros de dois estados e quatro municípios diferentes, o que aumenta a chance de ser um fenômeno real a presença de um número significativo de células de Cianobactérias em etapas logo anteriores a desinfecção. O maior valor registrado foi de 225.321 cels/mL de *Microcystis* na ETA LAGOA DO CARRO em Pernambuco.

Tabela 38 - Dados da Vigilância de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água pré-desinfecção (ANEXO)

Ano	Município	Forma de Abastecimento	Nome da ETA/UTA	Gênero	Resultado (cels/mL)
2018	LAGOA DO CARRO (PE)	SAA	LAGOA DO CARRO	<i>Microcystis</i>	225.321
2016	GARANHUNS (PE)	SAA	ETA GARANHUNS	<i>Raphidiopsis</i>	223.528
2016	GARANHUNS (PE)	SAA	ETA GARANHUNS	<i>Microcystis</i>	185.434
2016	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Raphidiopsis</i>	174.953
2018	CARUARU (PE)	SAA	PETRÓPOLIS	<i>Cylindrospermopsis</i>	73.544
2016	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Microcystis</i>	66.021
2016	CARUARU (PE)	SAA	PETRÓPOLIS	<i>Raphidiopsis</i>	56.702
2017	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Planktothrix</i>	48.021
2018	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Planktothrix</i>	46.820
2016	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Planktothrix</i>	45.620
2016	CARUARU (PE)	SAA	SALGADO	<i>Raphidiopsis</i>	45.245
2018	SIMÕES FILHO (BA)	SAA	SUBURBANA	<i>Raphidiopsis</i>	37.795
2016	CARUARU (PE)	SAA	PETRÓPOLIS	<i>Planktothrix</i>	25.211



### 5.4.2.3 Saída de tratamento/pós-desinfecção

Como foi dito anteriormente, não é esperado encontrar qualquer gênero de Cianobactéria em águas tratadas. Porém como observado na Tabela 40 pode-se encontrar dados inseridos, no estado de Pernambuco, de cianobactérias em água pós-desinfecção.

Fazendo uma busca sobre informações das estações de tratamento de água (ETA) relacionada com esses casos notou-se que grande parte delas recebeu ou vai receber reformas de melhorias estruturais, essas informações podem ser observadas Tabela 39.

Tabela 39 – Dados ETA's relacionadas com as cianobactérias potencialmente tóxicas em água na saída de tratamento/pós-desinfecção

<b>Nome da Estação</b>	<b>Status da ETA</b>
ETA FEIRA NOVA	Local foi permanentemente fechado
ETA BEZERROS	Local recebeu reformas de melhoria
ETA GARANHUS	Local aberto normalmente/ sem informações de reformas
ETA LIMOEIRO	Local recebeu reformas de melhoria
ETA JUCAZINHO	Local aberto normalmente/ sem informações de reformas
ETA COMPESA	Local recebeu reformas de melhoria
ETA PETROPOLIS	Local recebeu reformas de melhoria
ETA SALGADO	Local recebeu reformas de melhoria

Tabela 40 - Dados da Vigilância de cianobactérias potencialmente tóxicas em água na saída de tratamento/pós-desinfecção por município.

<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Município</b>	<b>Procedência da Coleta</b>	<b>Gênero</b>	<b>Resultado (cels/mL)</b>
2017	5	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	20.409
2020	3	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	20.813
2016	11	BEZERROS	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	21.125
2018	7	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	21.399
2018	5	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis.</i>	24.130
2018	7	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	25.211
2016	4	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Microcystis</i>	28.674
2016	8	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	28.957
2016	5	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	30.013
2016	5	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix.</i>	30.613
2016	4	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Microcystis.</i>	31.399
2017	3	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Radiocystis</i>	33.179
2018	6	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Microcystis</i>	35.843
2020	11	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	36.473

2016	1	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Radiocystis</i>	38.601
2017	7	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	40.136
2015	10	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis.</i>	48.252
2016	4	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	52.094
2016	5	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	61.834
2016	2	SURUBIM	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Cylindrospermopsis</i>	63.951
2016	1	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	74.224
2020	4	CARUARU	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	78.098
2017	4	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	84.262
2015	11	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	93.506
2016	3	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	94.264
2016	5	LIMOEIRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	100.844
2017	5	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	103.497
2016	5	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	105.623
2016	3	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	111.000
2016	5	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	112.207

2016	3	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	115.827
2016	3	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	115.827
2016	1	LIMOEIRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	127.278
2015	10	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	139.261
2016	5	LIMOEIRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	143.785
2016	7	GARANHUNS	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	144.169
2016	1	LIMOEIRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix.</i>	146.464
2016	1	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	156.068
2016	3	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	169.274
2017	2	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	179.099
2016	4	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis.</i>	179.755
2016	3	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	205.289
2016	3	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	205.289
2016	1	SURUBIM	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	206.582
2016	4	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	211.292
2015	12	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	246.153

2016	1	SURUBIM	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix.</i>	252.110
2016	1	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	260.882
2017	6	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	266.885
2016	2	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis.</i>	267.424
2017	4	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	271.522
2015	12	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix.</i>	331.344
2016	2	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	348.151
2016	4	LAGOA DE ITAENGA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	412.979
2016	3	LAGOA DO CARRO	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	425.054
2016	4	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	435.051
2016	4	FEIRA NOVA	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix</i>	732.318
2016	2	SURUBIM	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Planktothrix.</i>	765.333
2016	2	SURUBIM	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Raphidiopsis</i>	1.116.035
2016	7	GARANHUNS	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	<i>Microcystis</i>	2.647.497

Como mostrado na Figura 26, nota-se que *Raphidiopsis* foi o gênero com mais dados inseridos. A quantidade de dados, por ano encontrado, de cada uma das cianobactérias assim como as suas faixas de concentração em células por mililitro estão resumidas na Tabelas 41 do Anexo F. O registro de maior número de células em amostra de água na saída de tratamento/pós-desinfecção foi de 2016 na ETA de Garanhuns-PE com mais de 2 milhões de células/mL de *Microcystis*. Houve mais um registro acima de 1 milhão de células/mL de *Raphidiopsis* que foi na ETA de Surubim – PE em 2016. E vale destacar que a maioria dos registros é de valores bem acima de 20.000 cels/mL, inclusive no ano recente de 2020.

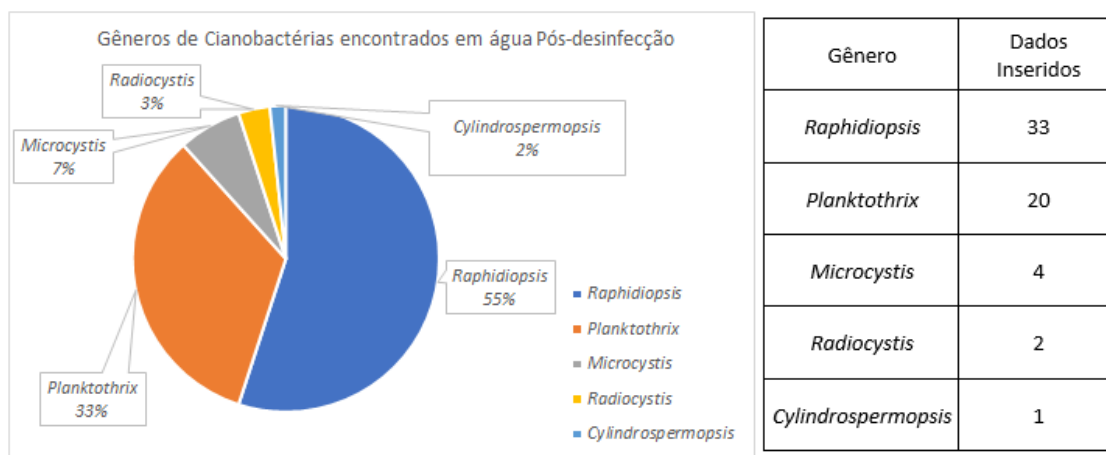


Figura 24 - Quantidade de dados para cada uma das cianobactérias potencialmente tóxicas em amostras de água na saída de tratamento/pós-desinfecção.

### 5.5 IDENTIFICAÇÃO DE DADOS INDICATIVOS DE RISCO (CIANOTOXINAS)

Com os resultados de Cianobactérias avaliados, o próximo passo foi procurar dados indicativos de risco para as Cianotoxinas. Para isso foi utilizado como parâmetro a portaria GM/MS nº 888 que estabelece os valores máximos permitidos (VMP) de cada uma das Cianotoxinas. Foi feita uma busca, nas planilhas do Controle e Vigilância, dividida novamente em manancial/pré-tratamento e pós-tratamento, para Cianotoxinas (Microcistina, Cilindrospermopsina, Saxitoxina e Anatoxina-a(s)) acima do VMP.

### 5.5.1 Manancial e Pré-Tratamento

Nessa avaliação foi possível encontrar dados no Controle e da Vigilância, e eles seguem o padrão de o Controle possuir mais informações inseridas nas suas planilhas. Para o Controle são diversos estados que inserem seus dados, diferentemente da Vigilância que, apesar de apresentar uma boa cobertura temporal, todas suas informações são referentes ao estado de Pernambuco. Nas Tabelas 42 e 43 pode-se encontrar as informações referentes a esses dados.

Tabela 22 – Dados do Controle de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento

Cianotoxinas > VMP (Controle)	
Dados inseridos (totais)	3.038
Cobertura temporal	2014 - 2021
Estados inseridos	17 - (AM, BA, CE, ES, GO, MG, MT, PB, PE, PR, RJ, RN, RO, RS, SC, SE e SP)
Tipo da forma de abastecimento	SAA
Cianotoxinas cadastradas	<i>Microcistina, Cilindrospermopsina, Saxitoxinas e Anatoxina-a(s)</i>
Faixa dos resultados de cianotoxinas inseridos ( $\mu\text{g/L}$ )	1,001 – 57,15

Tabela 23 – Dados da Vigilância de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento

Cianotoxinas > VMP (Vigilância)	
Dados inseridos (totais)	26
Cobertura temporal	2015 - 2019
Estados inseridos	1 – (PE)
Tipo da forma de abastecimento	SAA
Cianotoxinas cadastradas	<i>Microcistina</i>
Faixa dos resultados de cianotoxinas inseridos ( $\mu\text{g/L}$ )	1,09 – 25,77

As Figuras 27 e 28 representam a quantidade de dados por ano para cada uma das Cianotoxinas encontradas na água de manancial/pré-tratamento acima do VMP. Nota-se que, para o Controle, Cilindrospermopsina e Saxitoxinas apresentaram o mesmo ano de pico de informações inseridas, o que é diferente das Microcistinas e Anatoxinas-a(s) que

apresentaram uma quantidade maior de dados em anos diferentes. Apesar das suas particularidades, para todas as Cianotoxinas na água bruta registradas pelo Controle e Vigilância nota-se que a quantidade de dados inseridos foi caindo com o tempo.

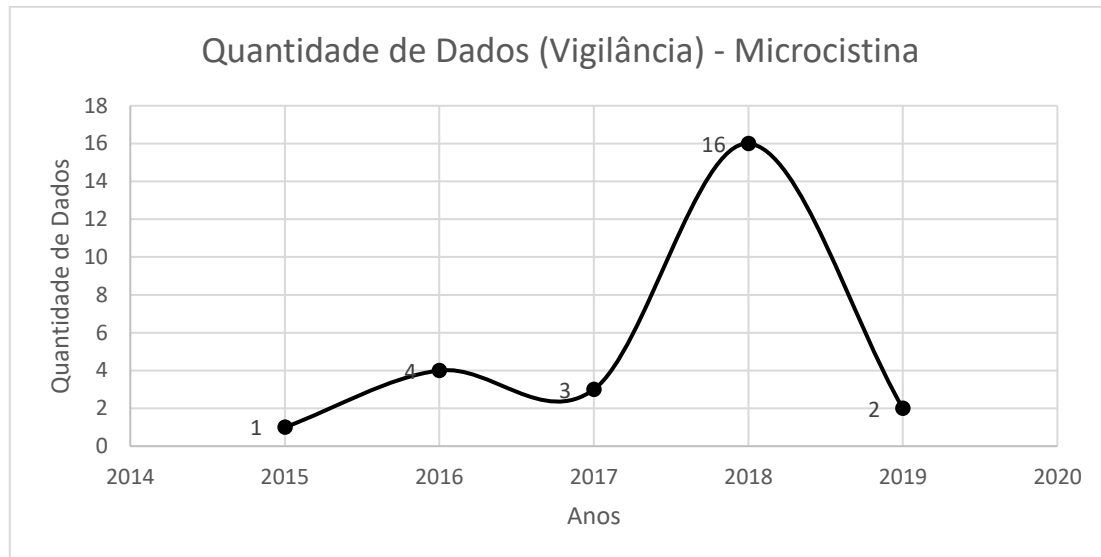


Figura 25 – Quantidade de dados por ano da Vigilância de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento. Dados registrados apenas no Estado de Pernambuco.



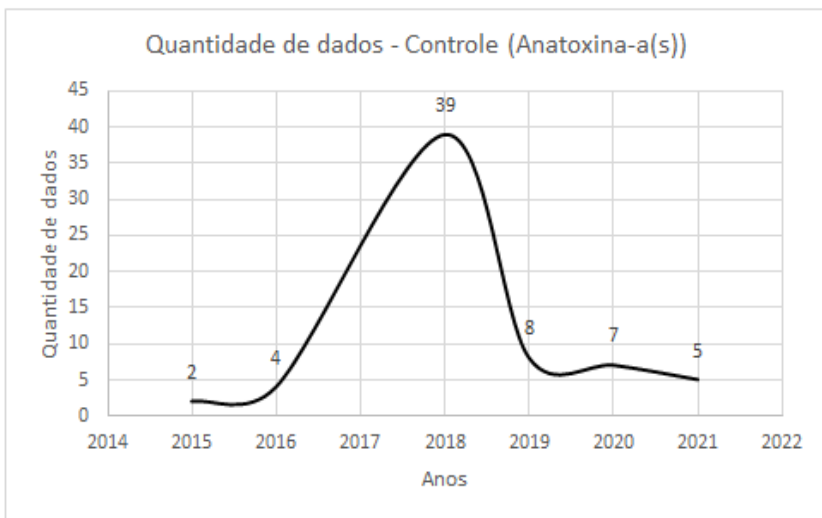
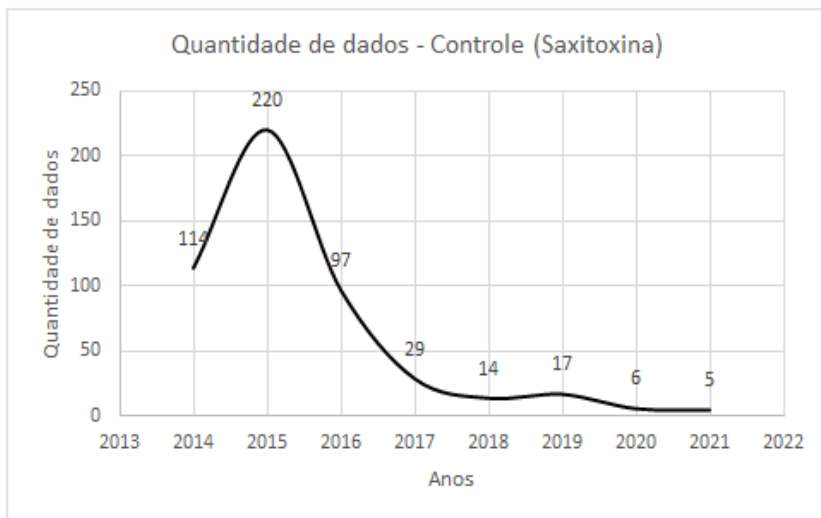
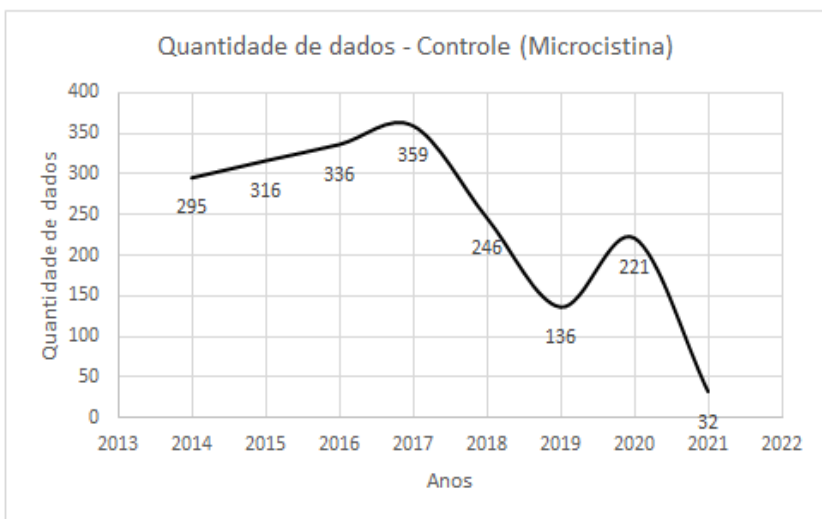
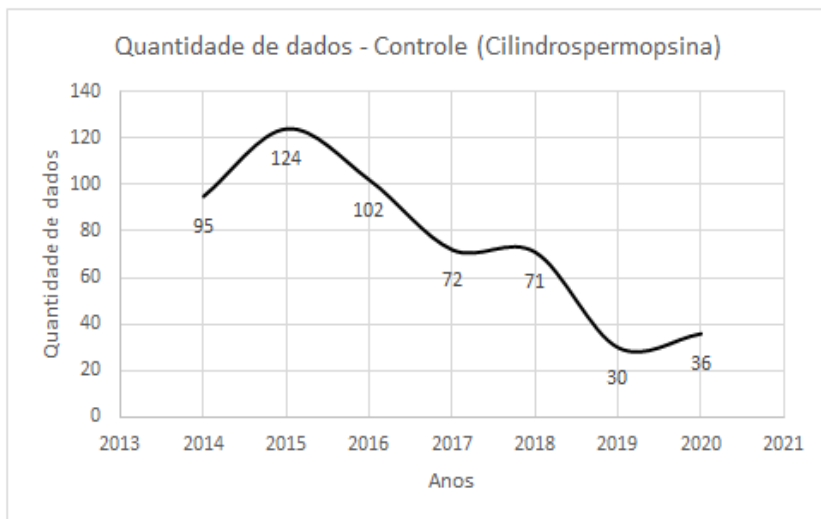


Figura 26 - Quantidade de dados por ano do Controle de cianotoxinas na água de manancial/pré-tratamento por ano.

Como foi visto acima, os dados da Vigilância representam apenas um estado e um tipo de Cianotoxina (Microcistina), já o Controle possui no total 17 estados inseridos. Assim, a Figura 29 representa cada uma das Cianotoxinas encontradas na planilha do Controle, por estado. Nota-se que apesar de várias companhias prestadoras de serviço inserirem seus dados, o Ceara foi responsável por grande parte das informações encontradas. A Tabela 44, 45 e 46 reúne todas as informações sobre esses dados no Anexo G. Foi possível observar um número significativo de registros de valores que podem ser considerados muito altos e bastante improváveis de se encontrar. De qualquer modo, chama a atenção a ocorrência de vários registros ao longo dos anos em diferentes estados com valores na ordem de  $10^2$  ug/L de Cianotoxina na água bruta.

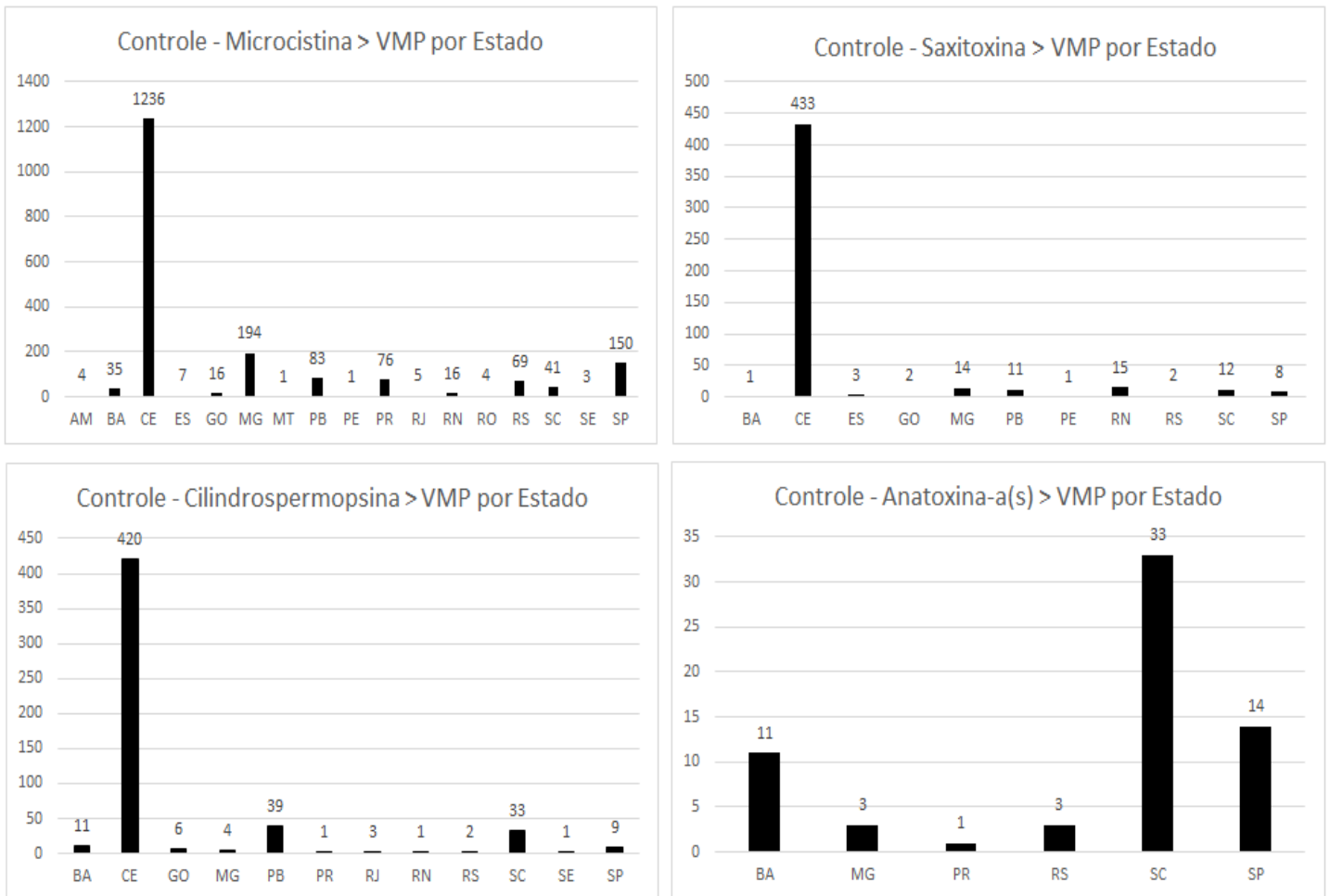


Figura 27 - Quantidade de dados de cada uma das cianotoxinas, registrados pelo Controle, em manancial/pré-tratamento por Estado

### 5.5.2 Rede de Distribuição / Pós-Tratamento

A Portaria MS nº 888/2021, como descrito anteriormente nesse documento, regulamenta o monitoramento e os níveis máximos permitidos (VMP) de Cianotoxinas na água pós-tratamento. Quando uma água apresenta, recorrentemente, valores de Cianotoxinas acima do permitido pela portaria de potabilidade, as companhias prestadoras de serviço automaticamente param o abastecimento, analisam as diversas etapas do tratamento e fazem os procedimentos necessários para adequá-la aos padrões exigidos. Com isso, é esperado que nunca se tenha Cianotoxinas em valores acima dos VMP na água tratada. Por esse motivo, as companhias prestadoras de serviço não registram no SISAGUA os valores de Cianotoxinas na água pós-tratamento que eventualmente ocorram acima do VMP. A Vigilância cadastraria, se encontrasse em suas coletas, esses dados no SISAGUA. Analisando os dados inseridos na planilha da Vigilância, encontrou-se esses registros que podem ser observados na Tabela 47.

Tabela 24- Informações, por município, de cianotoxinas encontrada pela Vigilância na água pós-tratamento/rede de distribuição

Local	Ano	Município	Motivo da coleta	Local	Gênero	Resultado
ES	2018	LINHARES	Desastre	Povoado/Lugarejo	Microcistinas (µg/L)	2,9
MG	2016	VERISSIMO	Rotina	Cavalete/Hidrômetro	Microcistinas (µg/L)	5
MG	2016	VERISSIMO	Rotina	Cavalete/Hidrômetro	Cilindrospermopsinas (µg/L)	5
MG	2016	VERISSIMO	Rotina	Cavalete/Hidrômetro	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	5

## **5.6 POSSÍVEIS ERROS NOS DADOS INSERIDOS NO SISAGUA**

Recentemente o portal UOL Notícias, através do Repórter Brasil, publicou uma reportagem sobre um estudo que identificava os registros de substâncias químicas e radioativas, como os trihalometanos, ácidos haloacéticos, diclorometano, urano, níquel entre outras, na água pós-tratamento, acima do limite estabelecido pela atual portaria de potabilidade. Esse estudo analisou os dados inseridos pelas companhias e órgãos responsáveis pelo abastecimento no SISAGUA. Ou seja, o Repórter Brasil fez análises dos dados inseridos nas planilhas do Controle e Vigilância.

Esse estudo ganhou uma grande repercussão fazendo com que várias companhias prestadoras de serviço e vigilâncias municipais entrassem em contato retratando-se sobre alguns valores encontrados. Segundo alguns Controles e Vigilâncias alguns dados foram inseridos no sistema de maneira incorreta, ou seja, o responsável errava casas decimais, unidades e medidas, o que trazia uma informação não condizente com a realidade. Inclusive, alguns deles enviaram relatórios que demonstravam que os dados realmente estavam incorretos.

Neste presente trabalho, durante a análise nas planilhas, do Controle e Vigilância referentes às Cianotoxinas e Cianobactérias também pôde-se identificar dados inseridos que provavelmente possuem algum tipo de erro, pois, dificilmente condizem com a realidade. As tabelas com alguns exemplos dessas informações são apresentadas a seguir.

Um primeiro exemplo de dado duvidoso pode ser observado na Tabela 48 que mostra um registro por parte do Controle de 195µg/L de Microcistinas, e no mesmo dia e local foram identificados os gêneros *Cylindropermopsis* e *Geitlerinema*, até o momento do presente estudo não se tem comprovações desses gêneros como sendo produtores de Microcistina.

Tabela 25 – Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) - ITABAINA

<b>Natureza do dado</b>	<b>UF</b>	<b>Município</b>	<b>Abastecimento</b>	<b>Data</b>	<b>Manancial</b>	<b>Grupo</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Resultado</b>
Controle	PB	ITABAINA	SAA	21/02/2020	Rio Paraíba	Cianobactérias	<i>Cylindropermopsis (cels/mL)</i>	11.117
Controle	PB	ITABAINA	SAA	21/02/2020	Rio Paraíba	Cianobactérias	<i>Geitlerinema (cels/mL)</i>	7.818
Controle	PB	ITABAINA	SAA	21/02/2020	Rio Paraíba	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	195

A tabela 49 mostra dados do estado de Goiás, todos no município de Jussara, e para esse local tem-se vários registros em valores muito altos de diferentes Cianotoxinas, chamando atenção para o fato de serem diferentes Cianotoxinas com exatamente o mesmo valor.

Tabela 26 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) - Jussara

<b>Natureza do dado</b>	<b>UF</b>	<b>Município</b>	<b>Abastecimento</b>	<b>Data</b>	<b>Manancial</b>	<b>Grupo</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Resultado</b>
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Saxitoxina (µg/L)	43.503
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Cilindrospermopsina (µg/L)	43.503
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Microcistina (µg/L)	43.503
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Saxitoxina (µg/L)	43.475
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Cilindrospermopsina (µg/L)	43.475
Controle	GO	JUSSARA	SAA	07/02/2019	RIBEIRAO ÁGUA LIMPA	Cianotoxinas	Microcistina (µg/L)	43.475

A Tabela 50 mostra valores do estado do Rio de Janeiro e São Paulo, de diferentes municípios, onde o Controle além de não informar qual foi o tipo de coleta (pré-tratamento ou pós-tratamento) também não informa qual foi o manancial dessa coleta, ou seja, o preenchimento da planilha não está completo, tornando o dado não representativo.

Tabela 27 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle) – Rio de Janeiro e São Paulo

Natureza do dado	UF	Município	Abastecimento	Data	Manancial	Grupo	Parâmetro	Resultado
Controle	RJ	VASSOURAS	SAA	12/03/2019	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	18536
Controle	RJ	VASSOURAS	SAA	06/08/2019	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	10405
Controle	RJ	PATY DO ALFERES	SAA	04/01/2017	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	528
Controle	SP	ITAPIRA	SAC	06/07/2017	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	9000
Controle	SP	SAO CARLOS	SAA	24/03/2017	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	1353
Controle	SP	SAO CARLOS	SAA	24/03/2017	Não informado	Cianotoxinas	<i>Microcistina (µg/L)</i>	671
Controle	SP	IPEUNA	SAA	01/10/2020	Não informado	Cianotoxinas	<i>Cilindrospermopsina (µg/L)</i>	6833

A tabela 51 mostra registros para o município de Machalis em Minas Gerais onde é informado por parte da Vigilância dados de Cianobactérias, todos com o mesmo valor de 100 cels/mL. Além disso, é indicado que esses dados são de coletas em cavaletes/hidrômetros e foram encontradas microcistinas, todas com o valor de 100 µg/L. Ou seja, além de todos os dados, de Cianotoxinas e Cianobactérias, apresentarem o mesmo valor, o que é bastante improvável, essa alta quantidade de toxina não é coerente com um baixo valor de células por mililitro.

Tabela 28 - Registro de dados inseridos passíveis de erro (Controle e Vigilância) – Machalis

<b>Natureza do dado</b>	<b>Local</b>	<b>Data</b>	<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Tipo da Forma de Abastecimento</b>	<b>Nome do Manancial</b>	<b>Parâmetro (cianobactérias)</b>	<b>Resultado</b>
Vigilância	MACHACALIS	2017	AVENIDA MONTE PASCOAL 147	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Vigilância	MACHACALIS	2017	AV MONTE PASCOAL 147	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Vigilância	MACHACALIS	2018	RUA EXUPERIO	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Vigilância	MACHACALIS	2018	JUVENCIO SILVA	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Vigilância	MACHACALIS	2018	RUA IPIRINGA 374	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Vigilância	MACHACALIS	2018	CRECHE VOVO NORA	SAA	Não informado	Microcistinas (µg/L)	100
Controle	MACHACALIS	2020	SUPERFICIAL	SAA	Córrego do Norte	Anabaena (cels/mL)	100
Controle	MACHACALIS	2020	SUPERFICIAL	SAA	Córrego do Norte	Anabaena (cels/mL)	100



## **5.7 ASSOCIAÇÃO ENTRE DADOS DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH) E SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (SISAGUA)**

Para essa análise, utilizou-se novamente as planilhas do SISAGUA, e primeiramente foi filtrado nas planilhas de Cianobactérias apenas os gêneros potencialmente tóxicos, de modo que ela apresentasse os valores inseridos acima de 1.000.000 cels/mL. Nas planilhas de Cianotoxinas o filtro buscou os valores inseridos acima de 1µg/L. Ao total são 4 planilhas, 2 de Cianobactérias (Controle e Vigilância) e 2 de Cianotoxinas (Controle e Vigilância), e a associação entre os dados das plataformas foi feita com os 10 maiores valores, de cada planilha do SISAGUA, possíveis de serem relacionados com os dados encontrados no SNIRH. Os municípios onde foi possível fazer essa comparação e análise de dados de seus mananciais foram: Itapiúna (CE), Capistrano (CE), Pentecostes (CE), Iracema (CE), Feira Nova (PE), Lagoa do Carro (PE), Lagoa de Itaenga (PE), Limoeiro (PE) e São Lourenço da Mata (PE).

No portal do SNIRH foram utilizados os mapas interativos (Figura 7). O primeiro mapa, de qualidade da água, traz monitoramento dos parâmetros: fósforo total, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), índice de qualidade de água (IQA) e *Escherichia coli*. Essa plataforma fornece para cada parâmetro a classificação de qualidade para cada um dos valores encontrados (Tabela 52). O segundo mapa, de usos da água, mostra as demandas, dos mananciais cadastrados, referentes ao abastecimento de água urbano e rural, irrigação e hidroeletricidade.

O SNIRH possui dados inseridos até o ano de 2018, sendo que eles são representados de duas formas: como média histórica ou ano a ano. O SISAGUA possui dados inseridos de 2014 a 2021. Assim para que a comparação das informações dessas duas plataformas fosse mais precisa optou-se por excluir os dados de antes de 2014 e depois de 2018.

Tabela 29 – Forma na qual o SNIRH avalia seus parâmetros de qualidade da água

<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>	<b>Fósforo Total</b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>
Até 2 mg/L	Muito Ruim		Acima de 0,15 mg/L	Muito Ruim		Acima de 100 NTU	Muito Ruim	
2 - 4 mg/L	Ruim		0,05 - 0,15 mg/L	Ruim		40 - 100 NTU	Ruim	
4 - 5 mg/L	Médio		0,03 - 0,05 mg/L	Médio		20 - 40 NTU	Médio	
5 - 6 mg/L	Bom		0,02 - 0,03 mg/L	Bom		10 - 20 NTU	Bom	
Acima de 6 mg/L	Muito Bom		Até 0,02 mg/L	Muito Bom		Até 10 NTU	Muito Bom	
<b>DBO</b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>	<b>IQA</b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>	<b><i>E.Coli</i></b>	<b>Classificação</b>	<b>Representação</b>
Acima de 20 mg/L	Muito Ruim		0 - 19	Muito Ruim		Acima 4000 NMP	Muito Ruim	
10 - 20 mg/L	Ruim		> 19 - 36	Ruim		2500 - 4000 NMP	Ruim	
5 - 10 mg/L	Médio		> 36 - 51	Médio		1000 - 2500 NMP	Médio	
3 - 5 mg/L	Bom		> 51 - 79	Bom		200 - 1000 NMP	Bom	
0 - 3 mg/L	Muito Bom		> 79 - 100	Muito Bom		Até 200 NMP	Muito Bom	

### 5.7.1 Ceará – Itapiúna

O primeiro local é Itapiúna e seu manancial Açude Castro (Figura 30, Anexo H). Para ele existem dados do ano de 2016 inseridos pelo Controle com altos valores de *Cylindrospermopsis* (Tabela 53).

Tabela 30 – Dados do controle referente as cianobactérias em Itapiúna no Açude Castro para o ano de 2016.

Estado	Município	Forma de abastecimento
CEARA	ITAPIUNA - Açude Castro	SAA
<b>Registros - Cianobactérias (Controle)</b>		
Data	Gênero	Resultado (cels/mL)
set/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	14365000*
set/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	12677280*
out/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	6289920**
out/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	559680**
out/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	111790**
nov/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	95900***

\*Os dados do Controle para o mês de setembro/2016 nesse esse ponto de coleta indicam registros de Saxitoxinas com as respectivas concentrações (Saxitoxina-2.31µg/L; Saxitoxina- 1.89µg/L e Saxitoxina – 1.83 µg/L).

\*\*Os dados do Controle para o mês de outubro/2016 nesse esse ponto de coleta indicam registros de Saxitoxinas com as respectivas concentrações (Saxitoxina-2.18µg/L; Saxitoxina- 2.01µg/L e Saxitoxina – 1.45 µg/L).

\*\*\*Os dados do Controle para o mês de novembro/2016 nesse esse ponto de coleta indicam registros de Saxitoxinas com as respectivas concentrações (Saxitoxina-1.74µg/L; Saxitoxina- 1.58µg/L e Saxitoxina – 1.40 µg/L).

Para esse ano e local é possível encontrar dados no SNIRH (Tabela 54), nota-se que o principal uso desse manancial é consumo humano urbano. De maneira geral, de acordo com seus parâmetros, ele está classificado com água com uma qualidade ruim. O SNIRH fornece o valor médio de fósforo total e, segundo a Tabela 2, o local enquadra-se como hipereutrófico. Para confirmar essa suposição, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) segundo a fórmula de Lamparelli (Equação 6). O Resultado do IET foi 68.38, e segundo a classificação de Lamparelli (Tabela 6) o local também é enquadrado como Hipereutrófico.

De acordo com os dados do SISAGUA e o do SNIRH juntamente com o cálculo do IET o local apresenta uma água que tende a ter elevadas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e florações de algas o que traz consequências indesejáveis para os múltiplos usos da água.

Tabela 31 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Castro com valores médios do ano de 2016

<b>Estado</b>	<b>Município</b>	<b>Forma de abastecimento</b>
CEARA	ITAPIUNA	SAA
<b>Registros - SNIRH (2016)</b>		
Manancial	Açude Castro	
Regime	Lêntico	
OD (média) - mg/L	3,86	24 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,27	33 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	41,08	32 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	10,44	30 amostras (totais)
IQA (média)	60,67	6 amostras (totais)
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Consumo Humano Urbano	

Em 2007, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) fez o estudo “Inventário Ambiental do Açude Castro: Fatores Condicionantes da Qualidade das Águas”, nesse estudo é dito que o IQA daquela época indicava que as águas do açude Castro eram classificadas como ruim a regular quando consideradas para o abastecimento público. O estudo diz também que nos anos de 2001 e 2002, com o açude recém-construído, já se tinha a indicação de eutrofização e, em 2007, segundo os cálculos do índice de estado trófico o local era descrito como eutrofizado. É apontado que as cargas difusas são as principais causas do alto nível de fósforo no local, sendo a pecuária extensiva a fonte difusa mais expressiva. Eles concluem dizendo que o estado eutrofizado do Açude Castro estava fora do limite tolerável para abastecimento público e que seria necessário definir ações, de curto e médio prazo, que contribuam para a redução da carga de nutrientes ao açude Castro, na tentativa de melhorar as condições da água ofertada ao abastecimento público. Os resultados de 2016 mostram que, aparentemente, as águas do Açude Castro ainda não estão em níveis considerados bons para o abastecimento público.

### 5.7.2 Ceará – Capistrano

Capistrano e seu manancial Açude Pesqueiro (Figura 31, Anexo H), possuem dados para os anos de 2016 e 2017 inseridos pelo Controle com altos valores de *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix* (Tabela 55) na água bruta.

Tabela 32 - Dados do controle referente as cianobactérias em Capistrano no Açude Pesqueiro para o ano de 2016/2017.

Estado	Município	Forma de abastecimento
CEARA	Capistrano - Açude Pesqueiro	SAA
<b>Registros - Cianobactérias (Controle)</b>		
Data	Gênero	Resultado (cels/mL)
jan/17	<i>Cylindrospermopsis</i>	12598950*
jan/17	<i>Cylindrospermopsis</i>	9866250*
out/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	8068400
dez/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	6909500**
dez/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	5911080**
dez/16	<i>Cylindrospermopsis</i>	5784480**
out/16	<i>Planktothrix</i>	2293588

\*Existem dados do Controle para o mês de janeiro/2017 nesse esse ponto que coleta indicam registros de Saxitoxinas com as respectivas concentrações (Saxitoxina-2.02µg/L; Saxitoxina- 1.98µg/L e Saxitoxina – 1.17 µg/L e Saxitoxina – 1.16 µg/L).

\*\*Existem dados do Controle para o mês de dezembro/2016 nesse esse ponto de coleta que indicam registros de Saxitoxinas com as respectivas concentrações (Saxitoxina-1.09µg/L; Saxitoxina- 1.08µg/L e Saxitoxina – 1.07 µg/L).

Para esse período e local é possível encontrar dados no SNIRH (Tabela 56), e analisando a tabela nota-se que o Açude Pesqueiro possui diversos usos, tendo como foco o consumo humano rural e a agricultura irrigada. De maneira geral, os parâmetros desse período analisado indicam uma qualidade da água média/ruim, e é cadastrado um bom índice de qualidade da água. Porém, como foi visto na Fundamentação Teórica este índice pode ser afetado por variações climáticas e ele não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e outras substâncias que interferem na qualidade da água.

Separadamente valor de DBO está perto do limite estabelecido pela resolução nº 357 do CONAMA, de 10 mg/L, para ser enquadrado como um corpo hídrico classe 3, onde ainda pode-se ter o abastecimento para consumo humano após o tratamento convencional.

Com o valor de fósforo total foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) segundo a fórmula de Lamparelli (Equação 6). O Resultado foi do IET foi 65.06 e segundo a classificação de Lamparelli (Tabela 6) o local é enquadrado como supereutrófico.

Geralmente águas com uma boa qualidade apresentam concentrações de OD mais elevadas, superiores a 5 mg/L, e o valor de 4 mg/L cadastrado pode representar uma água com uma qualidade não muito boa tornando até mesmo inviável a sobrevivência de certas espécies de peixes.

Os dados do SISAGUA e o do SNIRH juntamente com o cálculo do IET, estão coerentes e indicam um corpo hídrico afetado por atividades antrópica, que tende a apresentar alterações indesejáveis na sua qualidade, como florações de microalgas, podendo causar interferência em seus múltiplos usos.

Tabela 33 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Pesqueiro com valores médios do ano de 2016/17

<b>Estado</b>	<b>Município</b>	<b>Forma de abastecimento</b>
CEARA	Capistrano	SAA
<b>Registros - SNIRH (2016)</b>		
Manancial	Açude Pesqueiro	
Regime	Lótico	
OD (média) - mg/L	4	16 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,156	20 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	26,38	22 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	9,02	21 amostras (totais)
IQA (média)	64,09	10 amostras (totais)
<i>E.coli</i> (média) - NMP	87,75	19 amostras (totais)
Principal Uso do Manancial	Consumo Humano Rural / Agricultura Irrigada	

### 5.7.3 Ceará – Pentecostes

Pentecostes e seu manancial Açude Pereira de Miranda (Figura 32, Anexo H), possuem dados para o ano de 2015 inseridos pelo Controle com altos valores de Microcistina, Saxitoxinas e Cilindrospermopsinas (Tabela 57).

Tabela 34 - Dados do Controle referente às cianotoxinas em Pentecostes no Açude Pereira de Miranda para o ano de 2015.

Estado	Município	Forma de abastecimento
CEARA	Pentecostes - Açude Pereira de Miranda	SAA
<b>Registros - Cianotoxinas (Controle)</b>		
Data	Cianotoxinas	Intervalo de Concentração - (µg/L)
jul/15	Microcistina - 4 registros	46 - 315*
jul/15	Saxitoxina - 2 registros	9 - 10*
jun/15	Microcistina - 2 registros	1,61 - 2,26
ago/15	Microcistina - 3 registros	6 - 257**
ago/15	Cilindrospermopsina – 1 registro	6**
ago/15	Saxitoxina - 3 registros	9 - 16**
set/15	Microcistina – 4 registros	21 - 47***
set/15	Cilindrospermopsina - 1 registro	7***
set/15	Saxitoxina - 3 registros	12 - 19***

\*Existem dados do Controle para o mês de julho/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com as respectivas concentrações 344.229 cels/mL e 255.786 cels/mL sem indicar gêneros.

\*\*Existem dados do Controle para o mês de agosto/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com as respectivas concentrações 154.763 cels/mL e 141.985 cels/mL sem indicar gêneros.

\*\*\*Existem dados do Controle para o mês de agosto/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registro de cianobactérias com a respectiva concentração 197.391 cels/mL sem indicar gêneros.

Para esse ano e local é possível encontrar dados no SNIRH (Tabela 58), analisando a tabela nota-se que o Açude Pereira de Miranda tem como seu principal uso o abastecimento humano urbano. Com o valor de fósforo total foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) segundo a fórmula de Lamparelli (Equação 6) o resultado foi 64.82 sendo o local enquadrado como supereutrófico. O alto valor de DBO encontrado pode corroborar com esse posicionamento. Nota-se que o oxigênio dissolvido apresentou valor enquadrado como muito bom, porém, como foi visto no item 3.2.3 da Fundamentação Teórica, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas, onde ocorre o acúmulo

de microalgas na superfície, isso faz com que, durante o dia, devido a fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados, por outro lado, durante a noite, não ocorre esse fenômeno, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante (ANA, 2020).

Tabela 35 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Açude Pereira de Miranda com valores médios do ano de 2015.

<b>Estado</b>	<b>Município</b>	<b>Forma de abastecimento</b>
CEARA	Pentecostes	SAA
<b>Registros - SNIRH (2015)</b>		
Manancial	Açude Pereira de Miranda	
Regime	Lêntico	
OD (média) - mg/L	6,21	24 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,15	30 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	38,58	29 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	8,06	23 amostras (totais)
IQA (média)	-	-
<i>E.coli</i> (média) - NMP	2,55	18 amostras (totais)
Principal Uso do Manancial	Consumo Humano Urbano	

Em 2010, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) fez o estudo “Qualidade da Água do Açude Pereira de Miranda, Ceará: Avaliação e Recomendações”. Nele foi constatado que há poluição causada pelo lançamento de esgoto doméstico, empreendimentos de pisciculturas, pecuária e agricultura no açude. Esse estudo mostra dados de anos anteriores a 2010 onde o reservatório variou de mesotrófico a hipereutrófico. Na conclusão foi dito que, o uso preponderante do açude é o abastecimento urbano, mas o mesmo encontrava-se em estado de eutrofização, necessitando de urgência em uma série de ações para melhoria de suas águas.

Os dados do SISAGUA, do SNIRH e o cálculo do IET foram coerentes para esse corpo hídrico, apontando em 2015 uma qualidade de água que poderia representar um risco para a saúde pública se fosse utilizada sem os cuidados adequados.



A Figura 32 (Anexo H) mostra o mapa de localização de Pentecostes, o ponto marcado no Manancial possui a mesma localização do mostrado no SNIRH, ou seja, provavelmente nele que foram retiradas as amostras para serem feitas as devidas análises dos parâmetros.

#### 5.7.4 Ceará – Iracema

Iracema e seu manancial Açude Ema (Figura 33, Anexo H), possuem dados para o ano de 2015 inseridos pelo Controle com altos valores de Cilindropermopsinas (Tabela 59) na água bruta.

Tabela 36 - Dados do controle referente às cianotoxinas em Iracema no Açude Ema para o ano de 2015.

<b>Estado</b>	<b>Município</b>	<b>Forma de abastecimento</b>
CEARA	Iracema - Açude Ema	SAA
<b>Registros - Cianotoxinas (Controle)</b>		
Data	Cianotoxinas	Intervalo de Concentração - ( $\mu\text{g/L}$ )
jul/15	Cilindropermopsina – 4 registros	62,84 - 96,07*
mar/15	Cilindropermopsina – 3 registros	50,21 - 81,09**
abr/15	Cilindropermopsina – 3 registros	23,89 - 56,97***
jun/15	Cilindropermopsina – 4 registros	12,28 - 46,93
mai/15	Cilindropermopsina – 1 registro	13,97

\*Existem dados do Controle para o mês de julho/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com as respectivas concentrações 4.177.051 cels/mL; 984.932 cels/mL e 640.804 cels/mL sem indicar gêneros;

\*\*Existem dados do Controle para o mês de março/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com as respectivas concentrações 343.826 cels/mL e 589.951 cels/mL sem indicar gêneros;

\*\*\*Existem dados do Controle para o mês de abril/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com a respectiva concentração 457.027 cels/mL sem indicar gêneros;

\*\*\*\*Existem dados do Controle para o mês de agosto/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com a respectiva concentração 1.614.468 cels/mL e 2.333.155 cels/mL sem indicar gêneros;

\*\*\*\*\*Existem dados do Controle para o mês de junho/2015 nesse esse ponto de coleta indicam registros de cianobactérias com a respectiva concentração 609.363 cels/mL e 846.293 cels/mL sem indicar gêneros.

Para esse ano e local é possível encontrar dados no SNIRH (Tabela 60), analisando a tabela nota-se que o Açude Ema tem como seu principal uso o abastecimento animal. Com o valor de fósforo total, o Índice de Estado Trófico (IET) resultou em foi 68.81, sendo o local enquadrado como hipereutrófico. O alto valor de DBO encontrado pode corroborar com esse posicionamento. Nota-se que o oxigênio dissolvido apresentou valor enquadrado como muito bom, mas que pode ser explicado pela eutrofização e biomassa de microalgas na superfície como mencionado anteriormente.

Tabela 37 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para Açude ema com valores médios do ano de 2015

<b>Estado</b>	<b>Município</b>	<b>Forma de abastecimento</b>
CEARA	Iracema	SAA
<b>Registros - SNIRH (2015)</b>		
Manancial	Açude Ema	
Regime	Lêntico	
OD (média) - mg/L	13,19	9 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,29	16 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	62,84	15 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	17,87	9 amostras 2016 (totais)
IQA (média)	-	-
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Abastecimento Animal	

Os dados do SISAGUA, do SNIRH e o cálculo do IET foram coerentes para esse corpo hídrico, apontando em 2015 uma qualidade de água que poderia representar um risco para a saúde dos animais que a utilizam para desdentação. Segundo WHO (2021) existem poucos resultados disponíveis para estudos de transferência de Microcistinas para leite ou carne. Considerando a possível transferência de cianotoxinas para o leite, tal fenômeno poderia ser estudado nessa região para avaliar possíveis riscos para a saúde humana local. A Figura 33 mostra o mapa de localização de Iracema, o ponto marcado no Manancial possui a mesma localização do mostrado no SNIRH, ou seja, provavelmente nele que foram retiradas as amostras para serem feitas as devidas análises dos parâmetros.

### 5.7.4 Pernambuco – Feira Nova/ Lago do Carro / Lagoa de Itaenga e Limoeiro

Os municípios de Feira Nova, Lagoa do Carro, Lagoa de Itaenga e Limoeiro utilizam como manancial a Barragem Carpina (Figura 34, Anexo H). Para esses locais, pode-se encontrar dados para o ano de 2016 inseridos pela Vigilância com altos valores de *Raphidiopsis* (Tabela 61).

Tabela 38 - Dados da Vigilância referente as cianobactérias para Barragem do Carpina para o ano de 2016.

Local	Data	Gênero	Resultado (cels/mL)
FEIRA NOVA	mar/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.931.224
FEIRA NOVA	out/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.399.070
FEIRA NOVA	dez/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.089.358
LAGOA DO CARRO	fev/16	<i>Raphidiopsis</i>	3.222.617
LAGOA DO CARRO	abr/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.006.206
LAGOA DE ITAENGA	abr/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.941.998
LAGOA DE ITAENGA	jan/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.158.273
LAGOA DE ITAENGA	fev/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.147.918
LIMOEIRO	mai/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.575.570
LIMOEIRO	out/16	<i>Raphidiopsis</i>	1.500.267

OBS 1: Para o ano de 2016 não foram encontrados valores de cianotoxinas acima do estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888

Para esses locais foi possível também encontrar dados de cianotoxinas, para o ano de 2018, acima do VMP (Tabela 62).

Tabela 39 - Dados da vigilância referente às cianotoxinas para Barragem do Carpina para o ano de 2016

Registros - Cianotoxinas (Vigilância)			
Local	Data	Gênero	Resultado
LAGOA DO CARRO	mar/18	Microcistina (µg/L)	6,64**
LAGOA DE ITAENGA	mar/18	Microcistina (µg/L)	5,21**
LAGOA DO CARRO	abr/18	Microcistina (µg/L)	2,39*
LAGOA DE ITAENGA	abr/18	Microcistina (µg/L)	2,39*
FEIRA NOVA	abr/18	Microcistina (µg/L)	2,21*
LIMOEIRO	abr/18	Microcistina (µg/L)	1,56*
LIMOEIRO	mar/18	Microcistina (µg/L)	1,46**

\*Os dados de Vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam o seguinte gênero de cianobactéria com a respectiva concentração de células (*Microcystis*-225.321 cels/mL).

\*Os dados de Vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam o seguinte gênero de cianobactéria com a respectiva concentração de células (*Microcystis*-205.311 cels/mL).

A Tabela 63 mostra para os anos de 2016 e 2018 os resultados dos parâmetros de qualidade da água para a Barragem do Carpina. Nota-se que entre os valores inseridos, de maneira geral, a classificação dos parâmetros é boa/muito boa. Porém, o fósforo apresenta, inicialmente, um valor alto e que subiu com o passar dos anos. Com o valor de fósforo total foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET), segundo a fórmula de Lamparelli (Equação 6), para os anos de 2016 e 2018 o resultado foi de 70,76 e 73,12 respectivamente, sendo o local enquadrado como hipereutrófico.

Tabela 40 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para a Barragem do Carpina com valores médios dos anos de 2016 e 2018.

<b>Registros - SNIRH (2016)</b>		
Manancial	Barragem Carpina	
Regime	Lêntico	
OD (média) - mg/L	6,6	39 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,4	39 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	12,17	39 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	3,37	39 amostras (totais)
IQA (média)	-	-
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Agricultura Irrigada / Consumo Humano Urbano	
<b>Registros - SNIRH (2018)</b>		
Manancial	Barragem Carpina	
Regime	Lêntico	
OD (média) - mg/L	10,7	4 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,59	4 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	3,38	4 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	2,7	4 amostras (totais)
IQA (média)	71,28	4 amostras (totais)
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Agricultura Irrigada / Consumo Humano Urbano	

Chaves *et al.* (2020) fizeram o estudo “Avaliação da Qualidade da Água de Mananciais do Estado de Pernambuco por caracterização de parâmetros físico-químicos” onde foram feitas análises estatísticas em dados referentes a medições mensais no ano de 2017. Os parâmetros físico-químicos estudados foram disponibilizados e analisados pela Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa. A Barragem do Carpina apresentou altos valores de condutividade elétrica, salinidade, cloreto, alcalinidade e nitrato, e notou-se também que os níveis de fosfato estavam acima do permitido pela legislação vigente. Nesse estudo concluiu-se que a Barragem Carpina apresentou, quando comparado aos outros corpos hídricos, os níveis mais críticos dos parâmetros físico-químicos avaliados, segundo os dados obtidos para o ano de 2017.

Portanto, pode-se concluir que os valores de Cianobactérias e Cianotoxinas registrados para esse corpo hídrico no SISAGUA são coerentes com o que indica os dados de qualidade de água do SNIRH e o estudo de Chaves e colaboradores (2020).

A Figura 34 (Anexo XX) mostra o mapa de localização dos municípios relacionados com a Barragem do Carpina sendo que o ponto marcado no Manancial possui a mesma localização do mostrado no SNIRH, ou seja, provavelmente nele que foram retiradas as amostras para serem feitas as devidas análises dos parâmetros.

### 5.7.4 Pernambuco – São Lourenço da Mata

São Lourenço da Mata possui vários corpos hídricos perto de seu perímetro e, um dos que ele utiliza é o Rio Tapacurá (Figura 35, Anexo H). Para esse local, pode-se encontrar dados para os anos de 2017 e 2018 inseridos pela Vigilância com altos valores de Microcistinas (Tabela 64).

Tabela 41 - Dados da Vigilância referente às cianotoxinas para o Rio Tapacurá

Estado	Município	Forma de abastecimento
Pernambuco	São Lourenço da Mata - Rio Tapacurá	SAA
Registros - Cianotoxinas (Vigilância)		
Data	Gênero	Resultado
jan/17	Miscrocistinas (µg/L)	25,77*
fev/17	Miscrocistinas (µg/L)	8,2
ago/18	Miscrocistinas (µg/L)	5,91
set/18	Miscrocistinas (µg/L)	4
jul/18	Miscrocistinas (µg/L)	3,93
nov/18	Miscrocistinas (µg/L)	1,15**
out/18	Miscrocistinas (µg/L)	1,09

\*Os dados de Vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam o seguinte gênero de cianobactéria com a respectiva concentração de células (*Microcystis*-319.246 cels/mL) - Para o outro mês de tabela 68 referentes a 2017 não se tem registros de cianobactérias por parte do Controle ou Vigilância.

\*\*Os dados de Vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam o seguinte gênero de cianobactéria com a respectiva concentração de células (*Microcystis*-112.005 cels/mL; *Raphidiopsis*-254.077 cels/mL e *Planktothrix* 93.881 cels/mL) – Para os outros meses de tabela 68 referentes a 2018 não se tem registros de cianobactérias por parte do Controle ou Vigilância.

Para esse ano e local é possível encontrar dados no SNIRH (Tabela 65), analisando a tabela nota-se que o manancial tem como seu principal uso o consumo humano urbano. Com os valores de fósforo total, foram calculados o Índice de Estado Trófico (IET) segundo a fórmula de Lamparelli (Equação 6) para os anos de 2017 e 2018 sendo eles 79,24 e 75,74 respectivamente. Se for observado apenas o parâmetro fósforo total o local seria enquadrado como Hipereutrófico. De 2017 para 2018, nota-se uma melhora na classificação dos parâmetros, inclusive com o fósforo diminuindo, mas sendo ainda um valor alto.

Tabela 42 - Parâmetros de qualidade da água encontrados no SNIRH para o Rio Tapacurá com valores médios dos anos de 2017 e 2018

<b>Registros - SNIRH (2017)</b>		
Manancial	Rio Tapacurá	
Regime	Lótico	
OD (média) - mg/L	9,1	59 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	1,62	60 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	75,25	60 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	9,3	60 amostras (totais)
IQA (média)	-	-
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Consumo Humano Urbano	
<b>Registros - SNIRH (2018)</b>		
Manancial	Rio Tapacurá	
Regime	Lótico	
OD (média) - mg/L	6,45	4 amostras (totais)
Fósforo Total (média) - mg/L	0,91	4 amostras (totais)
Turbidez (média) - NTU	9,25	4 amostras (totais)
DBO (média) - mg/L	6,13	4 amostras (totais)
IQA (média)	62,7	2 amostras (totais)
<i>E.coli</i> (média) - NMP	-	-
Principal Uso do Manancial	Consumo Humano Urbano	

O Rio Tapacurá possui histórico de floração de cianobactérias. Em 2010, Dantas e colaboradores fizeram o estudo “Poluição da Bacia do Rio Tapacurá: floração de cianobactérias, consequência do nível trófico” onde foi concluído que naquela época o local estava altamente poluído tendo como principal motivo o fato de que vários contaminantes estavam sendo despejados em seus estados brutos. Na época do estudo apenas nos meses de março, abril, junho e setembro não foram detectados nenhum gênero de cianobactérias. Os gêneros *Cylindrospermopsis* e *Geotherinema* foram encontrados em 67% das amostras dos meses monitorados, o gênero *Microcystis* apareceu apenas em 25% das amostras dos meses monitorados. Os dados do SISAGUA apontam para presença mais recente de *Microcystis* e *Raphidiopsis* (antes classificada como *Cylindrospermopsis*). Esses dados são coerentes com o IET calculado, com os dados do SNIRH e com os registros da literatura acima.

A Figura 34 (anexo X) mostra o mapa de localização do município de São Lourenço da Mata e do Rio Tapacurá sendo que o ponto marcado no Manancial possui a mesma localização do mostrado no SNIRH, ou seja, provavelmente nele que foram retiradas as amostras para serem feitas as devidas análises dos parâmetros.

## 6. DISCUSSÃO

O Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) é um instrumento de gestão de gerenciamento de riscos à saúde a partir de dados gerados pelas companhias responsáveis pelo abastecimento público (Controle) e por profissionais do setor da saúde (Vigilância). O objetivo desse trabalho foi analisar as informações inseridas referentes a Cianobactérias e Cianotoxinas.

O preenchimento do SISAGUA não é obrigatório, mas há um entendimento das empresas fornecedoras de água (Controle) sobre a importância da transparência e disponibilização desses dados para a sociedade. A maneira pela qual os dados são disponibilizados para a população é através de planilhas no Microsoft Excel, e a forma em que os dados são apresentados nas planilhas gera algumas dúvidas que não são facilmente respondidas. Por exemplo, para Cianobactérias, o Controle fornece os números dos resultados finais de concentração, mas não informam a unidade (cels/mL), sendo necessário entrar em contato com alguém da equipe responsável pelo SISAGUA no Ministério da Saúde para receber essa informação. Além disso, os dados de Cianobactérias e Cianotoxinas não estão nas mesmas bases de dados (planilha), o que dificulta a análise de seus dados. O Controle não é obrigado a fazer registros de Cianobactérias/Cianotoxinas em água pós-tratamento, então caso tenha ocorrido, pelo motivo que seja, essas informações não estarão disponíveis nas planilhas.

A Vigilância possui uma abordagem diferente na forma em que seus dados são apresentados, e isso tem relação com sua função institucional que é fiscalizar a qualidade da água para abastecimento humano. Seus dados inseridos possuem motivos de coleta e análise de amostra informados (rotina, surto e desastre), os pontos de coleta são fornecidos na planilha (captação superficial, saída de reservatório, saída de tratamento, água tratada, água tratada com hipoclorito entre outros) e fazem descrição do local de coleta (Rua, Quadra, Creche, Batalhão Militar, Cavalete entre outros). Essas informações ampliam o conhecimento e permitem que mais análises interpretativas sejam feitas. O grande problema da planilha da Vigilância é que por muitas vezes eles não informam qual é o manancial relacionado com as informações expostas e a quantidade de dados é significativamente menor quando comparado com o Controle.

O estudo de Santana *et al.* (2008), mostrou que um dos ecossistemas mais favoráveis para floração de Cianobactérias são os reservatórios artificiais do Brasil que em geral são rasos, facilmente eutrofizados e com longos tempos de detenção da água. Eles concluíram que



os eventos tóxicos possuíam uma distribuição diferente no Brasil com tendência de aparição de *Microcystis* em regiões tropicais e subtropicais, *Anabaena* mais restrita a regiões subtropicais e *Cylindrospermopsis raciborskii* como sendo a Cianobactéria tóxica mais difundida no país, ocorrendo em diferentes partes de áreas tropicais e subtropicais. Durante a análise dos dados notou-se que grande parte dos dados são restritos a alguns estados (Ceará, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais). Houve estados que não registraram nenhum dado como, por exemplo: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Piauí, Roraima e Tocantins. No entanto, o fato de outros estados não inserirem muitas informações (ou nenhuma) não significa que eles não têm ocorrências de Cianobactérias e Cianotoxinas. Na verdade, isso pode indicar que esses locais não estão fazendo parte do preenchimento da planilha para esses parâmetros, essa teoria pode ser corroborada por Cabral e colaboradores (2017) que fizeram um estudo no “Reservatório Samuel”, localizado na Amazonia, onde encontrou-se diversos gêneros de Cianobactérias como as *Microcystis* e *Anabaena*. E ainda é dito que nessa região os impactos antropogênicos estão aumentando rápido e sem nenhum controle. Ou seja, a tendência é que nos locais onde não se tem preenchimento das planilhas tenha ocorrências de Cianobactérias e possivelmente Cianotoxinas.

Entre os estados com dados cadastrados no SISAGUA, assim como foi no estudo de Santana, *Cylindrospermopsis* foi o gênero mais encontrado em água bruta. Para concentrações acima de 10.000 cels/mL em água bruta a ordem foi *Cylindrospermopsis* seguido por *Plankthotrix* e *Anabaena*. Para concentrações acima de 100.000 cels/mL em água bruta a ordem foi *Cylindrospermopsis* seguido por *Plankthotrix* e *Microcystis*.

A comparação direta entre dados do Controle e Vigilância não gerou uma quantidade muito grande de resultados, e isso ocorreu porque: a quantidade geral de dados totais é muito diferente entre eles; não é comum encontrar o mesmo local e dia de coleta para Controle e Vigilância; e a planilha do Controle fornece informações apenas de coletas superficiais em mananciais. De maneira geral, apenas Bahia e Pernambuco possuíram dados possíveis de serem relacionados e eles não seguem qualquer padrão, algumas vezes esses dados possuem valores muito próximos e em outras muito diferentes. Não há uma hipótese clara para quando se observa diferenças nos dados obtidos no mesmo ponto de coleta e na mesma data. Muitos fatores podem estar envolvidos: analistas diferentes impondo erros diferentes nas análises ou até na inserção do dado no sistema, e até diferença no horário da coleta da amostra de água. O que pode influir nas características momentâneas da massa de água (resultado de padrões de mistura da água, por exemplo).

A análise de dados indicativos de riscos mostrou que existem cianobactérias e cianotoxinas, com altos valores de densidade, em amostras de águas pré e pós-tratamento. Os dados basicamente ficaram restritos a Minas Gerais, Pernambuco e Ceará, muito pelo fato de eles serem locais com muitas informações inseridas.

Observando as Cianotoxinas nota-se o mesmo comportamento para os dados do Controle e Vigilância, sendo a Microcistina (MC) que possui mais registros, seguido por Saxitoxinas (STX) e Cilindrospermopsinas (CYN). Bitterncourt-Oliveira *et al.* (2014) fizeram um estudo de MC e CYN em reservatórios no Brasil, da sua análise fizeram parte Barragem do Carpina, Rio Mundaú e Rio Tapacurá que foram citados anteriormente neste trabalho. Nota-se que de acordo com Bitterncourt-Oliveira é possível encontrar em todos esses locais Microcistinas, mas não Cilindrospermopsinas. Para os outros reservatórios estudados por Bitterncourt-Oliveira foi possível encontrar também Cilindrospermopsinas, em seu estudo o autor conclui que considerando uma similaridade das comunidades de Cianobactérias encontradas nesses reservatórios, inclusive com presenças de espécies potencialmente produtoras de MC e CYN é importante enfatizar a necessidade de aumentar o monitoramento dessas toxinas em reservatórios de abastecimento público no Brasil. Uma vez que ainda não existem muitos estudos de CYN nos mananciais brasileiros, o SISAGUA aparece como uma importante ferramenta de gestão dessa e outras Cianotoxinas. Nas planilhas de Controle e Vigilância pode-se encontrar também diversos registros de Anatoxina-a(s). Segundo o WHO (2021) essa Cianotoxina primeiramente foi relatada a partir de cepas de *Anabaena*. Não se tem muitas informações sobre essa toxina pois, além de não ser muito comum no mundo, as literaturas sobre ela são escassas. A técnica de análise de Anatoxina-a(s) é um ensaio bioquímico que precisa de treinamento analítico (não sendo um simples kit analítico), por isso, há suspeitas de inserção errada desses dados no SISAGUA, tal suspeita é reforçada pelo fato de a maioria dos registros possuírem sempre, exatamente, o mesmo valor.

Neste trabalho, foi feita uma pequena seleção de mananciais onde seria possível fazer correlação direta com os parâmetros de qualidade da água do SNIRH. Pretendeu-se verificar a coerência dos dados dos sistemas no que se refere a avaliar a ocorrência de valores preocupantes de Cianobactérias e Cianotoxinas. Essa avaliação de pequena amostra mostrou que os mananciais escolhidos que no SISAGUA apresentam altos valores de Cianobactérias e Cianotoxinas realmente possuíam águas com qualidade em geral ruim. Segundo Barreto (2013) o crescimento populacional e as atividades humanas tem se despontado como os maiores responsáveis pela poluição e alteração do meio

aquático. Uma das grandes consequências dessas alterações é a eutrofização, que é causada pelo enriquecimento em nutrientes, por exemplo o fósforo, de um determinado ecossistema aquático, e leva a mudanças no funcionamento do mesmo. Esse processo tende a causar diversas alterações na química da água e nas suas comunidades biológicas, e tem como uma de suas consequências a floração de espécies fitoplanctônicas, tais como as espécies de cianobactérias. Para a comparação SISAGUA e SNIRH o parâmetro mais claramente coerente com ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas foi o fósforo total e o grau de trofia calculado com ele. Essa análise permitiu mostrar a representatividade dos dados dessas plataformas.

Apesar de possuir uma grande importância e dados representativos, no SISAGUA também é comum encontrar dados que, de alguma forma, mostram alguma inconsistência, seja pela falta de informações em alguma célula da planilha, ou por simplesmente mostrar um resultado que dificilmente condiz com a realidade. Infelizmente, para ter esse discernimento é necessário ter um conhecimento na área, o que nem sempre é possível. No entanto, este estudo útil só pôde ser realizado porque esses sistemas, ainda que falhos, existem. Então cabe a sociedade cobrar pela melhoria dos mesmos.

Além disso não se sabe a consequência que decorre dos dados referentes a Cianobactérias e Cianotoxinas na água tratada (distribuição) e mesmo na água classificada como pós-desinfecção, que teoricamente já seria distribuída para a população, por exemplo, no registro acima de 1 milhão de células/mL de *Raphidiopsis* que foi na ETA de Surubim - PE em 2016. Para esses dados surge os questionamentos: a Vigilância impediu que a água fosse distribuída? A empresa já estava consciente e não estava distribuindo? – As respostas para essas perguntas não estão presentes nas planilhas e, para este trabalho, devido ao tempo, não foi possível fazer essa investigação junto às Vigilâncias.

Possuir conhecimento sobre a situação dos recursos hídricos é de grande importância, pois além de universalizar a informação, auxiliar em discussões e avaliações dos parâmetros de monitoramento torna-se possível criar planos de ações visando garantir a conservação desses locais e proteção à saúde humana.

## 7. CONCLUSÃO

- A avaliação de dados encontrados no SISAGUA mostrou que no geral Pernambuco, Ceará e Bahia são os locais que apresentam o maior número de registros referentes a Cianobactérias e Cianotoxinas.
- O gênero mais encontrado de Cianobactéria foi *Cylindrospermopsis* seguida por *Plankthotrix*. Para Controle e Vigilância a Cianotoxina mais encontrada, nos estados com dados inseridos, foi a Microcistina, seguida por Saxitoxina e Cilindrospermopsina.
- Foi possível encontrar dados indicativos de risco para Cianobactérias e Cianotoxinas em amostras de águas brutas, pré-desinfecção e pós-desinfecção, alguns dados foram extremamente altos, principalmente de Cianotoxinas, o que pode estar relacionado com algum tipo de erro.
- Os mananciais Açude Castro/CE, Açude Pesqueiro/CE, Açude Pereira de Miranda/CE, Açude Ema/CE, Barragem do Carpina/PE e Rio Tapacurá/PE escolhidos para fazer a associação entre dados de parâmetro de qualidade da água do SNIRH e de Cianobactérias e Cianotoxinas do SISAGUA, e que apresentam altos valores desses microrganismos e suas toxinas, realmente possuíam águas com qualidade em geral ruim. O parâmetro mais claramente coerente com ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas foi o fósforo total e o grau de trofia calculado com ele.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, D. França, J. Avelino, F. Paulino, W. (2010). “Qualidade da Água do Açude Pereira de Miranda, Ceará: Avaliação e Recomendações”, *Qualidade Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH*, Fortaleza-CE, 10p.
- ANA, (2019). “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019”, *Informe Anual/ Agência Nacional de Águas*, Brasília, 100p.
- ANA, (2019). “Enquadramento dos corpos d’água em classes”, *Publicação faz parte do conjunto de encartes do Conjuntura*, Brasília, 57p.
- ANA, (2021). “Indicadores de Qualidade – Índice de qualidade das águas (IQA)”, *Portal da Qualidade das águas*, disponível:<<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspxv>>, acesso em: março de 2021.
- ANA, (2021). “Sistema Nacional de Informações de Recurso Hídricos”, disponível:<<http://www.snirh.gov.br/portal/>>, acesso em: fevereiro 2021.
- Bem, C. Braga, M. Azevedo, J. (2011). “Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso”, *REGA*, **10**(1), 41-50.
- Barreto, L. Barros, F. Bonomo, P. Rocha, F. Amorim, J. (2013). “Eutrofização em Rios Brasileiros”, *Enciclopédia BIOSFERA*, **9**(16), 2 – 13.
- Bittencourt-Oliveira, M. Araujo, M. (2013). “Active release of microcystins controlled by an endogenous rhythm in the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*”, *Phycological Research*, **61**(1), 1-6.
- Bittencourt-Oliveira, M. Piccin-Santos, V. Moura, A. Aragão-Tavares, N. Cordeiro-Araújo, M. (2014). “Cyanobacteria, microcystins and cylindrospermopsin in public drinking supply reservoirs of Brazil”, *An Acad Bras Cienc*, **61**(1), 297-309.

- Braga, B. Hespanhol, I. Conejo, J. Mierzwa, J. Barros, M. Spencer, M. Porto, M. Nucci, N. Juliano, N. Eiger, S. (2005). “Introdução a Engenharia Ambiental”. Ed. Person Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 313p.
- Brites, A.P.Z (2010). Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. Dissertação de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2010, 177p.
- Borges, H. Branco, L. Martins, M. Lima, C. Barbosa, P. Lira, G. Bittencourt-Oliveira, M. Molica, R. (2015). “Cyanotoxin production and phylogeny of benthic cyanobacterial strains isolated from the northeast of Brazil”, *Harmful Algae*, **43**(2015), 46-57.
- Buratti, F. Manganelli, M. Vichi, S. Stefanelli, M. Scardala, S. Testai, E. Funari, E. (2017). “Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk, *Archives of Toxicology*, **91**(3), 1049-1130.
- Cabral, B. Hoffman, L. Budowle, B. Urményi, T. Moura-Neto, R. Azevedo, S. Silva, R. (2017). “Planktonic microbial profiling in water samples from a Brazilian Amazonian Reservoir”. *MicrobiologyOpen*, **2018**, 7e523.
- Capelli, C. Ballot, A. Cerasino, L. Papini, A. Salmaso, N. (2017). “Biogeography of bloom-forming microcystin producing and non-toxigenic populations of *Dolichospermum lemmermannii* (Cyanobacteria)”, *Harmful Algae*, **67**, 1-12.
- Carmichael, W.W. (1992). “Cyanobacteria secondary metabolites – the cyanotoxins”. *Journal of Applied Bacteriology*, **72**, 445-459.
- Carmichael, W.W. (2001). “Health Effects on Toxin-Producing Cyanobacteria: “The CyanoHABS””, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, **7**(5), 1393 – 1407.
- Carmichael, W. Boyer, G. (2016). “Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes, *Harmful Algae*, **54**, 194-212.

- CETESB (2014). “Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo Parte 1 – Águas Doces”, *CETESB Publicações e Relatórios – São Paulo*, 540p.
- CETESB (2019). “Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo”, *Série Relatórios/CETESB ISSN 0103 4103*, 336p.
- Chaves, M. Lima, G. Alves, M. Cavalcante, D. Tavares, R. (2020): “Avaliação da Qualidade da Água de Mananciais do Estado de Pernambuco por Caracterização de Parâmetros Físico-Químicos”, *Revista de Geografia (Recife)*, **37**(2), 21-33.
- Chernoff, N. Hill, D. Chorus, I. Diggs, D. Huang, H. King, D. Lang, J. T Le, T. Schmid, J. Travlos, G. Whitley, E. Wilson, R. Wood, C. (2018): “Cylindrospermopsis toxicity in mice following a 90-d oral exposure”, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, **81**(13), 549-566.
- Chorus, I. Welker, M. (2021). “Introduction”, In: “*World Health Organization Toxic Cyanobacteria in Water A Guide to Their Public Health: Consequences, Monitoring and Management Second Edition*”, Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton, London, New York, 1-12.
- Costa, M. Conejo, J. (2009). “A implementação do Enquadramento dos Corpos D’Água em Bacias Hidrográficas: Conceitos e Procedimentos”, *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 1-20.
- COGERH (2007). “INVENTÁRIO AMBIENTAL DO AÇUDE CASTRO: Fatores Condicionantes da Qualidade das Águas”, Fortaleza, Ceará, 32p.
- Dantas, R. Tavares, G. Silva, V. (2010). “Poluição da Bacia do Rio Tapacurá: Floração de Cianobactérias, consequência do Nível Trófico”, Brasil, 14p.
- D’Anglada, L. (2021). “Public health surveillance, public communication and participation”, In: “*World Health Organization - Toxic Cyanobacteria in Water A Guide to Their Public Health: Consequences, Monitoring and Management Second Edition*”, Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton, London, New York, 801-819.

- DeMott, W.R (1991). “Effects of toxin cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of Daphnia”, *Limnol Oceanogr*, **36**(7), 1346-1357.
- Dittmann, E. Fewer, D. Neilan, B. (2012). “Cyanobacterial toxins: biosynthetic routes and evolutionary roots”, *FEMS Microbiol Rev*, **37**(1), 23-43.
- Drumond, S. Santiago, A. Moreira, M. Lanna, M. Roeser, H. (2018). “Identificação molecular de *Escherichia coli* diarreiogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região Alto Rio Doce”, *Eng. Sanit. Ambient Online*, **23**(3), 579-590.
- EMBRAPA, (2004). “Considerações sobre os Impactos da Agricultura Irrigada”, *Circular Técnico 7*, Jaguariúna, São Paulo, 7p.
- Esteves, F.A (1998). “Fundamentos de Limnologia 2 Edição”, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 226p.
- FAO, (2004). “Toxicity of PSP toxins”, in: *food and agriculture organization of the United Nations*, Disponível:<<http://www.fao.org/3/y5486e/y5486e0a.htm#bm10>>, Acesso em: abril de 2021.
- Fastner, J. Humpage, A. (2021). “Hepatotoxic cyclic peptides – microcystins and nodularins”, In: *World Health Organization Toxic Cyanobacteria in Water A Guide to Their Public Health: Consequences, Monitoring and Management Second Edition*, Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton, London, New York, 21-52.
- Funari, E. Testai, E (2008). “Human Health Risk Assessment Related to Cyanotoxins Exposure”, *Critical Reviews in Toxicology*, **38**(2), 97 -125.
- FUNASA (2006). “Manual Prático de Análise de Água 2 Ed”, *Fundação Nacional de Saúde*, Brasília, 146p.
- Hilborn, E. Beasley, V. (2015). “One Health and Cyanobacteria in Freshwater Systems: Animal Illnesses and Death are Sentinel Events for Human Health Risks”, *Toxins* 2015, **7**(4), 1374-1395.
- Holland, A. Kinnear, S. (2013). “Interpreting the Possible Ecological Role(s) of Cyanotoxins”, *Marine Drugs*, **11**(7), 2239-2258.



- Huisman, J. Codd, G. Paerl, H. Ibelings, B. Verspagen, J. Visser, P. (2018). “Cyanobacterial Blooms”, *Nat Rev Microbiol*, **16**(8), 471-483;
- Humpage, A. Hardy, S. (2000). “Microcystins in drink water enhance the growth of aberrant crypt foci in the mouse colon, *Journal of Toxicology and Environmental Part A*, **61**(3), 155-165.
- IBGE, (2021). “Brasil em síntese”, disponível: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>> acesso em: abril 2021.
- IGAM, (2013): “Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2013”, *Resumo Executivo/ Instituto Mineiro de Gestão das Águas*, Belo Horizonte, 68p.
- Júnior, A. Magalhães, T. Mata, R. Santos, F. Oliveira, D. Carvalho, J. Araújo, W. (2019). “SISAGUA características, evolução e aplicabilidade”, *Epidemiol Serv Saúde*, **28**(1).
- Kuhnert, P. Boerlin, P. Frey, J. (1999). “Target genes for virulence assessment of Escherichia coli isolates from water, food and the environment”, *FEMS Microbiology Reviews*, **24**(2000), 107-111.
- Laamanen, M. Gugger, M. Lehtimäki, J. Haukka, K. Sivonen, K. (2001). “Diversity of Toxic and Nontoxic Nodularina Isolates and Filaments from the Baltic Sea”, *Applied and Environmental Microbiology*, **67**(10), 4638-4647.
- Lamparelli, M.C. (2004). “Graus de trofia com corpos d’água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento”, Tese Doutorado, Instituto de Biociências da USP, Departamento de Ecologia, 235p + Anexos.
- Liporoni, L.M. (2012). “Estudo preliminar da qualidade da água do Lago Paranoá, Brasília-DF, utilizando um modelo de qualidade da água bidimensional”, Dissertação de Mestrado- UnB, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental FT, 188p.
- Macedo, C. Tavares, L. (2010). “Eutrofização e Qualidade da Água na Piscicultura: Consequências e Recomendações”, *Bot. Inst. Pesca, São Paulo*, **36**(2), 149-163;

- Mantzouki, E. Campbell, J. Iberlings, B. (2018). “A European Multi Lake Survey dataset of environmental variables, phytoplankton pigments and cyanotoxins”, *scientific data*, **5**.
- Ministério da Saúde, (2011). “Portaria N 2.914, de dezembro de 2011”.
- Ministério da Saúde, (2021). “Portaria GM/NS N 888, de 4 de maio de 2021”.
- Ministério da Saúde, (2021). “SISAGUA”, disponível:<<http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf>>, acesso em: fevereiro de 2021.
- Moraes, D. Jordão, B. (2002). “Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana”, *Revista Saúde Pública*, **36**(3), 370-374.
- Paerl, H.W. (2014). “Mitigating Harmful Cyanobacterial Blooms in a Human and Climatically-Impacted World”, *Life 2014*, **4**(4), 988-1012.
- Piveli, R. Kato, M. (2006). “Quantidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico Químicos”, Ed ABES, Brasil, 275p.
- PNUD, (2021). “Brasil”, disponível:<<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/countryinfo.html>> acesso em: maio 2021.
- Pires, V.A.C. (2004). “Metodologia para apoio a gestão estratégica de reservatórios de usos múltiplos: o caso Lago Paranoá, no Distrito Federal”, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental FT, 203p.
- Portal Uol Notícias (2022). “Mapa de Contaminação: Produtos químicos e radioativos foram encontrados em testes feitos com água de torneira em 763 cidades”, disponível: <<https://noticias.uol.com.br/reportagens-especiais/mapa-da-agua-agua-da-torneira-foi-contaminada-com-produtos-quimicos-e-radioativos-em-763-cidades/#cover>> acesso em: março 2022.
- Porto, R.L.L. (2012). “Fundamentos para a Gestão da Água”, CD.G Casa de Soluções e Editora, São Paulo, Brasil, 232p.

- Pouria, S. Andrade, A. Barbosa, J. Cavalcanti, R. Barreto, V. Ward, C. Preiser, W. Poon, G. Neild, G. Codd, G. (1998). “Fatal Microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil”, *The Lancet*, **352**, 21-26.
- Rantala, A. Fewer, D. Hisbergues, M. Rouhianinen, L. Vaitomaa, J. Borner, T. Sivonen, K. (2004). “Phylogenetic evidence for the early evolution of microcystin synthesis”, *PNAS*, **101**(2), 568-573.
- Ribeiro, L. Brandimarte, A. Kishi, R. (2005). “Formation of the Salto Caxias Reservoir (PR): an approach on the eutrophication process”, *Acta Limnologica Brasiliensia*, **17**(2), 155-165.
- Ruas, A.L. (2006). “Avaliação das Alterações da Qualidade de Águas Tropicais Decorrentes da Instalação de Barramentos para fins de Geração de Energia Elétrica – Estudo de caso no rio Pomba”, Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da UFMG, 277p.
- Rutkowska, M. Wasyłka, J. Majchrzak, T. Wojnowski, W. Mazur-Marzec, H. Namiesnik, J. (2019). “Recent trends in determination of neurotoxins in aquatic environmental samples”, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **112**, 112-122.
- Sant’Anna, C. Azevedo, M. Werner, V. Dogo, C. Rios, F. Carvalho, L. (2008). “Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil”, *Algological Studies*, **126**(2008), 251-265.
- Santos, E. Ritieli, B. (2018). “Sustentabilidade: Agricultura Irrigada e Seus Impactos Ambientais”, *CIENTEC*, **2**(1), 64-74.
- Silveira, S. Wasielesky, W. Andreote, A. Fiore, M. Odebrecht, C. (2017). “Morphology, phylogeny, growth rate and nodularin production from Brazil”, *Marine Biology Research*, **13**(10), 1095-1107.
- Stevens, D. Krieger, I. (1991). “Effect of route of exposure and repeated doses on the acute toxicity in mice of cyanobacterial anatoxin-a”, *Toxicon*, **29**(1), 134-138.
- Testai, E. (2021). “Cyanobacterial toxins: Anatoxin-a and analogues, Saxitoxins or Paralytic Shellfish Poison”, In: “World Health Organization Toxic Cyanobacteria

*in Water A Guide to Their Public Health: Consequences, Monitoring and Management Second Edition*”, Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton, London, New York, 1-12.

Torokne, A. Asztalos, M. Bankine, M. Bickel, H. Borbely, G. Carmeli, S. Codd, G. Fastner, J. Huang, Q. Humpage, A. Metcalf, J. Rabai, E. Sukenik, A. Suranyi, G. Vasas, G. Weiszfeiler, V. (2004). “Interlaboratory comparison trial on cylindrospermopsin measurement”, *Analytical Biochemistry*, **332**(2004), 280-284.

Tucci, C.E.M (2001). “Hidrologia Ciência e Aplicação”, Editora da Universidade 2 reimpr, Porto Alegre”, 939p.

Tundisi, J. Braga, B. Rebouças, A. (2006). “Capítulo 7” em *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Gestão*, 203-240.

Vidal, L. Ballot, A. Azevedo, S. Padisák, J. Welker, M. (2021). “Introduction to cyanobacteria”, In: “*World Health Organization Toxic Cyanobacteria in Water A Guide to Their Public Health: Consequences, Monitoring and Management Second Edition*”, Taylor & Francis Group, an informa business, Boca Raton, London, New York, 1-12.

Von Sperling, M. (1995). “Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto Segunda Ed Revisada”, UFMG Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Belo Horizonte, 243p.

Weirich, C. Miller, T. (2014). “Freshwater harmful algal blooms: toxins and children’s health”, *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, **44**(1), 2-24.

Whitton, B. Potts, M. (2000). “Introduction to the Cyanobacteria Chapter 1”, In: *Introduction to the Cyanobacteria: Their Diversity in time and Space (EDS B)*; 1-9.

WHO, (2019).” Cyanobacterial toxins: Saxitoxin”, *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization, Version for public review, 16p.

WHO, (2019).” Cyanobacterial toxins: Anatoxin-a”, *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization, Version for public review, 19p.

WHO, (2020).” Cyanobacterial toxins: cylindrospermopsins”, *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization, Version for public review, 39p.

WHO, (2020).” Cyanobacterial toxins: microcystin-LR”, *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization, Version for public review, 18p.

**ANEXO A – Avaliação de equivalência dos dados do Controle e Vigilância para as Cianobactérias**

Tabela 22 - Avaliação de equivalência dos dados do Controle e Vigilância para as cianobactérias

<b>Natureza do dado</b>	<b>Local</b>	<b>Data</b>	<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Tipo da Forma de Abastecimento</b>	<b>Nome do Manancial</b>	<b>Parâmetro (cianobactérias)</b>	<b>Resultado</b>
Vigilância	DOM PEDRITO (RS)	jan/20	Captação Superficial	SAA	Rio Santa Maria	<i>Aphanocapsa</i>	13602
Controle	DOM PEDRITO (RS)	jan/20	Captação Superficial	SAA	Rio Santa Maria	Total de cianobactérias	18320
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Pseudoanabaena.</i>	25396
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Geitlerinema</i>	37324
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Planktothrix</i>	68030
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Radiocystis.</i>	141754
Controle	FEIRA NOVA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Total de cianobactérias	227249
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Pseudoanabaena</i>	13298
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Radiocystis</i>	22427

Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Planktothirx</i>	63628
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Geitlerinema</i>	63628
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Total de cianobactérias	162981
Controle	FEIRA NOVA (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Total de cianobactérias	163127
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Radiocystis</i>	12467
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Microcystis</i>	15237
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Cylindrospermopsis</i>	25627
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Pseudoanabaena</i>	36106
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Raphidiopsis</i>	1158273
Controle	LAGOA DE ITAENGA (PE)	jan/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Total de cianobactérias	455525
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	fev/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Geitlerinema</i>	26065
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	fev/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Planktothirx</i>	156068
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	fev/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	<i>Raphidiopsis</i>	260882

Controle	LAGOA DO CARRO (PE)	fev/16	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Total de cianobactérias	703898
Vigilância	LIMOEIRO (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	<i>Raphidiopsis</i>	31.552
Vigilância	LIMOEIRO (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	<i>Planktothirx</i>	186.081
Controle	LIMOEIRO (PE)	jul/16	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	Total de cianobactérias	103.237
Vigilância	GARANHUS (PE)	jun/19	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	<i>Aphanothece</i>	75.369
Vigilância	GARANHUS (PE)	jun/19	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	<i>Planktolyngbya</i>	194.346
Controle	GARANHUS (PE)	jun/19	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	Total de cianobactérias	120.977
Vigilância	CANDEIAS (BA)	jun/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes II	<i>Planktothirx</i>	48.021
Vigilância	CANDEIAS (BA)	jul/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes II	<i>Geitlerinema</i>	4.571
Controle	CANDEIAS (BA)	jul/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes II	<i>Geitlerinema</i>	11.520
Controle	CANDEIAS (BA)	jul/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes II	<i>Cylindrospermopsis</i>	19.200
Vigilância	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Cylindrospermopsis</i>	207
Vigilância	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Planktothirx</i>	331



Vigilância	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Pseudoanabaena</i>	184
Vigilância	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Aphanocapsa</i>	1.897
Controle	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Cylindrospermopsis</i>	8.500
Controle	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Microcystis</i>	20.400
Controle	SALVADOR (BA)	jun/17	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Aphanocapsa</i>	193.800
Vigilância	SALVADOR (BA)	jun/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Aphanocapsa</i>	14.418
Controle	SALVADOR (BA)	jun/18	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Aphanocapsa</i>	12.000
Vigilância	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Planktothrix</i>	2.761
Vigilância	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Raphidiopsis</i>	1.388
Vigilância	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Geitlerinema</i>	526
Controle	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Aphanocapsa</i>	12.000
Controle	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Cylindrospermopsis</i>	29.200
Controle	SALVADOR (BA)	jan/19	Captação Superficial	SAA	Rio Joanes I	<i>Microcystis</i>	12.000

**ANEXO B – Avaliação de equivalência dos dados do Controle e Vigilância para as Cianotoxinas.**

Tabela 23 - Avaliação de equivalência dos dados do Controle e Vigilância para as Cianotoxinas (Pernambuco)

<b>Natureza do dado</b>	<b>Local</b>	<b>Data</b>	<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Tipo da Forma de Abastecimento</b>	<b>Nome do Manancial</b>	<b>Parâmetro (cianotoxinas)</b>	<b>Resultado (µg/L)</b>
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	19/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,19*
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	19/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Cilindrospermopsinas	0*
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	19/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0*
Controle	FEIRA NOVA (PE)	19/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,01*
Controle	FEIRA NOVA (PE)	19/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas	0,01*
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0**
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,3**
Vigilância	FEIRA NOVA (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Cilindrospermopsinas	0,06**
Controle	FEIRA NOVA (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,4**
Controle	FEIRA NOVA (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas	0,2**

Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	12/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0****
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	12/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,16****
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	12/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Cilindrospermopsinas	0****
Controle	LAGOA DE ITAENGA (PE)	12/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas	0,01****
Controle	LAGOA DE ITAENGA (PE)	12/01/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,1****
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	25/05/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Cilindrospermopsinas	0*****
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	25/05/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,15*****
Vigilância	LAGOA DE ITAENGA (PE)	25/05/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,08*****
Controle	LAGOA DE ITAENGA (PE)	25/05/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas	0,1*****
Controle	LAGOA DE ITAENGA (PE)	25/05/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,3*****
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	02/02/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Cilindrospermopsinas	0*****
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	02/02/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0*****
Vigilância	LAGOA DO CARRO (PE)	02/02/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,11*****

Controle	LAGOA DO CARRO (PE)	02/02/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Saxitoxinas	0,01*****
Controle	LAGOA DO CARRO (PE)	02/02/2016	Captação Superficial	SAA	Barragem do Carpina	Microcistinas	0,01*****
Vigilância	LIMOEIRO (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	Saxitoxinas ( $\mu\text{g}$ equivalente STX/L)	0*****
Vigilância	LIMOEIRO (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	Microcistinas	0*****
Controle	LIMOEIRO (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	Saxitoxinas	0,4*****
Controle	LIMOEIRO (PE)	14/06/2016	Captação Superficial	SAA	Rio Capibaribe	Microcistinas	0,01*****
Vigilância	GARANHUS (PE)	10/06/2019	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	Microcistinas	0,15*****
Controle	GARANHUS (PE)	10/06/2019	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	Microcistinas	0,1*****
Controle	GARANHUS (PE)	10/06/2019	Captação Superficial	SAA	Rio Mundau	Saxitoxinas	0,1*****

\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Pseudoanabaena*- 25.396 cels/mL; *Geitlerinema*- 37.324 cels/mL; *Planktothrix*- 68.030 cels/mL; *Radiocystis*- 141.754 cels/mL) – O controle informa um total de 227.249 cels/mL sem indicar seus respectivos gêneros.

\*\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Geitlerinema*- 32.014 cels/mL; *Pseudoanabaena*- 51.715 cels/mL; *Planktothrix*- 188.082; *Raphidiopsis*- 431.880 cels/mL) – Não foi possível encontrar dados do controle para essa época.

\*\*\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Radiocystis*- 12.467 cels/mL; *Microcystis*- 15.237 cels/mL; *Cylindropermopsis*- 25.627 cels/mL; *Pseudoanabaena*- 36.016 cels/mL; *Geitlerinema*- 141.754 cels/mL; *Planktothrix* 900.391 cels/mL; *Raphidiopsis*- 1.158.273 cels/mL) – O controle informa um total de 455.525 cels/mL sem indicar seus respectivos gêneros.

\*\*\*\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Planktothrix*- 13.298 cels/mL; *Geitlerinema*- 24.703 cels/mL; *Pseudoanabaena*- 41.557 cels/mL e *Raphidiopsis*- 112.207 cels/mL).

\*\*\*\*\* Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Geitlerinema*- 26.065 cels/mL; *Planktothrix* 156.068 cels/mL e *Raphidiopsis*- 260.883 cels/mL) - O controle informa um total de 246.572 cels/mL sem indicar seus respectivos gêneros.

\*\*\*\*\* Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Raphidiopsis*- 31.552 cels/mL; *Planktothrix*- 186.081 cels/mL) - O controle informa um total de 103.237 cels/mL sem indicar seus respectivos gêneros.

Tabela 24 - Avaliação de equivalência dos dados do Controle e Vigilância para as Cianotoxinas (Bahia)

Natureza do dado	Local	Data	Captação Superficial	Tipo da Forma de Abastecimento	Nome do Manancial	Parâmetro (cianotoxinas)	Resultado (µg/L)
Vigilância	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Cilindrospermopsinas	0,040*
Vigilância	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,040*
Controle	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Anatoxina-a(s)	0,165*
Controle	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Microcistinas	0,402*
Controle	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Saxitoxinas	0,300*
Controle	CANDEIAS (BA)	20/06/2018	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Cilindrospermopsinas	0,100*
Vigilância	CANDEIAS (BA)	07/01/2019	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Cilindrospermopsinas	0,170**
Vigilância	CANDEIAS (BA)	07/01/2019	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	0,080**
Controle	CANDEIAS (BA)	07/01/2019	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Microcistinas	0,150**
Controle	CANDEIAS (BA)	07/01/2019	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Saxitoxinas	0,300**
Controle	CANDEIAS (BA)	07/01/2019	Captação Superficial	SAA	Joanes II	Cilindrospermopsinas	0,100**

\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Geitlerinema*- 4.571 cels/mL; *Planktothrix*- 48.021 cels/mL) – O controle indica (*Geitlerinema*- 11.520 cels/mL; *Cylindropermopsis*- 19.200 cels/mL e outro(s) gênero(s)- 27.840 cels/mL).

\*\*Os dados de vigilância para essa data e esse ponto de coleta indicam os seguintes gêneros de cianobactérias com as respectivas concentrações de células (*Cylindropermopsis*- 28.500 cels/mL; *Dolichospermum*- 41.500 cels/mL).

**ANEXO C – Dados Indicativos de Risco - Cianobactérias potencialmente tóxicas (Manancial/Pré-tratamento)**

Tabela 28 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2015

Estados ↓	2015 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)											
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindropermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
AL	-	-	1	21.104	-	-	-	-	2	53.689 – 90.789	3	30.455 – 41.026
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	17	30.057 – 863.452	13	25.396 – 784.572	14	21.609 – 678.295	1	250.537	21	42.273 – 2.939.747

OBS: O Controle não possui dados cadastrados para o ano de 2015 nessa seleção de dados realizada.

Tabela 29 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2016

Estados ↓	<b>2016 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)</b>											
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	70	20.883 – 1.400.000	13	21.000 – 360.000	-	-	-	-	-	-
CE	1	22.288	105	20.020 – 14.365.000	2	37.200 – 383.968	63	21.888 – 2.293.588	-	-	-	-
MG	12	46.996 – 15.544.211	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	30	21.177 – 3.794.796	6	45.990 – 667.380	10	26.460 – 1.665.048	-	-	-	-
SP	-	-	10	23.940 – 115.416	2	20.298 – 34.820	-	-	-	-	-	-
Estados ↓	<b>2016 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)</b>											
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindropermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
AL	-	-	1	56.500	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-	-	1	227.026	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	1	57.140	22	24.934 – 778.030	28	20.317 – 3.569.500	56	20.009 – 3.222.617	3	22.427 – 249.287	87	20.124 – 2.943.972

OBS: Os estados de Espírito Santo (ES); Goiás (GO); Pernambuco (PE); Paraná (PR) e Rio Grande do Norte (RN) não possuem dados cadastrados no Controle para o ano de 2016 nessa seleção de dados realizada.

Tabela 30 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2017

Estados ↓	<b>2017 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	2	33.600 – 70.400	172	20.000 – 1.960.000	115	20.400 - 854.280	16	21.000 – 55.670	-	-
CE	3	42.432 – 72.864	147	20.240 – 12.598.950	9	23.940 - 961.124	137	21.120 – 1.140.360	-	-
ES	1	32.685	-	-	-	-	-	-	-	-
GO	11	23.444 – 618.270	-	-	-	-	-	-	-	-
MG	29	22.484 – 35.064.000	3	24.742 – 216.800	-	-	-	-	-	-
PR	-	-	2	67.953 – 122.839	-	-	-	-	-	-
RN	3	261.429 – 861.500	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	29	20.493 – 127.710	5	20.783 – 32.775	-	-	-	-
Estados ↓	<b>2017 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
AL	-	-	-	-	-	-	-	-	1	28.957
BA	-	-	1	63.311	1	23.364	-	-	3	24.734 – 46.753
PE	-	-	6	31.941 – 575.558	17	23.703 - 341.052	7	21.609 – 610.625	34	25.136 – 2.354.945

OBS: No Controle para o ano de 2017, não houve dados inseridos de *Radiocystis* e *Raphidiopsis*, e também não foi possível encontrar dados em Pernambuco (PE) e Paraíba (PB) nessa seleção de dados realizada.



Tabela 31 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2018

Estados ↓	<b>2018 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	1	27.000	286	20.000 – 598.000	204	20.280 - 336.000	-	-	-	-
CE	1	267.821	80	20.090 – 1.411.970	89	20.060 – 4.277.518	78	20.136 – 7.637.760	3	39.600 – 50.410
GO	7	22.424 – 59.945	-	-	-	-	-	-	-	-
MG	19	20.463 – 1.178.060	6	24.400 – 166.000	-	-	2	65.160 – 99.268	-	-
PR	-	-	1	114.285	-	-	-	-	-	-
RN	17	26.715 – 1.320.000	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	29	20.517 – 157.365	8	21.020 – 117.955	-	-	-	-
Estados ↓	<b>2018 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	1	79.508	1	21.816	14	20.317 - 296.898	2	37.967 - 48.021	1	27.879
PE	-	-	4	21.743 – 447.656	-	-	13	30.013 – 252.510	23	45.848 – 3.154.267

OBS 1: Os estados de Espírito Santo (ES); Pernambuco (PE); Paraíba (PB) e a cianobactéria Radiocystis não possuem dados cadastrados no Controle para o ano de 2018 nessa seleção de dados realizada.

OBS 2: O estado de Alagoas (AL) e a cianobactéria Radiocystis não possuem dados cadastrados na Vigilância para o ano de 2018 nessa seleção de dados realizada.

Tabela 32 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2019

Estados ↓	<b>2019 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	99	20.000 – 157.232	65	20.700 – 528.356	10	23.104 – 158.700	-	-
CE	1	24.689	24	21.220 – 916.758	19	23.604 – 1.876.524	6	21.179 – 156.618	1	284.220
GO	2	38.494 – 178.236	-	-	-	-	-	-	-	-
MG	24	54.071 – 3.525.000	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	29	28.667 – 791.625	-	-	12	23.168 – 696.734	-	-
PR	-	-	1	27.946	1	22.640	-	-	-	-
RN	25	21.842 – 1.589.000	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	6	28.110 – 89.397	1	44.129	-	-	-	-
Estados ↓	<b>2019 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)</b>									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	1	45.965	-	-	2	27.612 – 161.530	1	27.750
PE	-	-	-	-	4	607.46 – 1.319.004	-	-	3	53.481 – 873.540

OBS 1: Os estados de Espírito Santo (ES); Pernambuco (PE) e a cianobactéria *Radiocystis* não possuem dados cadastrados no controle para o ano de 2019 nessa seleção de dados realizada.

OBS 2: O estado de Alagoas (AL) e a cianobactéria *Radiocystis* não possuem dados cadastrados na vigilância para o ano de 2019 nessa seleção de dados realizada.

Tabela 33 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2020

Estados ↓	2020 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)											
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	31	20.752 – 127.420	16	20.160 – 67.392	10	23.000 – 126.874	-	-	-	-
CE	-	-	117	20.046 – 3.511.096	27	21.320 – 445.096	74	20.506 – 465.689	-	-	2	30.559 – 128.368
MG	14	39.265 – 9.155.600	2	41.633 – 127.647	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	2	55.279 – 126.191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	110	20.479 - 1.897.649	-	-	53	20.104 – 1.875.275	1	31.567	-	-
PR	-	-	-	-	6	20.773 – 549.230	-	-	-	-	-	-
RN	3	69.977 – 592.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	28	20.410 – 272.370	1	35.935	-	-	-	-	-	-
Estados ↓	2020 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)											
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Radiocystis</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
PE	-	-	1	27.579	4	21.904 – 74.473	3	24.161 – 48.321	-	-	16	21.068 – 118.040

OBS 1: Os estados de Espírito Santo (ES); Goiás (GO) não possuem dados em 2020 no controle e Alagoas (AL) e Bahia (BA) não possuem na vigilância nessa seleção de dados realizada.

OBS 2: Em 2021 só pode-se encontrar dados na Vigilância, todos no estado de Pernambuco (PE) para a cianobactéria *Raphidiopsis* nessa seleção de dados realizada.

Tabela 34 - Resultados dos dados de cianobactérias potencialmente tóxicas, no Manancial/Pré-tratamento, para o ano de 2021

Estados ↓	2021 - Dados do Controle (Manancial/Pré-tratamento)									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	30	20.164 – 82.500	100	20.794 – 154.379	2	33.000 – 45.474	-	-
CE	-	-	4	40.128 – 1.225.742	16	23.912 – 134.831	31	20.207 – 672.496	69	20.571 – 3.310.137
MG	4	20.600 – 98.039	-	-	-	-	-	-	-	-
SP	-	-	20	25.578 – 134.946	-	-	-	-	-	-
Estados ↓	2021 - Dados da Vigilância (Manancial/Pré-tratamento)									
	<i>Anabaena</i>		<i>Cylindrospermopsis</i>		<i>Microcystis</i>		<i>Planktothrix</i>		<i>Raphidiopsis</i>	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	4	38.156 – 419.720

OBS 1: Em 2021 os dados da Vigilância são todos no estado de Pernambuco (PE) para a cianobactéria *Raphidiopsis* nessa seleção de dados realizada.

OBS 2: Em 2021 os estados de Espírito Santo (ES), Goiás (GO); Pernambuco (PE); Paraíba (PB), Paraná (PR) e Rio Grande do Norte (RN) e a cianobactéria *Radiocystis* não possuem dados nessa seleção de dados realizada.

**ANEXO D – Dados Indicativos de Risco - Cianobactérias potencialmente tóxicas (Água Tratada com Hipoclorito)**

Tabela 35 – Dados da Vigilância de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água Tratada com Hipoclorito

Ano	Mês	Município	Local	Procedência da Coleta	Gênero	Resultado (cels/mL)
2016	12	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Microcystis</i>	20.317
2016	8	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Raphidiopsis</i>	21.125
2016	11	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Microcystis</i>	34.769
2016	4	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Microcystis</i>	50.022
2016	4	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Cylindrospermopsis</i>	117.359
2016	11	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Cylindrospermopsis</i>	211.061
2016	12	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Cylindrospermopsis</i>	537.187
2016	11	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Raphidiopsis</i>	789.251
2016	4	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Radiocystis</i>	1.608.776
2016	12	SERRA TALHADA	14 BATALHAO DE INFANTARIA MOTORIZADO	SOLUÇÃO ALTERNATIVA	<i>Raphidiopsis</i>	2.189.842

**ANEXO E – Dados Indicativos de Risco - Cianobactérias potencialmente tóxicas (Água Pré-desinfecção)**

Tabela 43 - Dados da Vigilância, separado por ano, de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água pré-desinfecção.

<i>Planktothrix</i>	2016		2017		2018	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
PE	2	25.211 – 45.620	1	48.021	1	46.820
<i>Microcystis</i>	2016		2017		2018	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
PE	2	66.021 – 185.434	-	-	1	225.321
<i>Raphidiopsis</i>	2016		2017		2018	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
BA	-	-	-	-	1	37.795
PE	4	45.245 – 223.528	-	-	-	-
<i>Cylindropermopsis</i>	2016		2017		2018	
	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL	Nº Registros	Faixa conc. de cels/mL
PE	-	-	-	-	1	73.544

**ANEXO F – Dados Indicativos de Risco - Cianobactérias potencialmente tóxicas (Água saída de tratamento/pós-desinfecção)**

Tabela 41 - Dados da Vigilância, separado por ano, de cianobactérias potencialmente tóxicas em Água saída de tratamento/pós-desinfecção.

<i>Planktothrix</i>	2015		2016		2017		2018		-	-
	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	-	-
PE	2	139.261 - 331.334	15	30.013 - 765.333	1	20.409	2	21.399 - 25.211	-	-
<i>Raphidiopsis</i>	2015		2016		2017		2018		2020	
	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL
PE	3	48.252 - 246.153	20	21.125 - 1.116.035	6	40.136 - 271.522	1	24.130	3	20.813 - 78.098
<i>Cylindropermopsis</i>	2015		2016		2017		2018		2020	

	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL
PE	-	-	1	63.951	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis</i>	2015		2016		2017		2018		2020	
	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL
PE	-	-	3	28.674 - 2.647.497	-	-	1	35.843	-	-
<i>Radiocystis</i>	2015		2016		2017		2018		2020	
	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL	Qtd de dados inseridos	Faixa de concentração de cels/mL
PE	-	-	1	38.601	-	-	1	33.179	-	-



**ANEXO G – Dados Indicativos de Risco - Cianotoxinas (Manancial/Pré-tratamento)**

Tabela 44 – Quadro resumo dos dados gerais, da Vigilância, de cianotoxinas na água na saída de manancial/pré-tratamento

Resultados - Controle (Manancial/Pré-tratamento)			
<i>Microcistina &gt; VMP</i>		<i>Saxitoxinas &gt; VMP</i>	
Dados inseridos	1941	Dados inseridos	502
Cobertura temporal	2014 - 2021	Cobertura temporal	2014 - 2021
Estados inseridos	17 - (AM, BA, CE, ES, GO, MG, MT, PB, PE, PR, RJ, RN, RO, RS, SC, SE e SP)	Estados inseridos	11 - (BA, CE, ES, GO, MG, PB, PE, RN, RS, SC e SP)
Qtd. de municípios	184	Qtd. de municípios	51
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA	Tipo da Forma de Abastecimento	SAA
Faixa dos resultados (µg/L)	1,01 - 43.503	Faixa dos resultados (µg/L)	3,01 – 2.080
<i>Cilindrospermopsina &gt; VMP</i>		<i>Anatoxina &gt; VMP</i>	
Dados inseridos	530	Dados inseridos	65
Cobertura temporal	2014 - 2020	Cobertura temporal	2014 - 2021
Estados inseridos	12 - (BA, CE, GO, MG, PB, PR, RJ, RN, RS, SC, SE e SP)	Estados inseridos	(BA, MG, PR, RS, SC e SP)
Qtd. de municípios	65	Qtd. de municípios	16
Tipo da Forma de Abastecimento	SAA	Tipo da Forma de Abastecimento	SAA
Faixa dos resultados (µg/L)	1,02 - 43.503	Faixa dos resultados (µg/L)	1,65 - 28

Tabela 45 – Quadro de quantidade de dados da Vigilância de Microcistinas e faixa de concentração em µg/L, por ano, para o Estado de Pernambuco em Manancial/Pré-tratamento

Resultados Vigilância - Microcistina (Manancial/Pré-tratamento)										
Estado	2015		2016		2017		2018		2019	
	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)
PE	1	1,59	4	1,22 – 3,69	3	2,48 – 25,77	16	1,09 – 6,64	2	1,17 – 3,28

Tabela 46 - Quadro de quantidade de dados de cianotoxinas e faixa de concentração em µg/L, por ano, para o Estado cadastrados no Controle em Manancial/Pré-tratamento

Resultados Controle - Microcistina (Manancial/Pré-tratamento)																
Estado	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)
AM	-	-	2	3,49 – 4,31	-	-	2	1,01 – 1,07	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	9	1,42 - 5	4	1,55 – 1,70	2	1,20	7	1,26 - 5	16	1,05 - 14	-	-	-	-	-	-
CE	255	1,01 - 40	280	1,03 – 315*	831	1,01 – 751*	243	1,01 – 22,91	96	1,01 – 19,93	28	1,02 – 7,05	46	1,01 – 12,24	4	1,07 – 2,79
ES	-	-	-	-	-	-	2	4.278 – 8.447*	1	196	-	-	-	-	-	-
GO	3	1,04 – 2,01	1	146	2	24 - 35	5	266 - 980	-	-	5	74 – 43.503*	-	-	-	-

MG	22	1,03 - 222,3	10	1,74 - 214*	30	3 - 437*	53	1,71 - 908*	44	1,08 - 180,48	25	15 - 218*	10	1,7 - 14,69	2	2,9 - 28,98
MT	-	-	-	-	-	-	1	36	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	5	1,1 - 9,5	-	-	-	-	23	1,07 - 10,69	55	1,09 - 419*	-	-
PE	-	-	-	-	2	2 - 216*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	1,94 - 3,72	53	1,19 - 10,974	4	1,09 - 2
RJ	1	2	-	-	1	4	1	528*	-	-	2	10,405 - 18,536*	-	-	-	-
RN	3	119 - 154*	15	4,26 - 930*	2	1,20 - 291*	1	4,60	4	1,52 - 113	2	41 - 100	1	1,08	-	-
RS	2	1,37 - 2	6	28 - 924	-	-	1	293*	3	4,95 - 187*	19	1,01 - 95	31	1,07 - 5	-	-
SC	1	999,99	1	1,25	2	8 - 4,052*	4	2 - 119	84	2 - 4	2	3	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,70	1	2,70	-	-
SP	1	2,99	-	-	3	1,36 - 2,04	37	1,05 - 15,71	47	1,18 - 13,30	15	1,03 - 9,77	24	1,02 - 3	19	1,02 - 5
<b>Resultados Controle - Cilindrospermopsina (Manancial/Pré-tratamento)</b>																
Estado	<b>2014</b>		<b>2015</b>		<b>2016</b>		<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	1,26 - 5,64	-	-	-	-
CE	92	1,02 - 6,54	124	1,01 - 96,07*	94	1,01 - 32,8	69	1,01 - 5,74	39	1,03 - 6,74	-	-	4	1,85 - 2,30	-	-
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	172 - 43,503*	-	-	-	-
MG	-	-	-	-	3	3 - 100*	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-

PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	1,04 - 20	29	1,07 - 92	-	-
PR	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RJ	3	340*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,11	-	-
RS	-	-	2	3,45 – 3,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC	-	-	-	-	1	27,17	-	-	31	2,0 – 4,0	1	3	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,243	-	-
SP	-	-	-	-	3	8	2	1,55 - 2	1	3	2	3	1	6.833*	-	-
<b>Resultados Controle - Saxitoxinas (Manancial/Pré-tratamento)</b>																
Estado	<b>2014</b>		<b>2015</b>		<b>2016</b>		<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)
BA	1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CE	111	3,07 – 25,67	209	3,04 - 60	78	3,01 - 87	23	3,06 – 9,39	3	3,15 – 4,1	9	3,09 - 21	-	-	-	-
ES	-	-	-	-	3	4,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	43.475 – 43.503*	-	-	-	-
MG	-	-	-	-	9	5 – 261*	5	24 – 134*	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4,20 - 166	6	3,11 - 240	-	-
PE	-	-	-	-	1	216	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	2	146 - 154	9	4,26 - 930	3	3,46 – 3,9	-	-	-	-	1	41	-	-	-	-
RS	-	-	2	3,45 – 3,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC	-	-	-	-	-	-	1	5	11	4	-	-	-	-	-	-

SP	-	-	-	-	3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	5	9 - 10
Resultados Controle - Anatoxinas-a(s) (Manancial/Pré-tratamento)																
Estado	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)	Qtd. Dados inseridos	Faixa (µg/L)
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,744 - 15	-	-	3	1,65 - 2,71	3	2,08 - 2,279*
MG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5,5 - 5,8	1	2
PR	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS	-	-	2	3,45 - 3,79	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-
SC	-	-	-	-	-	-	-	-	32	2,0 - 28	1	3	-	-	-	-
SP	-	-	-	-	3	8	-	-	1	10	7	10 - 15	2	5,3 - 5,4	1	25

\* Os dados marcados podem estar relacionados com leituras passíveis de erro.

## ANEXO H – Mapas de Localização dos Mananciais Escolhidos para associação SISAGUA - SNIRH

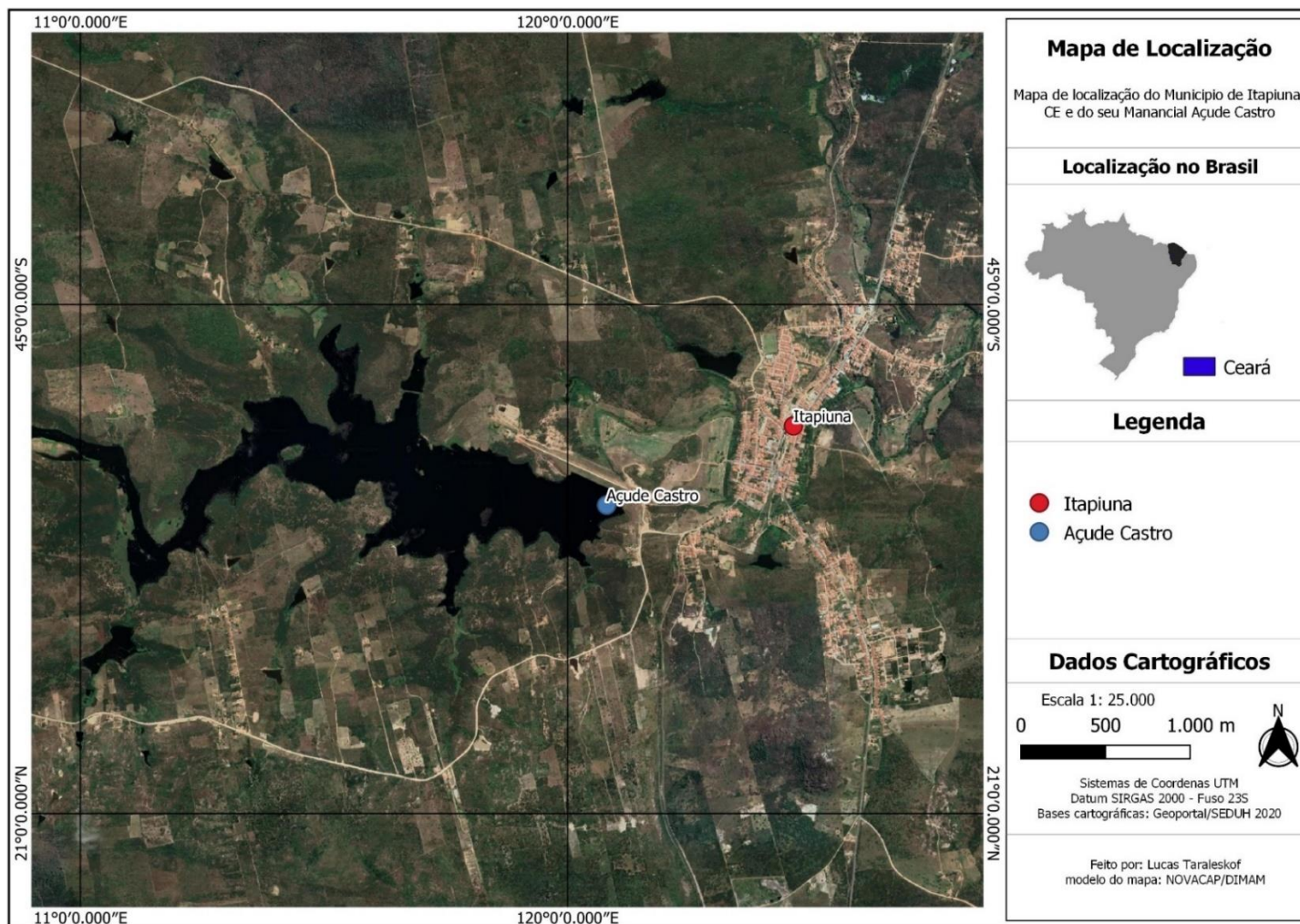


Figura 28 – Mapa de Localização de Itapiúna e seu Manancial Açude Castro – Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor.

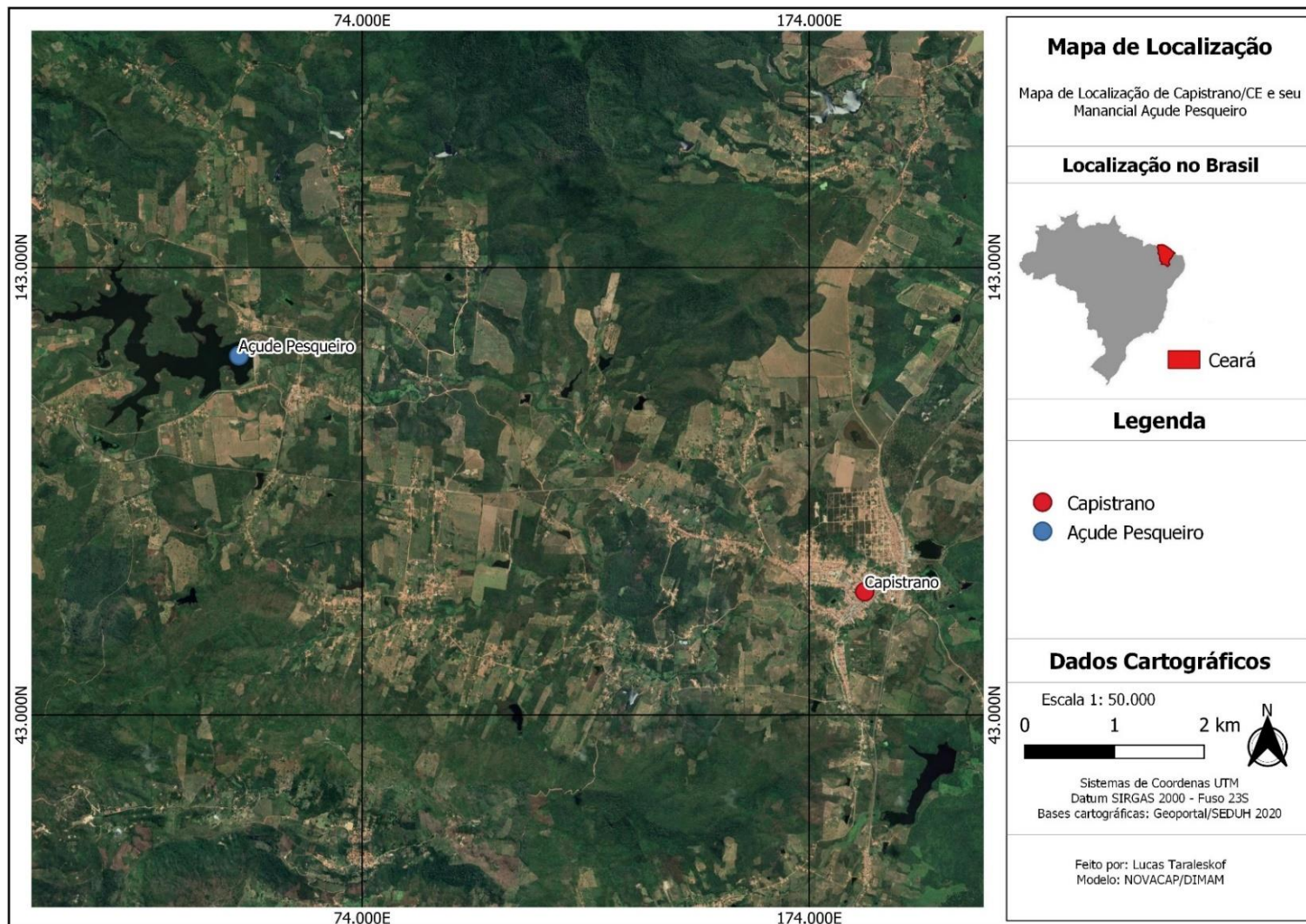


Figura 29 - Mapa de Localização de Capistrano e seu Manancial Açude Pesqueiro - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor.

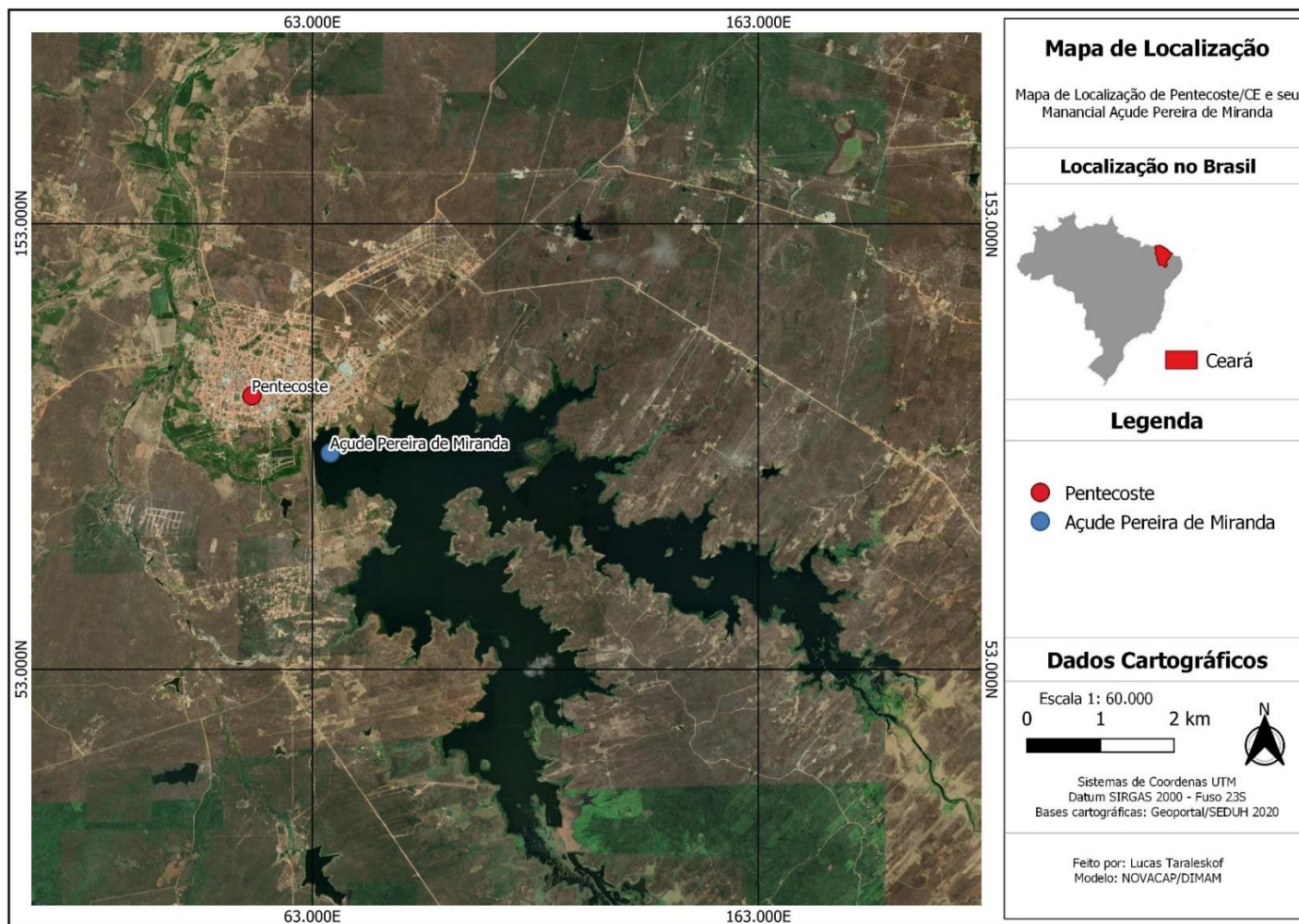


Figura 30 - Mapa de Localização de Pentecoste e seu Manancial Açude Pereira de Miranda - Fonte da Imagem: Geoport - Elaboração do Mapa: próprio autor.



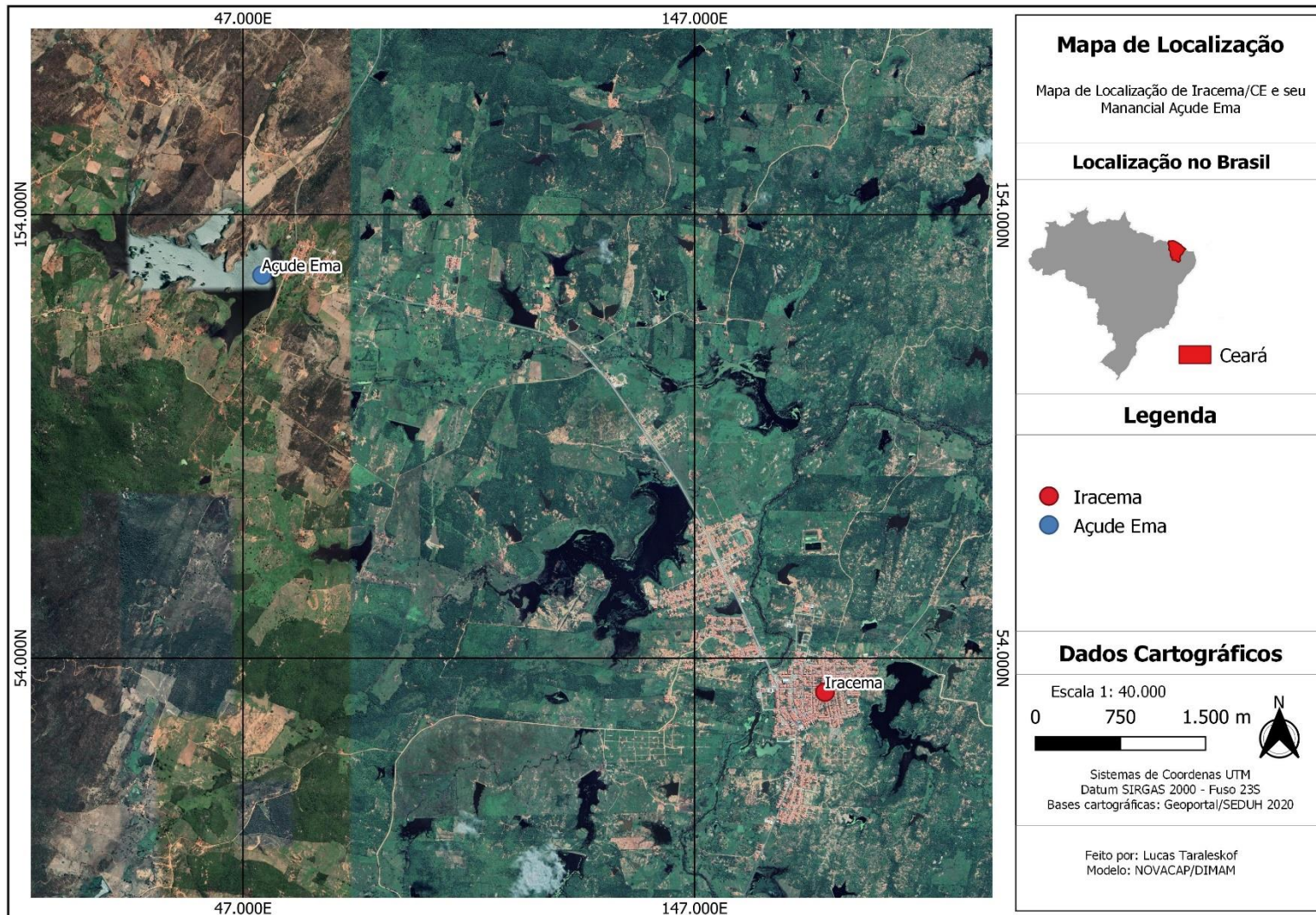


Figura 31 - Mapa de Localização de Iracema e seu Manancial Açude Ema - Fonte da Imagem: Geoportl - Elaboração do Mapa: próprio autor.

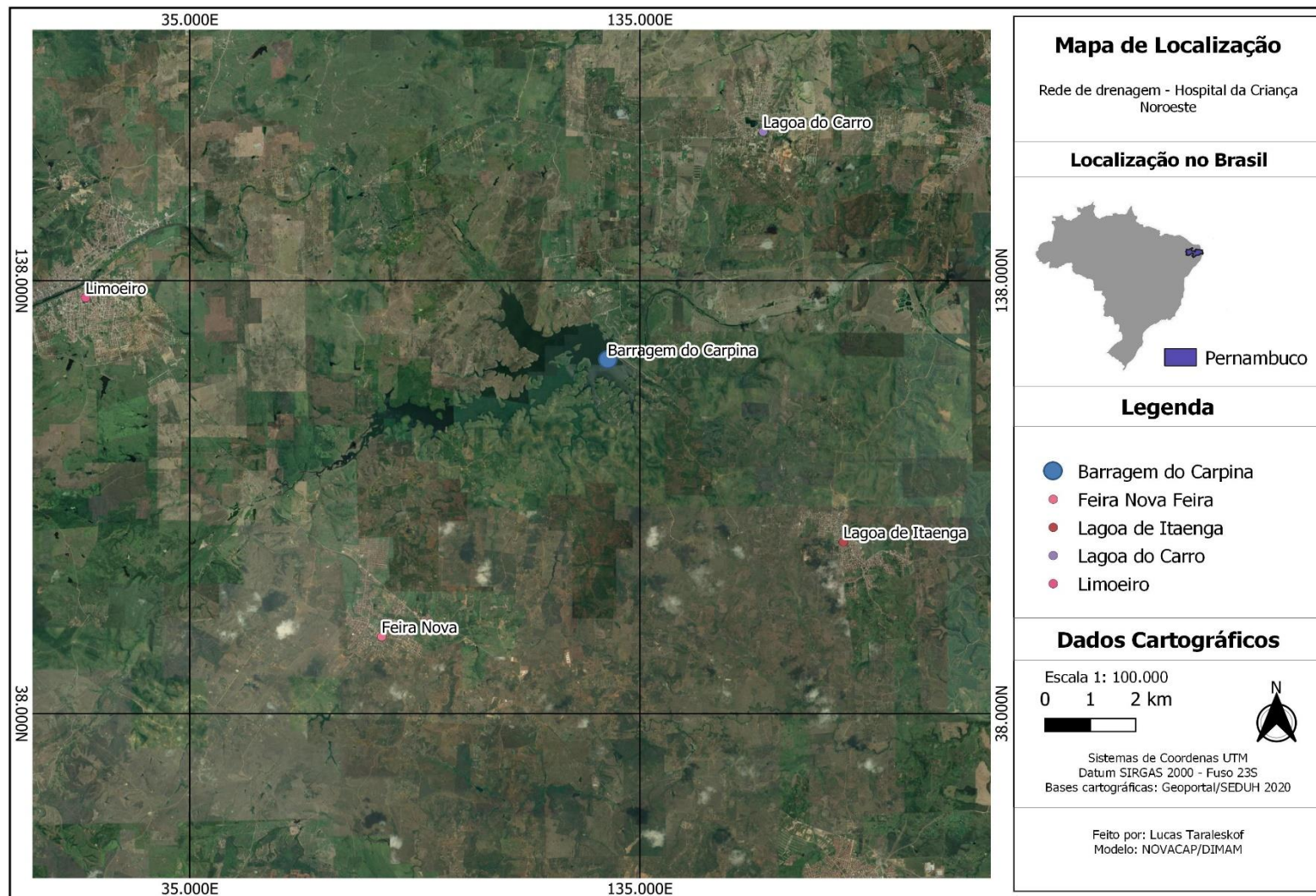


Figura 32 - Mapa de Localização da Barragem do Carpina - Fonte da Imagem: Geoportal - Elaboração do Mapa: próprio autor

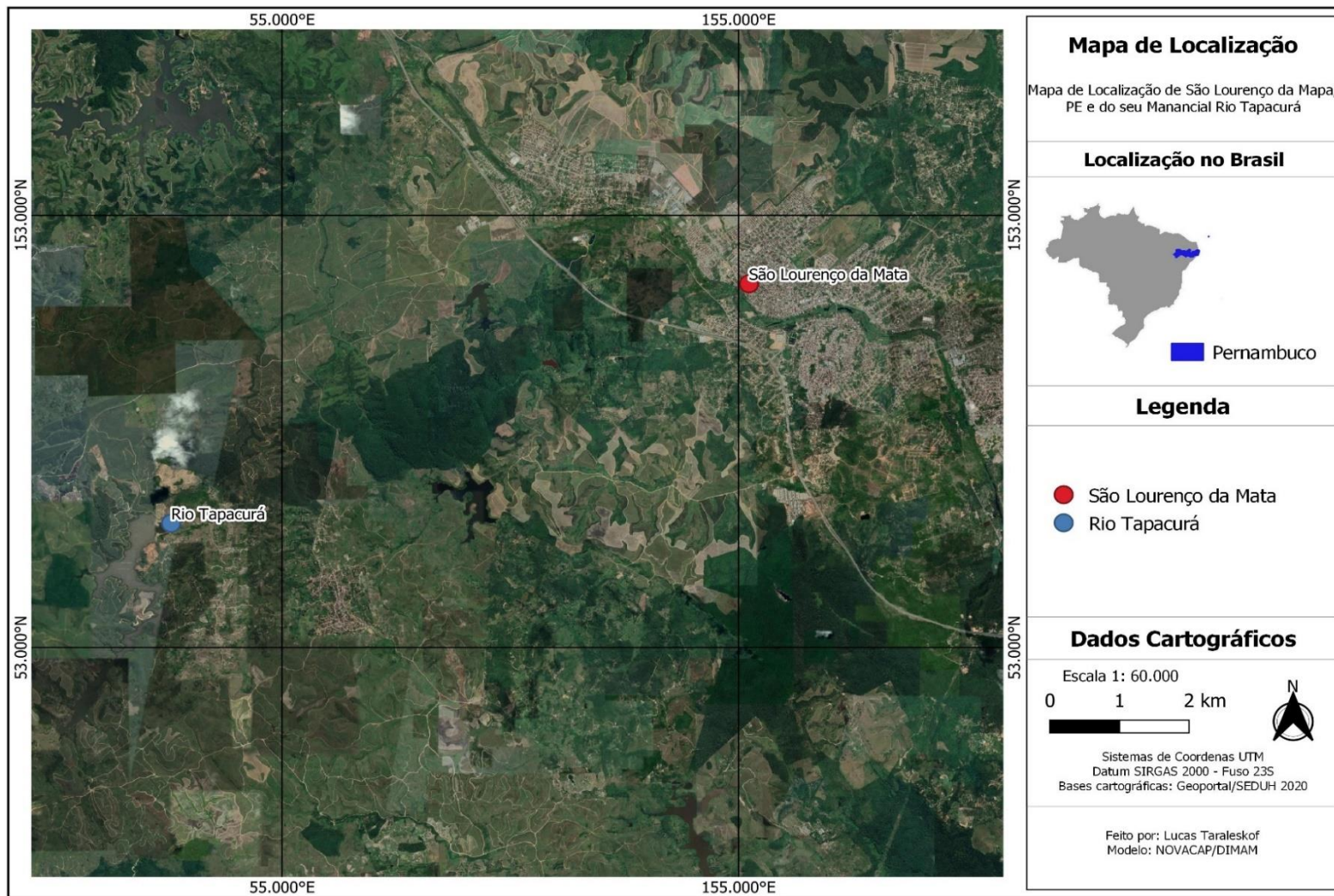


Figura 33 - Mapa de Localização de São Lourenço da Mata e do Rio Tapacurá - Fonte da Imagem: Geoportai - Elaboração do Mapa: próprio autor.

