



Análise de Dados sobre Cianobactérias e Cianotoxinas em Mananciais do Rio de Janeiro de 2015 a 2020

Carla Moraes da Conceição¹, Alena Torres Netto¹, Nathalia Salles Vernin¹, Rosane Cristina de Andrade¹

✉ rosane.andrade@eng.uerj.br

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ.

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 03 de março de 2024 Aceito em: 16 de janeiro de 2025 Publicado em: 30 de janeiro de 2025

Resumo: O Brasil possui um grande volume de mananciais superficiais ao longo de sua extensão. Para além da quantidade de corpos hídricos, tem como característica marcante altas temperaturas ao longo do ano. Somado a esses fatores, existe uma ineficiência no saneamento básico, sobretudo em relação à coleta de esgotos, favorecendo o despejo desses nos mananciais, aumentando a oferta de nutrientes e, conseqüentemente, a proliferação em grande escala de cianobactérias. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas nos mananciais superficiais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro, no período correspondente de 2015 a 2020. A fim de verificar os dados fornecidos pelos responsáveis pelo abastecimento dos municípios sobre o monitoramento dos corpos hídricos, foram utilizados como base os padrões e valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação Prc Nº 05, Anexo Xx, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Verificou-se que menos da metade dos municípios realizaram o monitoramento e a maioria desses não realizaram o monitoramento, conforme exigido pela portaria. A espécie que apresentou maior ocorrência nos mananciais de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro foi a *Aphanocapsa* sp. Dessa forma, pode-se concluir que há uma necessidade das estações de tratamento de água reformulem e/ou ampliem os processos de tratamento atuais, visando remover as cianobactérias das águas de abastecimento público e, em relação aos municípios, uma intensificação do monitoramento e divulgação dos dados monitorados.

Palavras-Chave: Cianotoxinas. Monitoramento da água. *Aphanocapsa*, Sisagua, Geosmina, Microcistina.

Data Analysis On Cyanobacteria And Cyanotoxins In Water Sources Of Rio De Janeiro From 2015 To 2020

Abstract: Brazil has a large volume of surface water sources along its extension. In addition to the quantity of water bodies, it has as a striking feature of high temperatures throughout the year. Another contributing factor is the inefficiency in basic sanitation, particularly in relation to the sewage collection system, which leads to the disposal of these pollutants into the springs, increasing the supply of nutrients and, consequently, widespread proliferation of cyanobacteria and cyanotoxins. The present study aimed to analyze the occurrence of cyanobacteria in the surface water sources of public supply in the State of Rio de Janeiro, in the corresponding period from 2015 to 2020. In order to verify the data provided those responsible for the water supply of the municipalities on the monitoring of water bodies, the standards and maximum values allowed by Consolidation Ordinance Prc Nº. 05/2017, Annex Xx, of the Ministry of Health, were used as a reference.

It was found that less than half of the municipalities conducted the required monitoring, with the majority failing to adhere to the stipulations of the ordinance. The species that presented the highest occurrence in the surface water sources in the State of Rio de Janeiro was *Aphanocapsa* sp. Thus, it can be concluded that there is a need for water treatment stations to reformulate and / or expand current treatment processes in order to remove cyanobacteria from public water supply. Additionally, in relation to municipalities, there is a crucial need for an intensified monitoring effort and dissemination of the monitored data.

Keywords: Cyanotoxins, Water monitoring, *Aphanocapsa*, Sisagua, Geosmin, Microcystin.

Análisis De Datos Sobre Cianobacterias Y Cianotoxinas En Fuentes De Agua De Río De Janeiro De 2015 A 2020

Resumen: Brasil cuenta con un extenso volumen de fuentes de agua superficial a lo largo de su territorio. Además de la abundancia de cuerpos de agua, se destaca por las altas temperaturas que se mantienen durante todo el año. A estos factores se suma una ineficiencia en el saneamiento básico, especialmente en lo relacionado con el sistema de recolección de aguas residuales, lo que favorece el vertido de estas en los manantiales, aumentando el suministro de nutrientes y, en consecuencia, propiciando la proliferación a gran escala de cianobacterias y cianotoxinas. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la presencia de cianobacterias en las fuentes de agua superficial de suministro público en el estado de Río de Janeiro, en el período comprendido entre 2015 y 2020. Con el fin de verificar los datos proporcionados por los responsables de abastecimiento de agua de los municipios sobre el monitoreo de los cuerpos de agua, se consideraron los estándares y valores máximos permitidos por la ordenanza de consolidación Prc N° 05/2017, Anexo Xx, del Ministerio de Salud. Se encontró que menos de la mitad de los municipios llevaron a cabo el monitoreo, y la mayoría no lo hizo conforme a lo requerido por la ordenanza. La especie que presentó la mayor ocurrencia en las fuentes de agua superficial del estado de Río de Janeiro fue *Aphanocapsa* sp. En consecuencia, se puede concluir que es necesario que las estaciones de tratamiento de agua reformulen y/o amplíen los procesos de tratamiento actual escon el fin de eliminar las cianobacterias del suministro público de agua. Además, en relación con los municipios, es crucial intensificar el seguimiento y la difusión de los datos monitoreados.

Palabras Clave: Cianotoxinas, Monitoreo Del Agua, *Aphanocapsa*, *Sisagua*, *Geosmina*, *Microcistina*.

INTRODUÇÃO

Manancial De Abastecimento Público É Uma Fonte De Água Doce Superficial Ou Subterrânea, Utilizada Para Consumo Humano Ou Desenvolvimento De Atividades Econômicas, Como Rios, Lagos, Represas, Bem Como As Cisternas Do Semiárido, Que Acumulam, Durante O Período De Chuva, Água Destinada Ao Consumo Humano (Brasil, 2024). Sendo Assim, As Áreas Onde Se Encontram Os Mananciais Devem Ser Alvo De Atenção Específica, Contemplando Aspectos Legais E Gerenciais. Devido Ao Aumento Da Demanda De Água, A Seleção Criteriosa De Mananciais Que Garantam O Abastecimento Público Tanto Em Quantidade Quanto Em Qualidade Torna-Se Cada Vez Mais Necessária, A Fim De Reduzir A Incidência De Doenças De Veiculação Hídrica E Contribuindo Para Um Aumento De Qualidade De Vida. A Fim De Garantir A Qualidade Da Água Destinada Ao Consumo Humano, Utilizam-Se Padrões De Qualidade, Que Definem Os Limites De Concentração A Que Cada Substância Presente Na Água Deve Obedecer, De Maneira A Assegurar Sua Potabilidade (Bernardes Et Al., 2022).

No Brasil, A Norma Vigente Que Dispõe Sobre Os Procedimentos De Controle E Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano E Seu Padrão De Potabilidade É A Portaria Gm/MS N° 888, De 04 De Maio De 2021(Brasil, 2021), Que Altera O Anexo Xx Da Portaria De Consolidação Prc N° 05, De 28 De Setembro De 2017, Do Ministério Da Saúde (Brasil, 2017). Dentre Os Diversos

Parâmetros De Potabilidade Considerados A Fim De Garantir O Controle E A Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano, Destaca-Se A Presença De Cianobactérias, Microrganismos Fotoautotróficos Capazes De Causar Florações Ou “*Blooms*” Em Condições Ambientais Desequilibradas, Onde Os Nutrientes Comumente Limitantes Ao Seu Crescimento Estão Presentes Em Abundância.

De Acordo Com A Fundação Nacional De Saúde (Brasil, 2024), As Florações Caracterizam-Se Pelo Crescimento Exagerado De Populações De Poucas Espécies De Cianobactérias Em Um Curto Espaço De Tempo. Essa Multiplicação Excessiva É Ocasionada Principalmente Pelo Excesso De Nutrientes Oriundos Dos Lançamentos De Efluentes Domésticos E Industriais, Da Água Resultante De Drenagem De Áreas De Cultivo, Além De Outras Atividades Antrópicas Geradoras De Agentes Eutrofizantes, Como O Fosfato, Amônia E Nitrato (Merel Et Al., 2023).

Entre Os Diversos Impactos Que Tais Florações Podem Ocasionar Em Corpos Hídricos, Destacam-Se A Quebra Do Equilíbrio Ecológico, O Aumento Da Turbidez Da Água, Alterações Significativas No Ph Do Manancial Em Um Curto Intervalo De Tempo, Ausência De Luz Nas Camadas Mais Profundas Do Manancial, Redução Da Concentração De Oxigênio Dissolvido Na Água E A Produção De Gases Tóxicos Oriundos Da Decomposição (Merel Et Al., 2023).

Ademais, A Presença De Cianobactérias Representa Um Sério Problema Às Estações De Tratamento De Água, Pois Podem Causar Perda De Carga Nos Filtros E Alteração Nos Parâmetros Odor E Sabor Da Água Tratada Devido À Produção De Geosmina E Mib-2-Metilisoborneol, Metabólitos De Diversos Gêneros Destes Organismos (Cetesb, 2023). Além Das Consequências Para O Meio Aquoso, Vale Salientar Suas Consequências Para A Saúde Humana, Especialmente No Que Diz Respeito Às Cianotoxinas, Sobretudo Em Países Tropicais Como O Brasil, Onde A Liberação De Cianotoxinas Pode Ser Intensificada Pelo Fator Clima, Resultando Em Características Ambientais Favoráveis Para O Crescimento Intenso De Cianobactérias Nos Reservatórios Durante Todo O Ano (Brasil, 2024).

As Cianotoxinas São Metabólitos Secundários Produzidos Por Cianobactérias Que Podem Causar Sérios Danos À Saúde Humana. Diversos Gêneros De Cianobactérias São Reconhecidos Como Potenciais Produtores De Cianotoxinas, Incluindo *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Planktothrix*, *Nostoc*, *Anabaenopsis*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*, *Umezakia*, *Raphidiopsis*, *Oscillatoria*, *Nodularia*, *Geitlerinema*, *Phormidium*, *Lyngbya* E *Trichodesmium* (Souza; Cáceres-Durán, 2023). A Microcistina E A Nodularina São As Cianotoxinas Envolvidas Na Maioria Dos Casos De Intoxicação. Enquanto A Microcistina É Produzida Por Diversos Gêneros De Cianobactérias, Como *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Nostoc* E *Anabaenopsis*, A

Nodularina É Apenas Encontrada No Gênero *Nodularia*. Assim Como Uma Cianotoxina Pode Ser Produzida Por Mais De Um Gênero De Cianobactéria, Uma Mesma Cianobactéria Também Pode Produzir Mais De Uma Cianotoxina (Gradíssimo; Mourão; Santos, 2020).

Em Humanos, Os Efeitos Das Cianotoxinas Variam Desde Sintomas Agudos, Como Irritação Cutânea, Vômitos, Diarreia E Gastroenterites, Até Efeitos Crônicos, Incluindo Formação De Tumores Hepáticos, Convulsões E Danos Hepáticos Severos Que Podem Levar À Morte (Cardoso, 2024). As Cianotoxinas Costumam Ser Classificadas De Acordo Com Seus Efeitos, Sendo As Mais Comuns As Neurotóxicas (Anatoxina-A, Anatoxina-A E Saxitoxinas), Quando Causam Graves Danos No Sistema Nervoso; Hepatotóxicas (Microcistina, Nodularina, Cilindrospermopsina), Quando Causam Graves Danos No Fígado (Panosso Et AL., 2007); E Dermatotóxicas, Quando Causam Danos Na Pele (Bernardes Et AL., 2022).

Em Relação Ao Monitoramento De Cianobactérias Presentes Na Água Destinada Ao Consumo Humano, O Anexo Xx Da Portaria De Consolidação Prc Nº 05, De 28 De Setembro De 2017 (Brasil, 2017), Vigente No Período De Elaboração Do Trabalho, Exige Que Os Responsáveis Pelos Sistemas Ou Soluções Alternativas Coletivas (Sac) De Abastecimento De Água Para Consumo Humano, Oriunda De Mananciais Superficiais, Realizem O Monitoramento Mensal Nos Pontos De Captação De Água, Quando O Número De Células De Cianobactérias For Menor Ou Igual A 10.000 Células/ML, E Semanalmente, Quando O Número De Células De Cianobactérias Ultrapassar Este Valor. Os Valores Máximos Permitidos (Vmp) De Cianotoxinas Na Água Tratada Para Consumo Humano E A Frequência De Coleta Para O Controle São De 1,0 µg/L Para Microcistinas E 3,0 µg/L Para Saxitoxinas. Além Disso, A Portaria Recomenda A Análise De Cilindrospermopsinas Quando For Detectada A Presença De Gêneros De Cianobactérias Potencialmente Produtores Dessa Cianotoxina No Manancial, Observando O Valor Máximo Aceitável De 1,0 µg/L, Sendo A Mesma Recomendação Válida Em Relação À Anatoxina-A, Porém Sem Delimitação De Valor Máximo (Brasil, 2017).

Em Relação À Frequência Do Monitoramento Obrigatório, Fica Estabelecido Que Quando A Densidade De Cianobactérias For Superior A 20.000 Células/ML, A Análise De Cianotoxinas Deve Ser Realizada Semanalmente No Ponto De Captação Da Água No Manancial E Na Saída Do Tratamento; Entretanto, Quando As Concentrações Forem Menores Que Seus Respective Vmps Para Água Tratada, Será Dispensada A Análise Na Saída Do Tratamento (Brasil, 2017). Destaca-se, Ainda, Que Quando Detectada A Presença De Cianotoxinas Na Água Tratada, Na Saída Do Tratamento, Se Faz Obrigatória A Comunicação Imediata Às Clínicas De Hemodiálise E Às Indústrias De Injetáveis, Devido Ao Efeito Hepatotóxico De Muitas Destas Toxinas.

Estudos Recentes Reforçam A Importância Do Monitoramento Contínuo Das Cianobactérias E Cianotoxinas Em Corpos D'água Destinados Ao Consumo Humano, Destacando A Necessidade De Tecnologias Eficazes Para O Tratamento Da Água E A Proteção Da Saúde Pública (Cardoso, 2024).

Com Base No Que Foi Dito, O Principal Objetivo Do Presente Estudo Foi A Avaliação Da Ocorrência De Cianobactérias Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento Público Do Estado Do Rio De Janeiro No Período De 2015 A 2020, Por Meio Da Análise De Dados Disponibilizados Pelos Responsáveis Pelo Abastecimento Público, Tanto Em Relação Aos Principais Gêneros Observados, Quanto Em Relação À Sua Contagem De Células E Possíveis Cianotoxinas Detectadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O Sistema De Informação De Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano (Sisagua), Instrumento Do Programa Nacional De Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano (Vigiagua), Foi A Base De Dados Seleccionada Para Coleta Dos Dados Reportados Acerca Da Ocorrência De Cianobactérias Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento Do Estado Do Rio De Janeiro, Para O Período Entre 2015-2020 (Brasil, 2020).

Os Dados Seleccionados Foram Analisados Por Município Do Estado Do Rio De Janeiro, Para O Período Do Estudo, De Acordo Com Os Limites Estabelecidos No Anexo Xx Da Portaria De Potabilidade Prc Ms Nº 05/2017 (Brasil, 2017), Embora Esta Normativa Tenha Sido Atualizada Em 2021, Era A Portaria Vigente No Período De Estudo. As Visualizações Gráficas Foram Obtidas Através Do Pacote *Ggplot2* (Wickham, 2009) E Por Meio De Funções Básicas Da Linguagem R (<https://www.R-project.org/>), Bem Como Os Mapas Geográficos, Obtidos Por Meio Do Pacote *Geobr* (Pereira; Goncalves, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

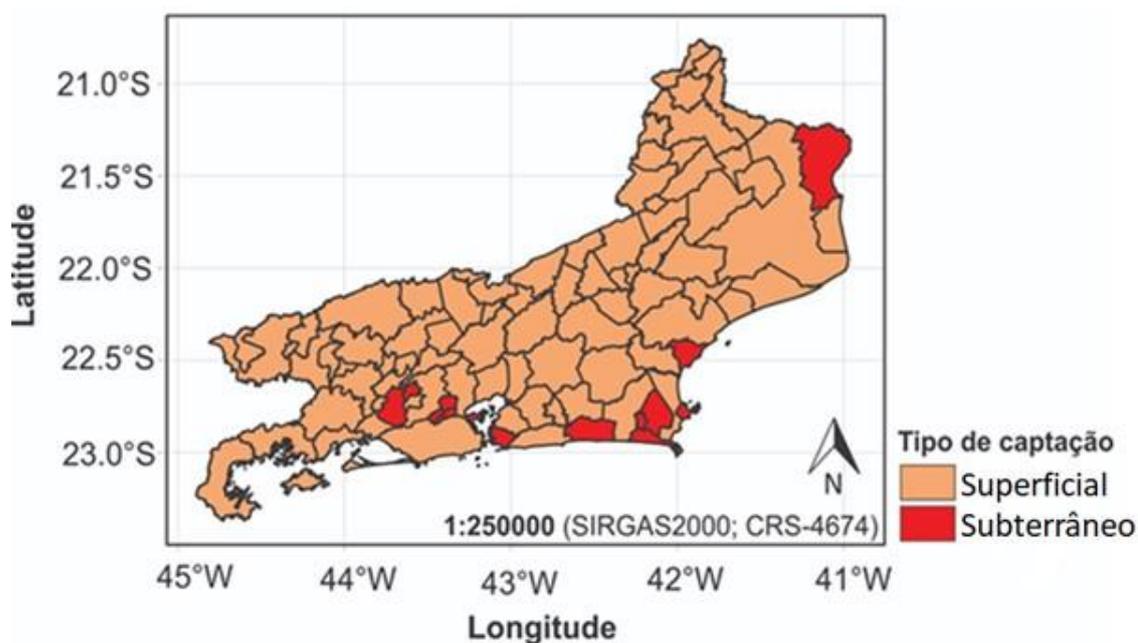
Mapeamento De Municípios

Realizou-Se O Mapeamento Dos Municípios Do Estado Do Rio De Janeiro Que Realizaram O Monitoramento De Cianobactérias Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento, No Período De 2015 A 2020.

De Acordo Com O Instituto Estadual Do Ambiente (Inea), O Estado Do Rio De Janeiro Possui 514 Pontos De Captação De Água Em Corpos Hídricos Superficiais, Responsáveis Por

Alimentar Os Sistemas Integrados Ou Isolados (Brasil, 2020; Inea, 2018). Dentre Os Municípios Que Constituem O Estado Do Rio De Janeiro, 78 São Abastecidos Exclusivamente Por Mananciais Superficiais (**Figura 1**), Correspondendo A 85% (Inea, 2018).

Figura 1. Representação Geográfica Dos Municípios Que Possuem Mananciais Superficiais De Abastecimento Público De Água No Estado Do Rio De Janeiro.



Fonte: Elaborado A Partir De Dados Disponíveis Em Sisagua_(Brasil, 2020).

Como mencionado anteriormente, a alimentação do Sisagua com dados referentes ao monitoramento da qualidade da água é de obrigação dos responsáveis pelo abastecimento. Encontram-se resumidos na **Tabela 1** os municípios do estado do Rio de Janeiro que realizaram a alimentação do sistema no período de estudo da presente pesquisa (2015-2020), ao menos uma vez ao ano, além do total de cianobactérias (células/ml) observadas por aqueles que realizaram tal monitoramento. É possível constatar que dos 78 municípios que possuem mananciais superficiais de abastecimento de água e deveriam realizar o monitoramento, somente 36 realizaram ao menos uma vez no ano, correspondendo assim, a apenas 46% do total de municípios. Cabe destacar que, no caso da não realização do monitoramento, a empresa de tratamento está sujeita a sanções legais por não estar executando o controle de qualidade da água adequado (Brasil, 2017). Além disso, destaca-se que o não monitoramento e a não inserção de dados no Sisagua, na maioria dos municípios do estado do Rio de Janeiro, pode configurar riscos à saúde da população. Vale destacar a ausência de dados relacionados ao município do Rio de Janeiro, visto que em todo o sistema, não foram encontrados dados

Referentes Aos Mananciais Da Capital Carioca, Que É O Município Com Maior Densidade Populacional.

Tabela 1. Monitoramento Nos Municípios Do Estado Do Rj Do Parâmetro De Cianobactérias No Período De 2015 A 2020. (-) Monitoramento Não Realizado.

Município	Total De Cianobactérias (Células/MI)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Angra Dos Reis	6.258	1.654	0	-	-	-
Araruama	275.413	823.003	755.065	413.079	583.883	423.347
Barra Mansa	-	-	-	-	130	-
Bom Jardim	-	41.992	35.128	-	0	6.179
Cabo Frio	392.129	1.115.031	715.288	262.874	196.075	-
Campos Dos Goytacazes	85	23.205	1.949	4.330	9.163	-
Cantagalo	-	-	-	-	7.005	1.838
Carapebus	-	-	-	-	-	21.226
Casimiro De Abreu	39.758	28.252	5.201	-	-	896
Cordeiro	10.040	13.599	44.586	18.284	4.065	-
Duas Barras	10.040	10.131	49.687	14.908	3.399	4.502
Duque De Caxias	-	-	-	-	0	-
Engenheiro Paulo De Frontin	-	-	436	-	-	92
Guapimirim	0	-	-	-	-	-
Itaperuna	-	-	-	-	0	-
Macaé	-	-	-	-	1	-
Macuco	-	-	0	-	92	-
Magé	-	-	-	-	138	-
Maricá	-	-	-	-	-	1.976
Miguel Pereira	-	-	-	-	0	-
Nova Friburgo	687	36	6.713	2	59	-
Paraty	-	221	1.996	1.738	2.040	-
Paty Do Alferes	3.491	-	-	-	-	-
Petrópolis	753	2.455	432	176	586	-
Pinheiral	-	-	0	0	0	-
Porto Real	191	0	-	0	-	-
Quissamã	-	597	-	-	0	-

Análise de Dados sobre Cianobactérias e Cianotoxinas em Mananciais do Rio de Janeiro de 2015 a 2020

Resende	1.930	2.986	1.369	1.923	2.237	-
Rio Bonito	-	-	-	-	5.145	10.199
Rio Claro	19.468	48.078	43.508	133.841	2.092	2.712
São José De Ubá	1.516	-	-	-	-	-
São Sebastião Do Alto	-	-	5.027	46	22.526	960
Sumidouro	-	690	2.413	1.188	253	1.148
Trajano De Moraes	0	-	-	-	-	-
Valença	-	-	-	274.759	919	6.694
Vassouras	-	-	0	-	0	1.286

Fonte: Elaborado A Partir De Dados Disponíveis Em Sisagua_(Brasil, 2020).

Houve Entre 2015 E 2020 Uma Significativa Flutuação No Número De Municípios Que Realizaram E Divulgou O Monitoramento De Cianobactérias, O Que Prejudica O Monitoramento Da Evolução Deste Parâmetro No Estado. O Ano De 2019 Teve O Ápice De Registros, Quando 26 Municípios Realizaram O Monitoramento. Isso Representa Apenas 33% Do Total De Municípios Com Mananciais Superficiais No Estado.

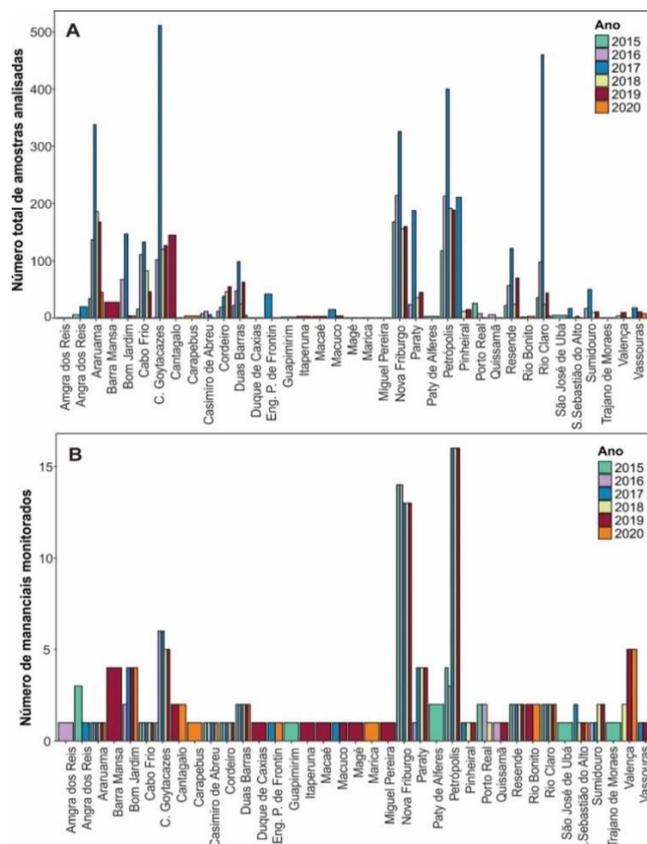
Quantificação Do Número De Amostras Analisadas

O Número De Amostras De Água Para Abastecimento Humano Analisadas Para O Parâmetro Cianobactérias, Nos Municípios Do Estado Do Rio De Janeiro, No Período De 2015 A 2020, Foi Realizado Pelos Responsáveis Pelo Abastecimento, Nos Pontos De Captação E Com Frequência Mensal Nos Casos Onde A Contagem De Células Foi Menor Ou Igual A 10.000 Células/ML Ou Semanalmente, Em Casos Onde A Contagem Foi Maior Que 10.000 Células/ML, De Acordo Com O Recomendado Pela Portaria Vigente (Brasil, 2017, 2021). Entretanto, Cabe Ressaltar Que Não São Todas As Estações De Tratamento De Água (Etas) Cadastradas No Sisagua Que Possuem Dados Registrados Em Relação Ao Monitoramento De Cianobactérias, E As Que Possuem, Não Necessariamente Atendem A Todos Os Requisitos Impostos Pela Portaria De Potabilidade Prc Ms N° 05/2017, Anexo Xx.

Os Dados Referentes Aos Parâmetros Disponibilizados No Sisagua Sobre O Número De Amostras Analisadas Pelas Etas E O Número De Mananciais Monitorados Por Município (**Figura 2**), O Número De Amostras Com Valores De Cianobactérias Acima Dos Limites Estabelecidos Para Análise Mensal Ou Semanal, Respectivamente De 10.000 Células/ML E 20.000 Células/ML (**Tabela 2**), Foram Analisados A Fim De Verificar Se Houve Atendimento Às Exigências Da Portaria De

Potabilidade. Destaca-Se Que Em Contagens Acima De 20.000 Células/ML, Com Base Na Portaria De Potabilidade, Se Torna Obrigatório O Monitoramento Do Parâmetro Cianotoxinas (Brasil, 2017). Além Disso, Estes Dados Foram Discutidos Junto Aos Valores De Quantificação De Células De Cianobactérias Por Município, Apresentados Na **Tabela 1**.

Figura 2. Monitoramento De Cianobactérias Nos Pontos De Captação, De Cada Município Por Número Total De Amostras Analisadas (A) E Número De Mananciais Monitorados (B).



Fonte: Elaborado A Partir De Dados Disponíveis Em Sisagua (Brasil, 2020).

Tabela 2. Monitoramento Nos Municípios Do Estado Do Rj Do Parâmetro De Cianobactérias No Período De 2015 A 2020, Com Ênfase No Número De Amostras >10.000 Células/ML (Fonte Em Negrito) / > 20.000 Células/ML (Fonte Em Itálico). (-) Monitoramento Não Realizado.

Município	Total De Cianobactérias (Células/ML)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Angra Dos Reis	0	0	0	-	-	-
Araruama	2 / 0	52 / 16	34 / 14	10 / 2	129 / 3	7 / 1
Barra Mansa	-	-	-	-	0	-
Bom Jardim	-	1 / 0	0	-	0	0

Análise de Dados sobre Cianobactérias e Cianotoxinas em Mananciais do Rio de Janeiro de 2015 a 2020

	5 / 11	13 / 43	100 / 10	25 / 1	8 / 4	-
Cabo Frio						
Campos Dos Goytacazes	0	0	0	0	0	-
Cantagalo	-	-	-	-	0	0
Carapebus	-	-	-	-	-	0
Casimiro De Abreu	0	0	0	-	-	0
Cordeiro	0	0	0	0	0	-
Duas Barras	0	0	0	0	0	0
Duque De Caxias	-	-	-	-	0	-
Engenheiro Paulo De Frontin	-	-	0	-	-	0
Guapimirim	0	-	-	-	-	-
Itaperuna	-	-	-	-	0	-
Macaé	-	-	-	-	0	-
Macuco	-	-	0	-	0	-
Magé	-	-	-	-	0	-
Maricá	-	-	-	-	-	0
Miguel Pereira	-	-	-	-	0	-
Nova Friburgo	0	0	0	0	0	-
Paraty	-	0	0	0	0	-
Paty Do Alferes	0	-	-	-	-	-
Petrópolis	0	0	0	0	0	-
Pinheiral	-	-	0	0	0	-
Porto Real	0	0	-	0	-	-
Quissamã	-	0	-	-	0	-
Resende	0	0	0	0	0	-
Rio Bonito	-	-	-	-	0	0
Rio Claro	1 / 0	1 / 1	1 / 1	0	0	0
São José De Ubá	0	-	-	-	-	-
São Sebastião Do Alto	-	-	0	0	1 / 0	0
Sumidouro	-	0	0	0	0	0
Trajano De Moraes	0	-	-	-	-	-
Valença	-	-	-	0	0	0
Vassouras	-	-	0	-	0	0

Fonte: Elaborado A Partir De Dados Disponíveis Em Sisagua 2020).

A Partir Dos Dados Apresentados, É Possível Notar Que No Município De Cabo Frio, As Amostras Com Presença De Cianobactérias Acima Do Limite De 20.000 Células/ML Representam 69% Do Total De Amostras, Alertando Para Um Possível Comprometimento Do Manancial Superficial. Além Disso, Em Relação À Frequência Do Monitoramento Realizado Em 2015, Apenas Os Municípios De Cordeiro E Nova Friburgo Seguiram O Monitoramento Conforme Exige A Portaria, Ou Seja, Mensalmente Em Caso De Valores Menores Ou Iguais A 10.000 Células/ML.

De Forma Similar Ao Ocorrido No Ano De 2015, Em 2016, Cabo Frio Apresentou Mais Da Metade Do Total De Amostras Com Valores Acima De 20.000 Células/ML, Totalizando Mais De Um Milhão De Células/ML De Cianobactérias Detectadas Em 65 Amostras. Em Todos Os Meses, O Monitoramento Do Manancial Lagoa De Tamoios, Localizada No Município Mencionado, Teve De Ser Realizado De Maneira Semanal, Uma Vez Que Os Valores Obtidos Estiveram Acima De 10.000 Células/ML No Total De Cianobactérias, Evidenciando Potencial Comprometimento Deste Manancial. Em 2017, O Monitoramento Do Manancial De Cabo Frio Apresentou Melhora Significativa Em Relação Aos Anos Anteriores, Sendo Que Apenas 4 Amostras Apresentaram Valores Acima De 20.000 Células/ML, E O Valor Total De Cianobactérias Detectadas Nas Amostras Também Foi Reduzido (715.288 Células/ML). Vale Destacar Que O Município De Cabo Frio Foi O Único Em 2017 A Apresentar Um Monitoramento Respeitando A Frequência Estabelecida, De Acordo Os Valores Estabelecidos Pela Portaria De Potabilidade Ms Nº 05/2017, Anexo Xx.

Os Municípios De Araruama, Cabo Frio E Rio Claro Foram Os Únicos Que Apresentaram, No Ano De 2016, A Realização Do Monitoramento Em Conformidade Com O Exigido Pela Portaria Em Vigor. Embora Em Araruama Não Tenham Sido Observados Grande Número De Amostras Com Valores Acima De 20.000 Células/ML, Totalizou Em Suas Amostras Um Alto Valor De Células Quando Considerada A Análise De Apenas Um Manancial (823.003 Células/ML). Da Mesma Forma, Em 2018, Araruama Apresentou Os Maiores Valores Em Relação Ao Número Total De Células De Cianobactérias Nas Amostras (413.079 Células/ML), Enquanto No Município De Cabo Frio, Apenas Uma Amostra Apresentou Valores Acima De 20.000 Células/ML (262.874 Células/ML). Ainda Em Relação Ao Ano De 2018, Verificou-Se Que Os Municípios De Pinheiral E Resende Foram Os Únicos A Seguirem Corretamente A Frequência Exigida Pela Legislação Vigente, Sendo Que Foram Analisadas Um Total De 396 E 1.261 Amostras, Respectivamente.

Vale Destacar Que No Ano De 2018, O Município De Rio Claro Apresentou No Mês De Janeiro 123.943 Células/ML Em Uma Única Amostra Para O Gênero *Planktolyngbya*, Representando 93% Do Total De Células Contabilizadas No Ano Inteiro Para O Município,

Alertando Para Uma Possível Floração No Manancial Superficial Rio Parado Ou Para Um Erro Em Relação Aos Dados Disponibilizados Pelos Responsáveis Pelo Abastecimento.

O Monitoramento Em 2019 Foi O Que Abrangeu O Maior Número De Municípios, Entretanto, Foi O Único Ano Onde Nenhum Município Realizou O Monitoramento Respeitando A Frequência Exigida Pela Portaria De Potabilidade. Pode-Se Observar Que Dos 26 Municípios Que Disponibilizaram Dados, 9 Possuem Menos De 12 Amostras Ao Ano, Que Deveria Ser O Mínimo Anualmente, Considerando Um Bom Estado Trófico Do Manancial. Além Disso, Novamente Araruama Foi O Município Onde Maior Valor Total De Cianobactérias Foram Detectadas Nas Amostras (583.883 Células/ML), Seguido Por Cabo Frio (196.075 Células/ML).

Em 2020, 15 Municípios Foram Monitorados, E Araruama Apresentou Uma Contagem Total De 423.347 Células/ML, Enquanto Carapebus, Município Com A Segunda Maior Contagem De Células De Cianobactérias Apresentou 21.226 Células/ML. Vale Destacar Que No Ano De 2020, Foi A Primeira Vez Ao Longo Do Período De Estudo Em Que Dados Acerca De Carapebus Foram Disponibilizados, Bem Como Para O Município De Maricá (1.976 Células/ML). Entretanto, Alguns Municípios Que Apresentaram Constância Na Disponibilização De Dados, Não Inseriram Os Dados De Monitoramento Acerca Do Ano De 2020, Como Cabo Frio, Campos Dos Goytacazes, Cordeiro, Nova Friburgo, Paraty, Petrópolis, Resende E Sumidouro. Sendo Assim, Apenas Os Municípios De Araruama, Duas Barras E Rio Claro Possuem O Quadro De Dados Completos Para O Período Analisado No Presente Estudo (2015-2020).

É Possível Que A Pandemia Tenha Influenciado A Falta De Dados De Monitoramento De 2020, Especialmente No Caso De Algumas Cidades. Durante A Pandemia De Covid-19, Muitos Setores Enfrentaram Desafios Logísticos, Recursos Limitados E Alterações Nas Prioridades Das Administrações Públicas. Isso Pode Ter Afetado A Coleta E A Disponibilização De Dados Ambientais E De Saúde Pública, Como Monitoramentos De Qualidade Da Água.

Os Órgãos Responsáveis Pelo Monitoramento De Água Podem Ter Enfrentado Dificuldades Devido À Redução Da Equipe Ou À Mudança De Foco Para Lidar Com A Crise De Saúde, O Que Levou À Suspensão Ou Adiamento De Certos Processos De Coleta De Dados.

Quantificação De Cianobactérias Nos Mananciais De Abastecimento

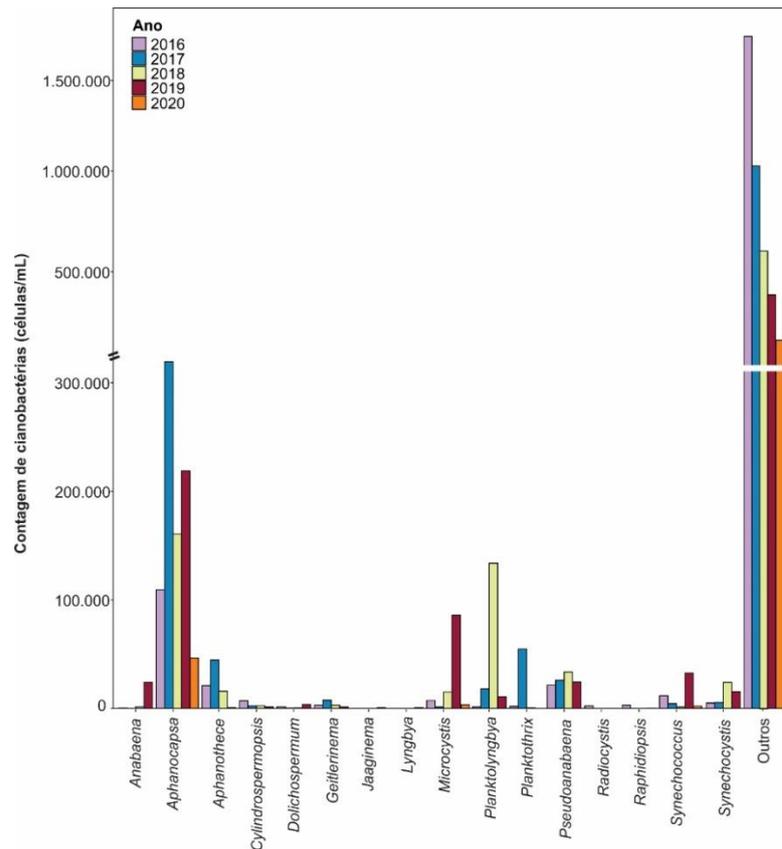
Após A Realização Do Levantamento E Quantificação Dos Gêneros De Cianobactérias Detectados Nos Mananciais De Abastecimento Do Estado Do Rio De Janeiro No Período De 2015 A 2020 (**Figura 3**), Observou-Se Que Não Houve Grande Variação Em Relação Ao Número De

Gêneros Ao Longo Dos Anos, Sendo Os Maiores Valores Observados Para Os Anos De 2016 E 2017 (16 Para Ambos), Enquanto Em 2020 Observou-Se A Menor Variedade De Gêneros (4). Vale Salientar Que No Ano De 2015, Nenhum Município Informou A Presença De Cianobactérias Por Gênero, Alimentou O Sistema Somente Com A Classificação “Outros Gêneros”.

De Forma Geral, É Possível Notar Que Foram Identificados 16 Diferentes Gêneros Nos Mananciais Do Estado Do Rio De Janeiro No Período De 2015 A 2020. Dentre Estes, 11 Gêneros Ocorreram Nos 5 Anos Em Que Foram Disponibilizados Os Dados Do Monitoramento Com Separação De Gênero, O Que Representa Baixa Variabilidade De Cianobactérias Nos Mananciais Dos Municípios Do Rio De Janeiro. Entretanto, Os Gêneros *Jaaginemae Lyngbya* foram, Que Apresentaram Menor Recorrência, Sendo Encontradas Nas Amostras Apenas Uma Vez No Ano De 2019. No Levantamento Realizado Por Jardim (2018), Os Dados Indicaram O Predomínio Do Gênero *Cylindrospermopsis*, Com Ocorrência Verificada Nas 4 Regiões Brasileiras Pesquisadas. Entretanto, Destacou-Se Que As Maiores Densidades Celulares Foram Observadas Nos Mananciais Do Nordeste. Esse Gênero Tem Origem Tropical, Mas O Aumento Verificado Na Sua Distribuição Geográfica, Alcançando Também Países Temperados, Tem Levantado A Discussão Sobre Sua Possível Característica Invasiva (Burford Et Al., 2016).

Figura 3. Cianobactérias Encontradas Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento E Suas Respectivas Contagens De Células (2015-2020).

Análise de Dados sobre Cianobactérias e Cianotoxinas em Mananciais do Rio de Janeiro de 2015 a 2020



Fonte: Elaborado A Partir De Dados Disponíveis Em Sisagua (Brasil, 2020).

Nota: No Ano De 2015, Nenhum Município Informou A Presença De Cianobactérias Com Especificação De Gênero.

É importante salientar que a localização geográfica do Brasil faz com que em todas as suas regiões apresentem grande disponibilidade de luz e temperaturas elevadas, dominando a maior parte do ano. Além disso, ao longo de décadas, o país vem construindo reservatórios em suas bacias hidrográficas, por vezes, de pouca profundidade e/ou com longo tempo de retenção da água, facilmente sujeitos a eutrofização, fator este que afeta também os demais mananciais superficiais (Lapoli; Coral; Recio, 2011; Brito et al., 2023).

As características mencionadas são altamente favoráveis ao desenvolvimento das populações de cianobactérias, além das reduzidas taxas de coleta e tratamento de esgoto no Brasil, que influenciam diretamente na ocorrência de florações nos mananciais (Merel, 2023). De acordo com Lorenzi et al. (2018), reservatórios que apresentam dinâmica de estratificação e desestratificação sazonal, associada à turbidez da água, criam condições bastante favoráveis a florações multiespecíficas de cianobactérias, entre elas o gênero *Cylindrospermopsis*.

No presente estudo, realizou-se o levantamento de dados acerca da quantificação das células de cianobactérias por gênero e ano, de maneira a identificar com mais clareza e

Objetividade Quais Foram Os Gêneros Predominantes Nos Mananciais De Abastecimento Do Estado Do Rio De Janeiro No Período De 2016 A 2020, E, Posteriormente, Analisar Estes Gêneros Visando Avaliar Possíveis Riscos À Saúde Humana. No Ano De 2015, Como Mencionado, Os Municípios/Responsáveis Pelo Abastecimento Não Alimentaram O Sisagua Com A Quantidade De Cianobactérias Por Gênero, Todas A Contagem De Células Foi Classificada Como “Outros Gêneros”, Não Sendo Possível Identificar Quais Gêneros Predominaram Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento Naquele Ano.

Para O Ano De 2016, Foi Possível Verificar Que O Gênero Em Destaque Nos Mananciais Superficiais De Abastecimento Foi *Aphanocapsa*, Correspondendo A 5% Do Total De Cianobactérias Encontradas Nos Mananciais. *Aphanocapsa*, Segundo Domingos Et Al. (1999), É Considerada, Pelas Suas Dimensões Celulares, Como Picoplanctônico, E Tem Registro De Produção De Microcistinas. No Entanto, A Quantidade De Toxina Produzida Por Célula Sendo, Em Tese, Similar Ou Menor Do Que Cianobactérias Não-Picoplanctônicas, Como Por Exemplo *Microcystis*, Pode Representar Um Menor Risco Para O Abastecimento Público. De Acordo Com Gradíssimo Et Al. (2020), No Ano De 1993, Foi Apontada A Relação Entre Uma Grande Florescência Dos Gêneros *Anabaenae Microcystisna*, Na Represa De Itaparica – Bahia, Resultando No Acúmulo De Uma Cianotoxina Não Identificada E Em Mais De 2.000 Casos De Gastroenterite Em Uma População Que Consumiu Água Do Reservatório Entre Os Meses De Março E Abril De 1988, Afetando Principalmente As Crianças.

O Episódio Mais Extremo E Conhecido De Intoxicação Por Cianotoxinas Até O Atual Momento Ocorreu Em 1996, Quando Foi Confirmado O Primeiro Caso De Morte Humana Causada Por Uma Cianotoxina, Com O Envenenamento De Pacientes Que Realizavam Hemodiálise Numa Clínica Na Cidade De Caruaru – Pe. Estes Pacientes, Tratados Durante Uma Semana, Sofreram Doença Hepática Severa Após A Hemodiálise, Resultando Na Morte De Cerca De 70 Pacientes Renais Crônicos. As Investigações Subsequentes Revelaram Que Houve Problemas No Tratamento Da Água, Tornando-A Imprópria Para Consumo, Resultando Na Contaminação Dos Filtros Da Clínica Com Dois Tipos De Cianotoxinas: Microcistina E Cilindrospermopsina. Microcistinas Foram Detectadas No Sangue E Fígado Dos Indivíduos Envenenados (Azevedo Et Al., 2002; Carmichael, 1994). Esse Episódio, Referenciado Como Síndrome De Caruaru, Contribuiu Para A Inclusão Do Parâmetro Cianotoxinas No Padrão De Potabilidade Brasileiro, Na Portaria Nº1469/2000, Do Ministério Da Saúde (Brasil, 2000).

Ferrão-Filho E Moscatelli (2020) Avaliaram Lagoas Do Complexo Lagunar Da Baixada De Jacarepaguá, Situadas Na Zona Oeste Do Rio De Janeiro, Em Relação Ao Risco Recreacional

Em Pesquisa Elaborada Por Sant'anna Et Al. (2008), Foram Encontradas No Brasil Espécies Dos Gêneros *Aphanocapsa* Como Produtoras De Microcistinas, Que São Cianotoxinas Altamente Nocivas À Saúde Humana, Principalmente Ao Fígado, Uma Vez Que Possuem Atividade Hepatotóxica, E Possuem Limites Estabelecidos Pela Portaria Gm/Ms N°888/2021(Brasil, 2021). Gomes Et Al. (2009) Avaliaram As Florações De Cianobactérias Tóxicas Na Lagoa Costeira Hipereutrófica Do Jacarepaguá, Localizada No Rio De Janeiro-Rj, Concluindo Que Mesmo Após O Desaparecimento Das Florações, As Concentrações De Microcistina Intramuscular Em Peixes Estiveram Acima Dos Valores Recomendados Pela Oms Para Consumo Humano, Sendo Este Um Alerta Para A Melhoria De Seu Monitoramento, Uma Vez Que Tais Peixes São Comumente Destinados Ao Consumo Humano. Vale Salientar Que, Inclusive, No Ano De 2007 A Atividade De Pesca Foi Proibida Neste Complexo Devido Às Elevadas Concentrações De Cianotoxinas E Eutrofização Do Corpo Aquático.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos Dados Apresentados, Fica Evidente A Necessidade De Maior Atuação Dos Responsáveis Pelo Abastecimento De Água Em Relação Ao Monitoramento De Sua Qualidade Em Diversos Municípios, Uma Vez Que Os Procedimentos Definidos Nas Diretrizes Preconizadas Pela Portaria Vigente Visam À Prevenção De Riscos À Saúde Humana, Por Meio Da Garantia Da Qualidade E Segurança Da Água Fornecida À População.

Destaca-Se Que Do Total De 78 Municípios No Estado Do Rio De Janeiro Que Contam Com Captação E Abastecimento Oriundos De Mananciais Superficiais, Apenas 36 Realizaram O Monitoramento De Cianobactérias. Desta Forma, O Panorama Da Ocorrência De Cianobactérias No Estado Não Pode Ser Realizado Com Acurácia, Uma Vez Que Os Dados Não São Representativos. No Entanto, A Falta De Dados Relacionados Ao Monitoramento De Cianobactérias Permite Reconhecer A Necessidade De Implementação De Medidas De Controle, Além De Ações Preventivas E/Ou Corretivas, Principalmente Nos Municípios Nos Quais Foram Identificadas Elevadas Densidades De Células De Cianobactérias (Superiores A 20.000 Células/ML), Como Araruama E Cabo Frio.

Além Disso, Foi Possível Notar Que O Gênero *Aphanocapsa*, Conhecidamente Produtor De Microcistina (Cianotoxinahepatotóxica), Foi O Mais Abundante Nas Amostras Analisadas No Período De Estudo, Apesar De A Opção “Outros Gêneros” Ser Comumente Onde Se Observam Os Maiores Valores, O Que Evidencia A Necessidade De Maior Detalhamento Em Relação À Presença

De Cianobactérias Por Parte Dos Responsáveis Pelo Abastecimento, Uma Vez Que Sem A Identificação Do Gênero, A Inferência Das Possíveis Cianotoxinas No Meio Aquoso Torna-Se Inviável, Deixando A Saúde Da População Abastecida Por Tais Águas Vulnerável Aos Seus Efeitos.

Diante Do Que Foi Exposto, É Possível Concluir Que A despeito Da Elevada Ocorrência De Cianobactérias Nos Mananciais, Há Uma Lacuna Em Relação Ao Monitoramento Correto E Eficiente Por Parte Dos Responsáveis Pelo Abastecimento, Possivelmente Em Virtude Da Falta De Fiscalização E Punição Pelos Órgãos Responsáveis. Reforça-Se, Ainda, A Necessidade De Intensificar E Otimizar As Técnicas Utilizadas Nos Tratamentos Convencionais Executados Pelas Etas Em Relação À Presença De Cianobactérias, Especialmente Em Municípios Com Recorrente Histórico De Florações, A Fim De Minimizar Os Potenciais Riscos À Saúde Da População Evitar Novos Episódios Semelhantes À Crise Da Geosmina Do Rio Guandu E A Tragédia De Caruaru.

Cabe Ressaltar Que A Portaria Gm/Ms Nº 888 De 2021 Trouxe Mudanças Significativas No Monitoramento De Cianobactérias E Cianotoxinas Em Comparação Com O Anexo Xx Da Portaria De Consolidação Nº 5 De 2017, Visando A Melhoria Da Gestão De Riscos E A Segurança Da Água Para Consumo Humano. A Nova Portaria Introduziu A Obrigatoriedade De Análise De Clorofila-A, Como Indicador Precoce Do Aumento De Cianobactérias, Com Ações Específicas Dependendo Dos Resultados, Como A Coleta Adicional De Amostras De Fitoplâncton Ou A Intensificação Do Monitoramento Semanal No Ponto De Captação. Anteriormente, O Monitoramento Era Focado Apenas Na Contagem De Células De Cianobactérias (>20.000 Células/ML), Enquanto Agora O Monitoramento É Mais Escalonado E Preventivo. Além Disso, A Análise De Cianotoxinas (Microcistinas, Saxitoxinas E Cilindrospermopsinas) Tornou-Se Obrigatória Quando A Contagem De Cianobactérias Excede 20.000 Células/ML, E Também É Permitida A Análise Semanal Na Água Bruta Da Eta Como Alternativa, Dispensando A Verificação De Cianobactérias E Clorofila-A. Caso Os Níveis De Cianotoxinas Ultrapassem Os Valores Máximos Permitidos (Vmp), A Portaria Determina Ações Imediatas, Como A Comunicação Obrigatória À Autoridade De Saúde Pública E A Clínicas De Hemodiálise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, S. M. F. O.; Carmichael, W. W.; Jacobi, C. M.; Lobo, T. S.; Matarazzo, L. C.; Silva, H. A. Human Intoxication By Microcystins During Renal Dialysis Treatment In Caruaru – Brazil. *Toxicon*, V. 36, N. 6, P. 187-195, 2002.

Bernardes, A. C.; Oliveira, R. T.; Costa, M. S. Qualidade Da Água Para Consumo Humano: Parâmetros De Controle E Vigilância. *Revista Brasileira De Recursos Hídricos*, V. 27, N. 4, P. 45-58, 2022.

Brasil. Fundação Nacional De Saúde. Manual De Vigilância E Controle Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano. Brasília, Df: Funasa, 2024.



Brasil. Ministério Da Saúde. Portaria De Consolidação Prc Nº 05, De 28 De Setembro De 2017. Consolidação Das Normas Sobre As Ações E Os Serviços De Saúde Do Sistema Único De Saúde. Diário Oficial Da União: Seção 1, Brasília, Df, 2017.

Brasil. Ministério Da Saúde. Portaria Gm/Ms Nº 888, De 4 De Maio De 2021. Altera Os Padrões De Qualidade Para A Água Destinada Ao Consumo Humano E Dá Outras Providências. Ministério Da Saúde, Brasília, 2021.

Brasil. Ministério Da Saúde. Portaria Ms Nº 1469, De 29 De Dezembro De 2000. Estabelece Os Procedimentos E Responsabilidades Relativos Ao Controle E Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano E Seu Padrão De Potabilidade. Ministério Da Saúde, Brasília, 2000.

Brasil. Ministério Da Saúde. Sistema De Informação De Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano (Sisagua). Banco De Dados Acessado Em 2020. Disponível Em: <https://www.gov.br/saude/pt-br>.

Brito, T.T.; Barreiros, G.A.; Pacheco, J.C.; Marques, R.H.C.; Farias, S.M. Dos S.; Siqueira, G.W.; Rego, J De A R Do. Qualidade Da Água Em Reservatórios: Implicações Ambientais Da Contaminação Por Cianobactérias Na Saúde Pública No Brasil. Revista Saúde E Meio Ambiente- Ufms- Campus Três Lagoas (Julho A Dezembro De 2023) - Resma, Volume 15, Número 2, 2023. Pág. 98-108.

Burford, M. A.; Carey, C. C.; Hamilton, D. P.; Holland, D. P.; Brookes, J. D.; Bridges, C. The Role Of Light And Nutrients In Driving Seasonal Dynamics Of *Anabaena Circinalis* In Shallow Reservoirs. *Freshwater Biology*, V. 61, N. 5, P. 673-689, 2016.

Cardoso, L. M. Monitoramento De Cianotoxinas Em Mananciais De Abastecimento Público No Brasil. *Revista De Saúde Ambiental*, V. 15, N. 3, P. 123-136, 2024.

Carmichael, W. W. The Toxins Of Cyanobacteria. *Scientific American*, [S. L.], V. 270, N. 1, P. 78-86, 1994. Doi: 10.1038/Scientificamerican0194-78. Disponível Em: <https://www.scientificamerican.com/article/the-toxins-of-cyanobacteria>

Cetesb. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Relatório De Qualidade Das Águas Interiores Do Estado De São Paulo. São Paulo: Cetesb, 2023.

Domingos, P.; Rubim, T. K.; Molica, R. J. R.; Azevedo, S. M. F. O.; Carmichael, W. W. First Report Of Microcystin Production By Picoplanktonic Cyanobacteria Isolated From A Northeast Brazilian Drinking Water Supply. *Environmental Toxicology*, [S. L.], V. 14, N. 1, P. 31-35, 1999. Doi: 10.1002/(Sici)1522-7278(199902)14:1<31::Aid-Tox6>3.0.Co:2-B. Disponível Em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(Sici\)1522-7278\(199902\)14:1%3c31::Aid-Tox6%3e3.0.Co:2-B](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(Sici)1522-7278(199902)14:1%3c31::Aid-Tox6%3e3.0.Co:2-B)

Ferrão-Filho, A. S.; Moscatelli, M. Presença De Cianobactérias E Cianotoxinas Em Ambientes Costeiros Brasileiros: Um Risco Ambiental E De Saúde Pública? *Revista Brasileira De Saúde E Produção Animal*, V. 11, N. 3, P. 117-129, 2020.

Gomes, A.M. Da A.; Sampaio, P.L.; Ferrão-Filho, A. Da S.; Magalhães, V. De F.; Marinho, M. M.; De Oliveira, A.C.P.; Dos Santos, V.B.; Domingos, P.; De Oliveira E A.S.M. F. Florações De Cianobactérias Tóxicas Em Uma Lagoa Costeira Hipereutrófica Do Rio De Janeiro/Rj (Brasil) E Suas Consequências Para Saúde Humana. *Oecologia Brasiliensis*, [S. L.], V. 13, N. 2, P. 329-345, 2009. Doi: 10.4257/Oeco.2009.1302.08

Gradissimo, F. C.; Mourão, A. A.; Santos, M. M. Cianotoxinas: Produção, Efeitos E Desafios Para O Monitoramento Em Águas De Consumo Humano. *Revista Brasileira De Ecotoxicologia*, V. 13, N. 2, P. 54-67, 2020.

Inea - Instituto Estadual Do Ambiente. Relatório De Monitoramento Da Qualidade Das Águas Superficiais Do Estado Do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro, 2018.

Jardim, P. C. Levantamento Da Ocorrência De Cianobactérias Em Mananciais De Abastecimento No Brasil: Implicações Ambientais E De Saúde Pública. *Revista Brasileira De Recursos Hídricos*, V. 23, N. 1, P. 45-58, 2018.

Lapolli, F. R.; Coral, L. A.; Recio, M. A. Impactos Ambientais E Controle Da Eutrofização Em Mananciais De Abastecimento Público No Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, V. 16, N. 4, P. 2229-2239, 2011.



Análise de Dados sobre Cianobactérias e Cianotoxinas em Mananciais do Rio de Janeiro de 2015 a 2020

Lorenzi, A. S.; Costa, M. R.; Silva, M. L. Dinâmica Sazonal De Cianobactérias Em Reservatórios Tropicais Eutróficos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, V. 30, N. 2, P. 67-82, 2018.

Merel, S.; Walker, D.; Snider, R. Cianobactérias Em Mananciais De Abastecimento: Causas, Impactos E Mitigação. *Water Research*, V. 14, N. 5, P. 345-358, 2023.

Panosso, R.; Lima, J. R.; Oliveira, M. E. Efeitos Das Cianotoxinas Na Saúde Humana: Revisão De Literatura. *Journal Of Environmental Science*, V. 10, N. 2, P. 78-85, 2007.

Pereira, R.H.M.; Goncalves, C.N.. Geobr: Loads Shapefiles Of Official Spatial Data Sets Of Brazil, 2021. Disponível Em: <https://cran.r-project.org/package=Geobr>

Sant'anna, C. L.; Azevedo, M. T. P.; Mendes, M. C.; Komárek, J. New Records Of Bloom-Forming And Potentially Toxic Cyanobacteria From Brazil. *Nova Hedwigia*, V. 87, N. 1-2, P. 231-248, 2008.

Souza, V. R.; Cáceres-Durán, C. A. Gêneros De Cianobactérias E A Produção De Cianotoxinas Em Águas Tropicais. *Tropical Water Journal*, V. 18, N. 1, P. 101-114, 2023.

Wickham, H. *Ggplot2: Elegant Graphics For Data Analysis*. 1. Ed. New York, Ny: Springer New York, 2009. Doi: 10.1007/978-0-387-98141-3. Disponível Em: <http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-98141-3>.