

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

JORGE LUIZ DA SILVA PEREIRA

Variáveis Físicas, Químicas e Microbiológicas da água de consumo humano no Brasil: Análise cienciométrica de produção científica

Belém - PA

2022

JORGE LUIZ DA SILVA PEREIRA

Variáveis Físicas, Químicas e Microbiológica da água de consumo humano no Brasil; Análise cienciométrica de produção científica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia. Linha de Pesquisa: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas

Orientadora: Dra. Karina Dias da Silva

Coorientadores: Dra. Danielle Ribeiro Brasil
& Dr. Leandro Juen

Belém - PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P436v Pereira, Jorge Luiz da Silva.
Variáveis físicas, químicas e microbiológica da água de consumo humano no Brasil : análise cienciométrica de produção científica / Jorge Luiz da Silva Pereira. — 2022.
28 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof^a. Dra. Karina Dias da Silva
Coorientação: Prof^a. Dra. Danielle Ribeiro Brasil
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Belém, 2022.
1. Bibliometria. 2. Água - consumo. 3. Água - microbiologia. 4. Água - composição. 5. Química da água. I. Título.

CDD 025.0727

Folha de aprovação

JORGE LUIZ DA SILVA PEREIRA

**VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICA DA
ÁGUA DE CONSUMO HUMANO NO BRASIL: ANÁLISE
CIENCIOMÉTRICA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Júnior
Universidade Federal do Pará

.....

Prof^a Dr^a. Yulie Shimano
Universidade Federal do Pará

.....

Prof. Dr. Leandro Schlemmer Brasil
Universidade Federal do Pará

.....

Prof. Dr. Nelson Silva Braga Pinto
Universidade Federal de Goiás

.....

Prof^a Dr^a. Lenize Calvão
Universidade Federal do Pará

.....

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2022.

Local de defesa: apresentação virtual na sala do googlemet.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar. Obrigado senhor por mais esta conquista. Em segundo lugar, a meus pais, Arcelina Augusta e Eymar Passos (*in memoriam*), obrigado pela minha vida! - Agradeço igualmente a minha esposa e dedicada companheira, Nilda Veiga Pereira, pelo carinho e cuidado que sempre me dedicou, e por ser um dos principais motivos dessa minha caminhada acadêmica. Também tenho muito orgulho da profissional competente que você se tornou. Amo você! Nestes quase dois anos de muito empenho, dedicação e esforço eu não poderia chegar onde cheguei sem o valioso apoio de várias pessoas. Quero agradecer em especial, a minha orientadora, Prof. Dra. Karina Dias da Silva, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me concedeu orientação neste trabalho. Muito obrigado por me corrigir quando necessário sem nunca me desmotivar. Desejo igualmente agradecer aos meus coorientadores, Prof. Dr. Leandro Juen e a Prof. Dra. Danielle Ribeiro Brasil. Obrigado por tudo. Agradeço também a todos os meus colegas do Mestrado pela amizade, estiveram e estarão presentes em todos os momentos. Abro um espaço aqui para um agradecimento especial, aos coordenadores do Projeto “Microbioma Intestinal Infantil: uma Investigação Biocultural” realizado em Belém do Pará, em parceria Brasil e Estados Unidos da América (EUA), do qual essa dissertação é inerente. Sendo da Universidade de Ohio - EUA sobre a coordenação da Dra. Barbara Piperata, à USP - Brasil coordenado pelo Prof. Dr. Christian Hoffmann e à UFPA – Belém/PA coordenado pelo Prof. Dr. Luciano Montag, pela concessão da minha bolsa. O meu muito obrigado! Ao PPGECO que não mediu esforços para que esse projeto fosse desenvolvido e se concretizasse. Obrigado! Por último, quero agradecer aos demais familiares e amigos pelo apoio e motivação que me deram ao longo da elaboração deste trabalho. Obrigado!

SUMÁRIO

Sumário	4
Lista de figuras e gráficos	5
Lista de tabelas	6
Resumo	7
Abstract	8
1. Introdução	9
1.1. Objetivos	10
2. Metodologia	11
2.1. Organização dos dados	15
2.2. Fontes de informações	15
2.3. Classificação da água	16
2.4. Origens da água para estudos dos artigos	16
3. Resultados	13
3.1. Caracterização dos resultados da pesquisa	14
3.2. Publicação por região	17
3.3. Fontes de capitação da água utilizadas para pesquisas	18
3.4. Caracterização das ocorrências dos organismos de contaminação	19
3.5. Relação das variáveis físicas e químicas com microorganismos	20
4. Discussão	22
4.1. <i>Quantos artigos foram publicados no Brasil com o tema?</i>	23
4.2. <i>Quais as fontes das águas são investigadas nas publicações?</i>	23
4.3. <i>Quais os microrganismos mais frequentes em estudos de</i> <i>Qualidade da água?</i>	24
4.4. <i>Quais os parâmetros físico-químicos utilizados para indicar</i> <i>presença de microrganismos patogênicos encontrados na água?</i> ...	24
4.5 <i>Quais parâmetros físico-químicos que os estudos apontam como</i> <i>maus e bons indicadores de qualidade da água?</i>	25
5. Conclusão	26
6. Bibliografia.....	26

Lista de figuras

Figura 1. Informação da revista	9
Figura 2. Fluxo de informação	12
Figura 3. Frequência de publicações por ano	14
Figura 4. Quantidade de artigos publicados por cada região brasileira	16
Figura 5. Frequência de publicações por estado	17
Figura 6. Classificação das fontes de água estudadas	18
Figura 7. Descrição dos microorganismos registrados	19

Lista de tabelas

Tabela 1. Valores dos limites dos parâmetros da água	13
Tabela 2. Nº de publicações por periódicos	15
Tabela 3. Média dos parâmetros físico-químicos por região	20
Tabela 4. Variáveis mais relacionadas à presença de microorganismos.....	20
Tabela 5. Relação entre as variáveis com o tipo de água estudada	22

Apresentação da Revista a ser publicado o manuscrito

O manuscrito intitulado “**Análise cienciométrica de produção científica: Variáveis Físicas, Químicas e Microbiológica da água de consumo humano no Brasil**” será enviado a revista **Environmental Science and Pollution Research**, com fator de impacto 4.223. Essa revista publica artigos em todas as áreas do conhecimento em Ciência Ambiental, com ênfase em poluição com ampla visão interdisciplinar. As normas da revista podem ser acessadas através do link: <https://www.springer.com/journal/11356/submission-guidelines>.

Variáveis Físicas, Químicas e Microbiológica da água de consumo humano no Brasil: Análise cienciométrica de produção científica

Jorge Luiz da Silva Pereira¹, Danielle Ribeiro Brasil², Leandro Juen^{1,2}, Luciano Fogaça de Assis Montag^{1,2} e Karina Dias da Silva²

1 Laboratório de Ecologia e Conservação - Universidade Federal do Pará

2 Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação – Universidade Federal do Pará

Resumo

A água é uma substância essencial e de extrema importância à vida, cuja qualidade está diretamente relacionada ao aparecimento de diversas doenças. A qualidade da água fornecida para a população pode ser avaliada por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Este trabalho objetivou avaliar o aumento do conhecimento sobre o tema qualidade da água para o consumo humano no Brasil, utilizando o método cienciométrico. Realizou-se uma busca sistematizada das informações na base de dados Scielo, Scopus, *Web of Science* e Google acadêmico, buscando avaliar a qualidade físico, química e microbiológica da água para o consumo humano utilizada no Brasil, através de uma revisão sistemática da literatura. Obtivemos 843 artigos concatenados, destes 62 artigos atingiram critérios de inclusão. Houve investigação à qualidade d'água em 10 fontes de captação, foram registradas 20 espécies de microorganismos na água, sendo 15 espécies de bactérias e seis de protozoários, aonde *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, e para protozoários *Giardia spp* foram os mais frequentes. As variáveis que mais favorecem o ambiente para o surgimento dos microorganismos patogênicos encontradas nos trabalhos foram: Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial hidrogeniônico (pH), Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), Condutividade Elétrica (CE), Temperatura (T) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A região nordeste apresentou variáveis com maiores valores acima do esperado ou determinado pela resolução do Conama, assim como, o maior número de publicações. Apesar de termos detectado um aumento no número de estudos, questões como aspectos demográficos, condições socioeconômicas e saúde ambiental ainda continuam sem respostas e são questões importantes para serem consideradas em estudos futuros.

Palavras – chave: Bibliometria; Variáveis abióticas; Microbiologia da água.

Abstract

Water is an essential and fundamental substance for life, whose quality is directly related to the appearance of various diseases. The water quality supplied to the population can be evaluated by physical, chemical and microbiological parameters. This study aimed to evaluate the increase in knowledge water quality for human consumption in Brazil using the scientometric method. A systematic search for information was carried out in the Scielo, Scopus, Web of Science and Google academic databases. We seek to evaluate the physical, chemical and microbiological water quality for human consumption in Brazil through a systematic literature review. We obtained 843 concatenated articles, of which 62 articles met inclusion criteria. There was an investigation of the water quality in 10 sources of water abstraction, 20 numbers of species of microorganisms were classified, being 15 species of bacteria and 6 of protozoa, were *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, and for protozoa *Giardia* spp. were the most frequent. The variables that most favor the environment for the emergence of pathogenic microorganisms found in the studies were: Dissolved Oxygen (DO), hydrogenic potential (pH), Nephelometric Turbidity Unit (UNT), Electrical Conductivity (EC), Temperature (T) and Demand Oxygen Biochemistry (BOD). The Northeast region presented variables with higher values than expected, as well as the highest number of publications. Although we have detected an increase in the number of studies, some questions such as demographic aspects, socioeconomic conditions and environmental health still remain unanswered and are important questions to be considered in future studies.

Keywords: Bibliometrics; Abiotic variables; Water microbiology.

1. Introdução

A água é uma substância essencial à vida, sendo de extrema importância para a homeostase dos organismos vivos (COSWOSK et al., 2013). A ingestão de água tratada é importante à qualidade de vida e um fator determinante à prevenção de algumas enfermidades, como amebíase, esquistossomose, giardíase, cólera e diarreia provocadas por microorganismos relacionadas aos principais fatores físico-químicos (e.g. Temperatura (C°), Oxigênio dissolvido, (mg/L), Potencial hidrogeniônico (mg/L) e Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) que tem afligido a saúde de populações em todo o mundo. Como forma de conter este quadro, o tratamento de água e os serviços de saneamento básico são essenciais à vida e possuem impactos diretos sobre a qualidade ambiental da água à saúde humana (POONIA et al., 2015)

A água considerada potável não deve conter microrganismos patogênicos, a maior parte das enfermidades transmitidas para o ser humano é causada por microorganismos, particularmente vírus, protozoários e bactérias do grupo coliforme, acima do limite estabelecido pelo Conama através da resolução 357/2005. Aonde é informado os valores recomendados ou tolerados para o consumo humano segundo o ministério da saúde, estes microorganismos são indicadores de contaminação fecal, sendo a principal representante desse grupo a bactéria *Escherichia coli* (FUNASA, 2013). As bactérias do grupo Coliformes termotolerantes são Gram negativas, pertencentes a família Enterobactereacea, fermentadoras de lactose, com produção de gás, em 24 a 28 h a 35°C (NEVES et al., 2016). São comumente utilizadas na avaliação da qualidade das águas, servindo de parâmetro microbiológico básico às leis de consumo criadas pelos governos (BRASIL, 2011).

Na literatura existem vários estudos sobre a qualidade microbiológica da água para o consumo humano em área urbana e rural, que relatam a alta incidência de águas contaminadas, seja na água bruta capitada de bacias hidrográficas para o tratamento, assim como, nas águas que já passaram por tratamento e que foram contaminadas após sair da estação de tratamento até chegar à população (NEVES et al., 2016). Apesar dos avanços observados nessa área nos últimos anos, o Brasil por possuir escala continental, nem sempre o desenvolvimento ou oferta dos serviços e de recursos é similar nas regiões. Algumas regiões como a região norte e nordeste, quando comparadas ao sul e sudeste, o que aumenta ainda mais a necessidade de realizar avanço dessa linha de pesquisa, bem como, mostrar lacunas ou questões que ainda precisam ser observadas e contempladas nos estudos (ROCHA, et al., 2010). Sendo importante portanto, compilar essas informações para tentar detectar os padrões e as lacunas

dos estudos nessa área (ARAÚJO et al., 2017). Uma das formas de realizar essas compilações e síntese é usando a cienciometria, que é um segmento da ciência que envolve estudos quantitativos das atividades científicas. Usando a Ciência da Informação é possível realizar revisões bibliográficas sistematizadas, permitindo extrair informações históricas mais precisas, sobre os conhecimentos acumulados e as lacunas existentes possibilitando, portanto, inferir sobre novas áreas de investigação, apontando caminhos a serem percorridos (GOBIRA et al., 2018).

Dada a importância da qualidade da água no que tange a proteção da saúde humana, o presente estudo apresenta uma análise cienciométrica das propriedades físicas, químicas e microbiológica da qualidade da água captada e oferecida à população brasileira. O objetivo geral deste estudo é avaliar a qualidade físico, química e microbiológica da água utilizada no Brasil por meio de uma revisão sistemática da literatura, afim de analisar se estas se encontram dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes. Esta análise busca responder as seguintes perguntas específicas: 1) Quantos artigos foram publicados no Brasil, regiões e estados com o tema? 2) Quais as fontes das águas são investigadas nas publicações? 3) Quais os microrganismos mais frequentes em estudos de qualidade da água? 4) Quais os parâmetros físico-químico são mais relacionadas com a má qualidade da água favorável à presença dos microrganismos patogênicos encontrados nos artigos?

2. Metodologia

2.1. Fontes de informação

O levantamento cienciométrico sobre a qualidade de água foi realizado em base de dados de publicação científica, no Portal de Periódicos Capes utilizando as plataformas Scielo, Scopus, *Web of Science* e Google Acadêmico, usando um bloco de palavras chaves, levando em consideração que estes organismos são amplamente medidos para considerar a água apropriada para o consumo humano: Microbiological OR Wastewater, “*Escherichia coli*” OR Coliforms OR “*Endolimax nana*” OR Parasits AND Brazil. A busca foi realizada no dia 30 de junho de 2021, considerando o intervalo de tempo de 1986 a 2021.

Foi utilizado um critério de exclusão, literatura cinza (resumos de congressos, seminários, monografias, dissertações e teses), além de duplicatas por não atenderem a revisão por pares. Após a seleção foram compilados apenas os artigos que atendiam aos critérios de elegibilidade da busca, que avaliava as propriedades físicas, químicas e microbiológica da água (Figura 1).

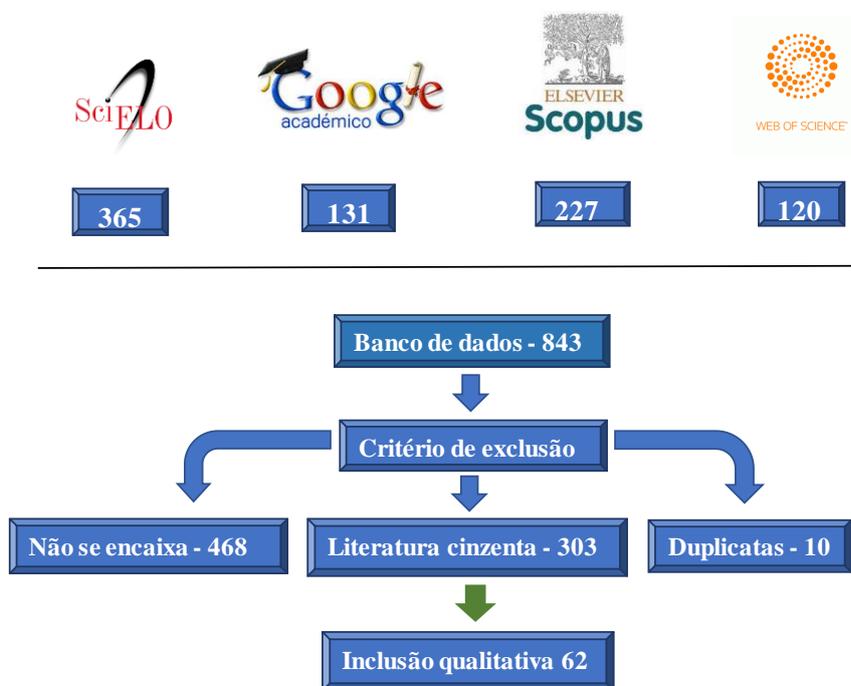


Figura 1. Fluxograma das informações com as diferentes fases de execução na revisão sistemática através das bases de dados: Scielo, Google Acadêmico, Scopus e Web of Science.

2.2. Organização dos dados

Para organizar os dados, foram tabuladas as principais informações dos 62 estudos de interesse da qualidade da água em uma só planilha com registros que determinaram as estruturas de investigações, buscando facilitar o uso dessas mesmas informações ao realizar as análises comparativas qualitativas e quantitativas. Após a leitura compilamos as seguintes informações de todos os 62 artigos: Ano; País; Estado; Região; Coordenadas; Título; Autor; Revista; Espécie de microorganismo; Tipo de água analisada; Objetivo; Resultados; Limite tolerado; Valor encontrado; número amostral; Valor do Teste; Sazonalidade e dez parâmetros físico-químicos: pH, OD, CE, NTU, T, DBO, NO₃, Nitrito NO₂ e Cloro (Cl), por serem estas variáveis consideradas necessárias para apontar má qualidade da água.

2.3 Classificação da água

Segundo o Ministério da Saúde água de classificação I, II, III e classe especial são destinadas ao abastecimento para o consumo humano sendo consideradas seguras a saúde e o bem-estar da população como nas resoluções 357/2005, 270/ e 430/2011. As classes referem-se ao enquadramento das águas em função de sua qualidade, como estabelecido na Portaria no 13/GM, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior. Cabe a ressalva de que a classificação mais recente para os corpos d'água encontra-se estabelecida na Resolução do Conama N° 357/2005.

Tabela 1. Valores dos limites dos parâmetros da água para enquadramento nas classes das águas doces do Brasil segundo o ministério da saúde (MS).

	OD (mg/L)	VARIÁVEIS		
		pH (mg/L)	UNT (mg/L)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
ESPECIAL	> 10.0	6.9 – 9.0	0 – 20	0 – 50
I	10 – 6	6.0 – 9.0	20 – 40	50 – 75
II	6 – 5	6.0 – 9.0	40 – 70	75 – 100
III	5 – 4	6.0 – 9.0	70 - 100	100 – 150
IV	4	6.0 – 9.0	> 100	> 150

Legenda: Limites dos valores das variáveis usuais para determinar a qualidade da água nas diferentes classes: Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial hidrogeniônico (pH), Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), Condutividade Elétrica (CE).

2.4. Água utilizada para estudos dos artigos

As fontes de abastecimento das águas utilizadas para o uso humano relatada nos artigos da pesquisa, tiveram 10 origens diferentes das águas de consumo usados em: Abastecimento público, escola, alimento, hospital, envasada em garrafão, bebedouro público, cisterna classificadas em água tratada e bacia hidrográfica, lago e poço classificada em água não tratada com objetivo de pautar padrão microbiológico, tanto para os artigos que aferiram as variáveis físicas e químicas e relacionar a influência da presença de microorganismos, quanto os que medirem diretamente a presença de microorganismos na água através de método específico seja, que usaram método direto para confirmar presença ou ausência de algum microorganismo patogênico na água investigada.

2.5 Análise estatístico

Considerando que as variáveis são grandezas distintas, foi realizada uma análise estatística baseada na média, coeficiente de variação e desvio padrão de cada variável, para associar quais variáveis os valores são fortes ou fracas para responder as concentrações de microorganismos. A análise foi realizada com o auxílio do software Microsoft Office Excel 2010.

3. Resultados

3.1. Caracterização dos resultados da busca

Nossa busca resultou em 843 artigos publicados nas plataformas pesquisadas: 365 no banco de dados da Scielo, 227 na Scopus, 120 no banco de dados da *Web of Science* e 131 no banco de dados da Google acadêmico. Destes, 10 artigos foram excluídos por serem duplicatas, 225 trabalhos por serem monografias e teses, 78 trabalhos por serem resumos de anais de congressos, seminários e simpósios e 468 que não preencheram os critérios de seleção estabelecidos por nosso estudo. Restando, portanto, 62 artigos que preenchiam todos os requisitos e se associavam a qualidade da água para consumo humano no Brasil (Figura 1).

No contexto avaliado, nas duas primeiras décadas (1986 à 2010) houve poucos artigos publicados com interesse microbiológico da água no Brasil, com apenas três trabalhos publicados (4,83 %). Ocorrendo um aumento considerável somente a partir de 2015, com a publicação de oito artigos (12,90 %) e a partir de 2015 esses estudos passaram a serem mais frequentes, chegando a 52 publicações nos últimos sete anos, apresentando crescimento até 2020, havendo uma queda em 2021 para quatro artigos, provavelmente provocado pela pandemia da Covid-19, no entanto com tendência de crescimento para os próximos anos (Figura 2).

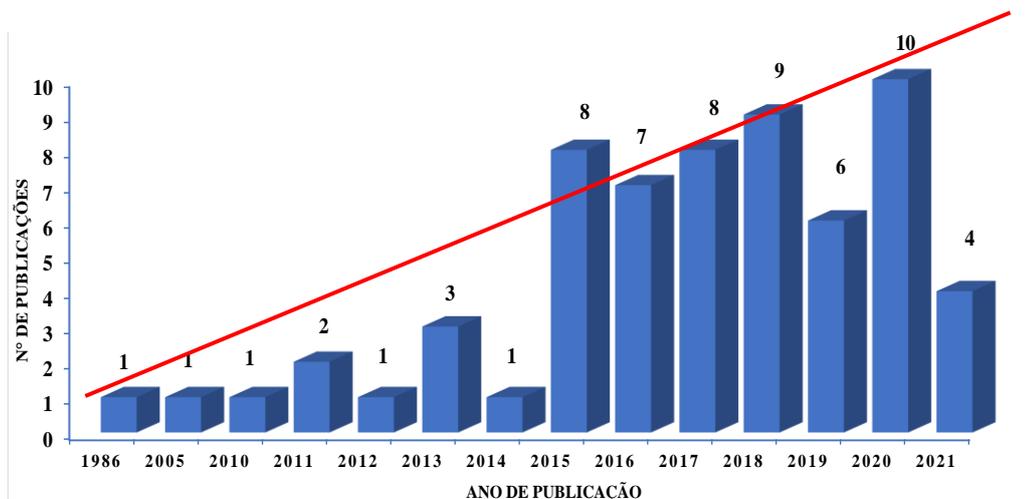


Figura 2. Frequência acumulada dos artigos publicados no Brasil por ano.

3.2. Publicação dos artigos por região

A região Nordeste apresentou predominância de publicações de artigos científicos ($n = 18$; 29,03%), seguida da Sudeste ($n = 17$; 27,4%) e Sul ($n = 15$; 24,2%). As regiões Norte ($n = 7$; 11,3%) e Centro-Oeste ($n = 5$; 8,07%) apresentaram as menores frequência de publicações (Figura 3).

Considerando os estados da federação brasileira, apenas 20 estados apresentaram artigos de pesquisas de avaliação da qualidade da água fornecida para a população. Fazendo uma avaliação por regiões, a região norte possui somente quatro estados com artigos publicados: Pará, com três publicações; Rondônia com duas publicações, Amazonas e Amapá com uma publicação cada. Merecendo destaque que dos 26 estados e o distrito Federal, sete estados (Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Alagoas, Tocantins, Roraima e Acre), ainda possuem lacunas sobre o tema pesquisado (Figura 4). Destacando especialmente os três últimos que pertencem a região norte, no bioma Amazônico, uma das regiões de maior disponibilidade hídrica natural do Brasil.

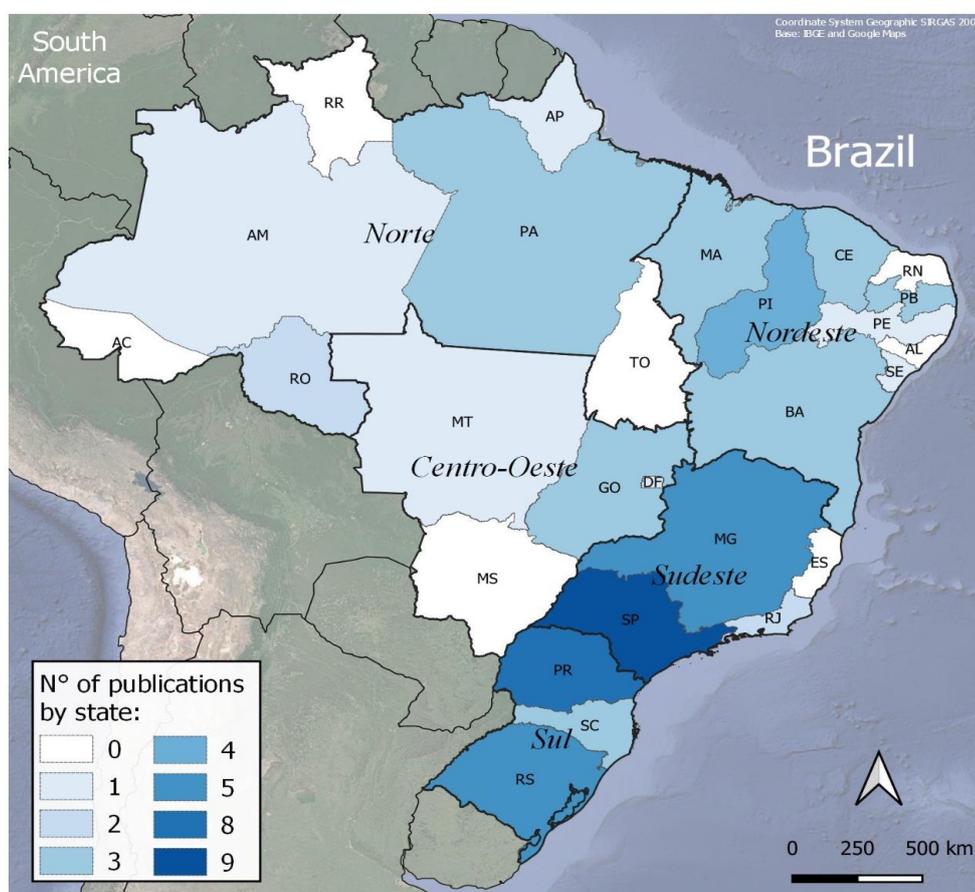


Figura 4. Frequência de publicações no Brasil por região, por estado e o Distrito Federal com interesse sobre a qualidade da água utilizada para consumo.

3.3. Origem da água utilizadas pelos artigos pesquisados

As águas analisadas foram classificadas em 10 fontes de captação destinadas ao consumo humano nos artigos selecionados. Foram qualificadas em águas não tratadas (24 = 38,71%), sendo dois artigos de lagos, um artigo de água de poço e 21 artigos com água de bacia hidrográfica. Já com as águas tratadas foram registradas (58 = 61,29%), com 16 artigos com água para o abastecimento público (residência), seis com água para o consumo em escolas, quatro com água em hospitais, três com água emvasada, quatro com água contidas em alimentos, três com água de bebedouro público e dois com águas provenientes de cisternas (reservatório em condomínios). (Figura 5).

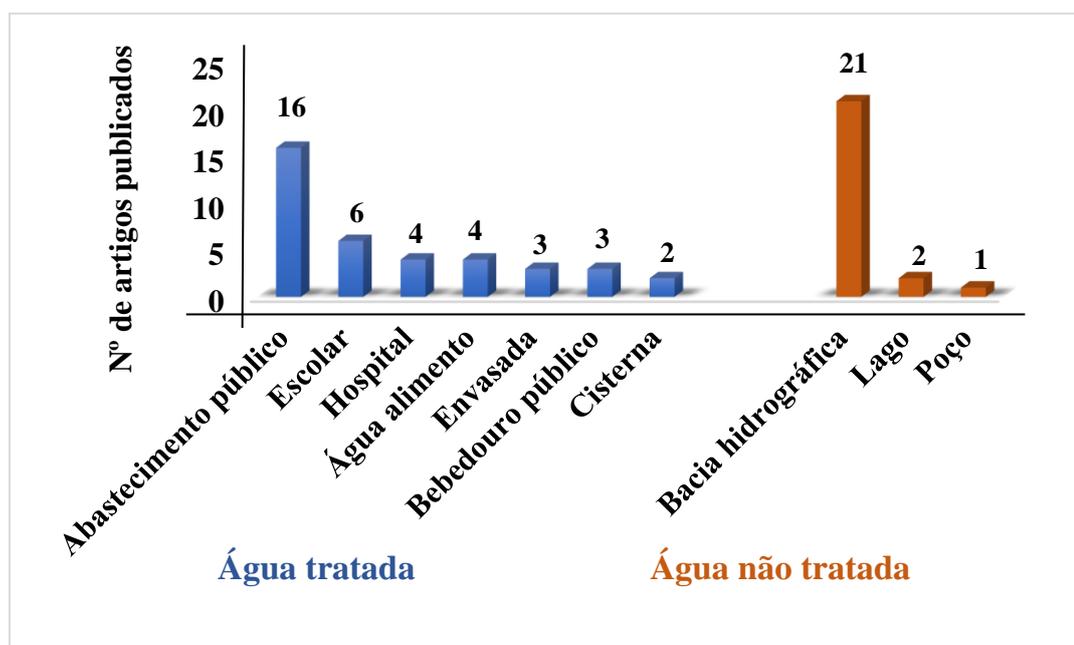


Figura 5. Classificação das fontes de água utilizadas nos artigos para a análise da qualidade das variáveis físico-químico e microbiológico.

Nos estudos analisados as águas que continham a maior diversidade de microrganismos foram as águas tratadas, destacando-se as águas de hospitais e de abastecimento público. As águas de hospitais com o registro de: *Escherichia coli*, *Entamoeba coli*, *Pseudomonas spp*, *Staphylococcus*, *Endolimax nana* e *Balantidium coli*; e as águas de abastecimento público com os microrganismos: *Giardia spp*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas spp* e *Toxoplasma gondii*. Enquanto as águas não tratadas, houve destaque apenas às águas de

bacia hidrográfica com os microorganismos: *E. coli*, Cianobactéria e *Cryptosporidium spp* (Figura 5).

3.4. Caracterização das ocorrências dos organismos de contaminação.

Dos 62 artigos, em 61 (98%) foram registrados a ocorrência de algum microorganismos cuja incidência está associada a água de baixa qualidade. Foi reportada a ocorrência de 21 espécies de microrganismos diferentes, sendo 15 do grupo de bactéria: *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Pseudomonas spp*, *Aerobios mesofilos*, Bactérias heterotróficas, *Serratia liquefaciens*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgares*, *Aeromonas spp*, *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter calcoacetius*, *Vibrio parahaemolyticus-like*, *Vibrio cholera*, *Vibrio alginolyticus* e Cianobactéria; e seis do grupo de Protozoários: *Giardia spp*, *Cryptosporidium spp*, *Endolimax nana*, *Balantidium coli*, *Toxoplasma gondii* e *Entamoeba coli*. (Figura 6). A espécie com maior frequência estudada foi a bactéria termotolerante *Escherichia coli* com registros em 59 artigos.

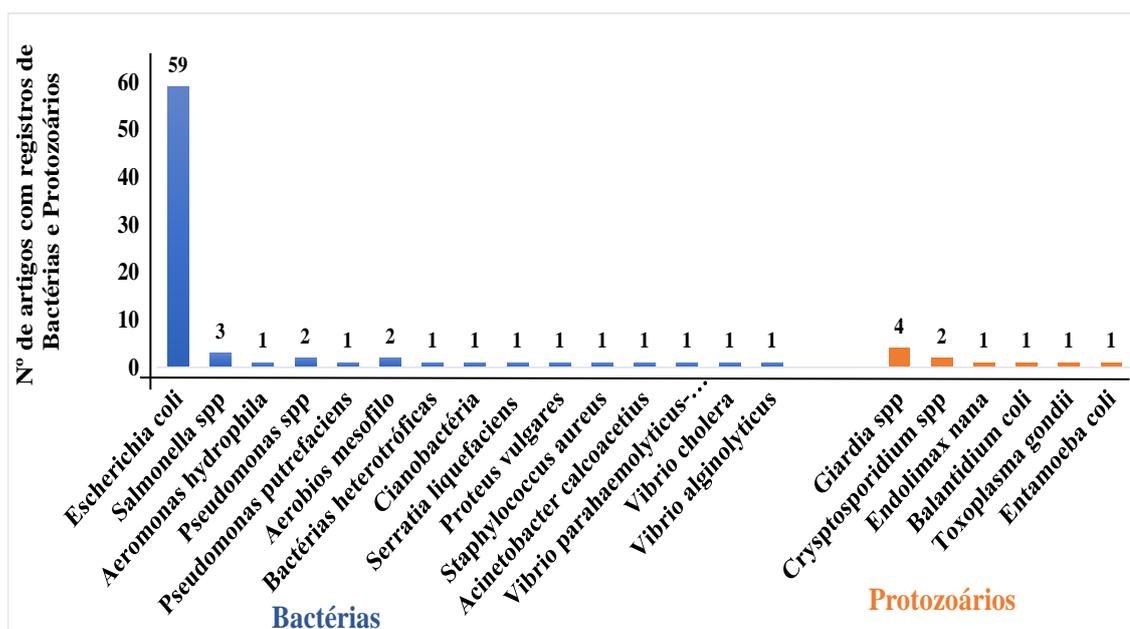


Figura 6. Número de espécies dos microorganismos encontradas nos artigos.

3.5. Variáveis físicas e químicas

As variáveis mais aferidas dentre os artigos pesquisados para indicar a qualidade da água foram T (C°), pH (mg/L), OD, CE, NO₃ e o NO₂, porque essas variáveis oferecem condições físicas e químicas que podem influenciar o crescimento de um microorganismo. Dos artigos estudados que buscavam relacionar a presença de microrganismos do grupo coliformes na água, em 16 artigos (25,8%) aferiram por meio das variáveis físicas e químicas apontadas

como favoritas à presença de microorganismos na água, e em 46 artigos (74,2%) utilizaram outras metodologias para detectar a presença ou ausência de microorganismos, afim de, relacionar se os parâmetros físico-químico com microorganismo estão associados, os valores das variáveis encontrados foram comparados, aos valores recomendáveis para reconhecer a água potável para o consumo humano (Tabela 2).

Tabela 2. Valores das variáveis físicas e químicos do Conama e os valores médios revelados nos artigos para o Brasil e a média dos parâmetros para cada região.

	Parâmetro								
	pH	OD	CE	DBO	UNT	T	CL	NO3	NO2
Conama	6.0 – 9.0	4.0	10-100	10	5	20	2.0	10.0	10.0
Média no Brasil	6.49	5.46	79.1	2.56	24.05	22.38	23.2	0.41	0.57
Norte	6.87	5.39	98.4	2.70	12.15	24.81	0.0	0.08	0.08
Nordeste	6.96	5.51	40.3	2.53	31.09	23.77	26.0	0.52	0.57
Centro Oeste	6.38	5.5	53.4	3.23	37.87	25.53	0.36	0.40	0.58
Sudeste	6.95	4.7	32.5	3.02	8.76	24.97	57.5	0.00	0.00
Sul	6.94	4.6	44.2	2.98	29.56	24.17	20.59	0.00	0.00

Legenda: Variáveis físico-químicas com intervalo: Potencial hidrogeniônico (pH); Oxigênio dissolvido (OD). Variáveis até este valor: Condutividade elétrica (CE); Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO); Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT); Temperatura (T); Cloro (CL); Nitrato (NO₃) e Nitrito (NO₂).

3.6. Análise estatística

O cloro foi a variável que apresentou maior variação para o Brasil, com 64% de variação, o segundo foi o nitrato com 50% e o oxigênio dissolvido com 39% da variação, demonstrando uma alta variabilidade dos dados o que indica que houve influência dessas variáveis na maioria dos trabalhos em todas as regiões. Adicional a isso, a maioria das variáveis demonstram alta frequência de ocorrência com as concentrações de microorganismos revelados nos artigos (Tabela. 3).

Tabela 3. Média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis da água para o Brasil.

	PH	CE	OD	T	DBO	UNT	CL	NO3	NO2
Média	6,87	131,04	5,19	26,66	2,61	34,75	0,37	0,48	0,58
Variância	0,62	55,52	4,22	3,05	0,29	41,84	0,06	0,06	0,04
Desvio padrão	0,78	7,45	2,05	1,74	0,53	20,26	0,24	0,24	0,2
Coef. De variação	11,35	5,68	39,49	6,52	20,3	58,3	64,86	50,01	34,48

As variáveis de maior frequência com valores em desconformidades com os limites estabelecidos foram T, OD e UNT, constituindo uma forte relação de influência na mudança da qualidade da água apresentadas nos resultados das análises físico-químicas dos artigos que exibiram investigaram as variáveis em estudos de bacias hidrográficas e nas redes de abastecimentos público (Tabela 4).

Tabela 4. Variáveis que tiveram valores acima do estabelecidos pelo Conama, que podem estabelecer à presença dos microorganismos *Escherichia coli*, *Giardia spp* e *Salmonela spp*.

ESPÉCIE	VARIÁVEIS
<i>Escherichia coli</i>	CE, OD, T, UNT, NO ₂
<i>Salmonela spp</i>	pH, CE, OD, T
<i>Giardia spp</i>	T, CL, UNT, pH, NO ₂

Entre os resultados analisados o CL foi encontrado no valor de 23.2 mg/L⁻¹, sendo 21,2 mg/L⁻¹ acima do limite estabelecido; o OD foi encontrado valor de 5.46 mg/L⁻¹, sendo 1,46 mg/L⁻¹ acima do limite recomendado; enquanto o pH (6,47), DBO (2.56 mg/L⁻¹) e NO₂ (0.41 mg/L⁻¹) foram encontrados valores dentro do limite recomendado, 6-9.0; 10.0 e 10.0 respectivamente.

Para avaliar a má qualidade da água os parâmetros que apresentaram maiores índices, ou seja, valores acima do limite aceitável foram as variáveis: pH utilizado em 26 artigos, UNT em 15 artigos, OD em 14 artigos, DBO em 9 artigos, Temperatura em 17 artigos e CE em 14 artigos. Os artigos que apresentam resultados com estas variáveis estão amplamente distribuídos em todas as regiões do Brasil e que tiveram interesse em investigar a qualidade da água utilizada para diversos fins (Tabela 5).

Tabela 5. Regiões e respectivos estados que apontaram as variáveis com maior índice de má qualidade da água e a fonte de água estudada.

REGIÃO	ESTADO	VARIÁVEIS	TIPO DA ÁGUA
NORTE	Amapá	pH, T (C°), UNT, CE, OD	Abastecimento público
NORDESTE	Piauí, Ceará	CE, OD, UNT	Lagoa, Cisterna
CENTRO ESTE	Goiás	OD, T, UNT	Abastecimento público
SUDESTE	São Paulo	CE, OD, T	Abastecimento público
SUL	Rio Grande do Sul, Paraná	OD, DBO, pH	Bacia hidrográfica

Os estados que destacaram as variáveis com valores mais alterados foram no norte, no Amapá com água de abastecimento público, com as variáveis: (pH = 5.0; UNT = 2.8; CE = 197.2 e OD = 4.91); no nordeste, no estado do Piauí e no Ceará, com água de lagoa e cisterna, respectivamente, com as variáveis (CE = 505; OD = 5.1 e UNT = 49.0); no Centro Oeste, no estado de Goiás, com a água de abastecimento público, com variáveis (OD = 4.3; T = 27.4 e UNT = 0.71); o sudeste, no estado de São Paulo, com água de abastecimento público com variáveis (CE = 125.0; OD = 4.8 e T = 26.2); e a região sul, nos estado do Rio Grande do sul e no Paraná, com água de bacia hidrográfica com valores de (OD = 8.2; DBO = 2.72 e pH = 5.01).

Discussão

Os achados no presente estudo mostram que no período entre 1986 a 2021, nas primeiras décadas houve apenas 10 publicações até o ano de 2014. O que pode ter forte ligação com falta de investimentos para os programas de pós graduação que pudessem desenvolver essa linha de pesquisa, a importância de estudos sobre a qualidade da água de consumo humano (XAVIER et al., 2018). A partir de 2015 houve um acréscimo nas publicações, o que pode ter sido reflexo de investimento maciço em pós-graduação para o interesse em pesquisa de investigar e apontar a qualidade da água distribuída à população para consumo em diversos fins, através de análises microbiológica e físico-química da água (SOARES et al., 2017).

Na literatura existem inúmeros estudos que ressaltam a qualidade microbiológica da água que é utilizada em diversas necessidades humanos, em escolas e instituições de ensino, residências, e que relatam alta incidência de águas contaminadas (NEVES et al., 2016). Na maioria desses estudos os objetivos, destaca a qualidade físico-química e microbiológica da água. Porém nos últimos dois anos houve uma ruptura na densidade de estudos que estavam ocorrendo, e que se espera que este quadro retome o crescimento com estudos direcionados ao tema.

As 10 fontes de água investigadas especificaram as características necessárias, para que, a água chegue até a população confiável, as fontes de captação de água distintas variaram entre instituições, bacias hidrográficas, água domiciliar e reservatório, e foram classificadas como água tratadas e água não tratadas. A alteração na qualidade da água pode ser afetada pela falta de controle sanitário, armazenamento incorreto e falta de manutenção em infraestrutura de distribuição. Podendo provocar contaminação na água ao longo do trajeto por tubulações antigas, uma vez que as análises foram realizadas na água já na fase de consumo, com exceção da água das bacias hidrográficas que é fonte de água não tratada (MUÑOZ, 2000); (CARDOSO et al., 2007); VIANA et al., 2010).

Embora existam esses cenários em diferentes fontes de captação de água para atividades e consumo humano direto encontrados, o Brasil ainda está em condições privilegiadas em relação a maioria dos países do mundo. Principalmente quanto à disponibilidade de recursos hídricos que exijam padrões qualitativos e quantitativos aceitáveis, porém, há de se pensar que as mesmas fontes deverão servir às futuras gerações, o que aumenta muito nossa responsabilidade sobre esse legado (Borghetti et al., 2004).

Os microorganismos *Escherichia coli*, Salmonella e Giardia, bactérias e protozoário respectivamente, são organismos considerados indicadores de contaminação hídrica nos sistemas de abastecimento de água pública, especialmente os de origem fecal, tanto de humano quanto de animal, por serem um grupo que coloniza com maior frequência em meio aquoso (SOUZA et al., 2015; NEVES et al., 2016). As análises microbiológicas são capazes de nos dar informações como, por exemplo, se há contaminações na água e nos alimentos, qual o microorganismo envolvido e a quantidade, para que possamos ter subsídios à eliminação ou controle dos mesmos, principalmente se causam doenças que possam ser transmitidas (QUEIROZ et al., 2017).

Por outro lado, medidas de saneamento são atividades cada vez mais importantes à manutenção da homeostase de organismos vivos. O aumento da população e suas necessidades como a demanda hídrica, alimentação, habitação, escoamento sanitário, dentre outras induzem modificações ambientais, muitas vezes sacrificando nichos ecológicos com microbiota específica, que são irremediavelmente perdidas. Neste contexto, a preservação dos microorganismos presentes no ambiente, em especial nos corpos hídricos, é necessário descontaminar para servir as atividades humanas.

Os parâmetros físico-químicos foram indicativos da presença de microorganismos patogênicos na água, constituindo um ambiente favorável com valores superiores aos valores de referência estabelecidos para determinar a qualidade da água. O Nitrato e Nitrito foram as variáveis encontradas com valores acima de 10 mg/L, estas variáveis são produtos de demanda biológica, através da temperatura, que provoca quebra da molécula de nitrato gerando o nitrito ionizando a água, condição favorável para o crescimento de bactérias como de *Escherichia coli*. Além disso, as variáveis CL, OD, UNT e T também estão associadas a presença de outros microorganismos (PRADO et al., 2019; SILVA et al., 2019).

As condições abióticas são importantes para aferir a qualidade da água e conseqüentemente inferir qual tipo de microorganismo, está sendo favorecida. Os parâmetros associados com a má qualidade da água para o consumo, apresentaram maior destaque nos trabalhos de PRADO et al., (2019) e de SILVA et al., (2019), ambos em água de cisterna e água de escolas, todos realizados na região nordeste. A temperatura é apontada como catalizador metabólico, podendo aumentar a reação em função de fontes naturais como energia solar, provocando alterações em outras propriedades diretamente ligados aos fatores que resultaram com maior frequência de microorganismos, como as fontes de cisternas, geralmente de áreas abertas e expostas a raios solares (HELLER et al., 2010).

O pH é um parâmetro químico importante e que se destacou à avaliação da qualidade da água, pois a acidez aumentada pode causar problemas quanto a utilização da água para beber, além disso o pH ainda pode neutralizar os agentes desinfetantes como o hipoclorito de Cálcio, o Cloro e o ácido peracético que são comumente utilizados para remoção dos microorganismos em meio líquido (ESTEVES, 2011). De acordo com os resultados da pesquisa houve a apresentação de várias colônias associadas a alguns destes parâmetros com valores acima do padrão com destaque para: *Enterobacteriaceae*, *Aeromonas hydrophyla*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio cholera*, *Vibrio parahaemolyticus like*, *Pseudomona putrefaciens* e *Acinetobacter calcoaceticus*.

A Organização Mundial de Saúde (OMS), destaca os parâmetros Cl, Temperatura, Turbidez, pH, OD, NO₃ e NO₂ como sendo os parâmetros adequados e suficientes à aferição da qualidade da água à presença bacteriológica, níveis elevados favorecem e estimulam a proliferação de alguns microorganismos (SOUZA, et al., 2018). Sendo considerada água de qualidade as que apresentarem estes parâmetros com valores inferiores ao limite máximo recomendado pelo CONAMA (Tabela 1).

5. Conclusão

Os parâmetros físicos e químicos: pH, CL, UNT, T, DBO, OD, NO₂, NO₃ e CE, e os microorganismos encontrados, possuem relação possivelmente porque, estas variáveis com concentrações em não conformidade ao limite recomendado pelas resoluções do Conama, podem favorecer a concentração de bactéria e protozoários como a *Escherichia coli*, *Salmonella* e *Giardia* que são organismos usados para indicação da qualidade da água. A presença predominante de colônias de microorganismos patogênicos sinalizam que a água se encontrava inadequada ao consumo humano, podendo causar inúmeras doenças provocadas pela ingestão da água contaminada, sendo considerada prejudicial à saúde humana. Foi possível traçar um panorama do cenário científico a respeito do assunto tratado, demonstrando a importância que a água tem à manutenção, saúde e sobrevivência da vida.

6. Agradecimentos

Ao projeto “Formação Microbioma Intestinal Infantil: uma investigação biocultural” que é financiado pela The Ohio State University (OSU) e que financiou a bolsa de mestrado ao discente Jorge Luiz da Silva Pereira.

7. Bibliografia

Almeida, A. G. et al. análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros em unidades de ensino no município de Ilhéus-Ba. Revista de Saúde e Biologia, v.12, n.2, p.20-26, mai./ago., 2017.

Araújo, I. G. de et al. Avaliação físico-química e microbiológica da água consumida no município de Mãe-D’água- PB. INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal PB), v 11, n 1, p 07 - 11, jan - jun, 2017.

Brasil. Ministério da Saúde. portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

Betancourt W.Q, Rose J.B. Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. Vet Parasitol 2004; 126(1-2):21

Borghetti, N. R. B.; Borghetti, J. R.; Rosa Filho, E. F. da. Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004. 214 p.

Brilhante, S. C. et al. Análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros utilizados em escolas públicas na cidade de Coremas-PB. INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB), v.10, n 1, p 05-08, Jan - Jun, 2016.

Cardoso, R.C.V.; Almeida, R.C.C.; Guimarães, A.G.; Góes, J.A.W; Silva, S.A.; Santana, A.A.C.; Hutnner, L.B.; Vidal Jr, P.O.; Figueiredo. K.V.N.A. Qualidade da Água Utilizadas

em Escolas Atendidas Pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PENAE), em Salvador – BA. Ver. Inst. Adolfo Lutz, v.66, n.3, p.287-291, 2007.

Campos, LC.; Franzolin MR; Trabulsi LR. Diarrheagenic *Escherichia coli* categories among the traditional EPEC O serogroups. Mem.Inst. Oswaldo Cruz. 2004. 99: 545-52

Campos, Danilo Aparecido Gatto, et al. Avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano em instituição de ensino. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 289-298, jan./jul. 2017

Conde, T. T. et al. Análise da qualidade da água em escolas estaduais localizadas no município de Ariquemes – RO. RBCA | v. 6 n. 1 | jan. – abr. | p. 1 – 62 | 2017.

Coswosk. R. C. et al. Estudo da potabilidade da água para consumo humano na cidade de Colorado do Oeste. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v2, n1 – 2013.

Esteves, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

Funasa - Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4ª edição. Brasília. 2013. Disponível em: < <http://www.funasa.gov.br>

Garcia, P.G.; Silva VL.; Diniz C.G. Occurrence and antimicrobial drug susceptibility patterns of commensal and diarrheagenic *Escherichia coli* in fecal microbiota from children with and without acute diarrhea. J Microbiol. 2011; 49: 46-52.

Gobira, C. A.; Duarte, S. F. P. Qualidade da água do Rio Ribeirão das Pedras e a água tratada para consumo no Município de Mata Verde-MG: Uma Análise Comparativa dos Fatores Físico-Químicos e Microbiológicos. Id on Line Rev. Mult. Psic. v.12, n. 40. 2018.

Heller, L.; Pádua, V. L. de. Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2010. v. 2. 418 p.

Macêdo, J.A.B. Subprodutos do Processo de Desinfecção de Água pelo Uso de Derivados Clorados (Disinfection byproducts – DBP). Juiz de Fora: Macedo; 2001.

Madigan, M.T; Martinko, J.M.; Dunlap, P.V.; Clark, D.P (2009) Brock Biology of microorganisms. 12ed.

Moraes, L. R. S. Água para consumo humano: uma visão sobre os riscos e vulnerabilidade de sua utilização. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v. 1, n.2, p. 251-266, 2013.

Morato, C. B. A.; Almeida, T. A. de. Qualidade da água em uma escola municipal do alto sertão paraibano. Temas em Saúde. Volume 16, Número 3, Páginas 173 a 190, João Pessoa, 2016.

Monteiro, I. H. et al. Avaliação físico-química e bacteriológica da água oferecida em bebedouros de instituições de ensino do município de Rio Casca – MG. I Seminário Científico da FACIG – 29, 30 e 31 de outubro de 2015.

Muñoz, H. R. Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da Lei de Águas de 1997. In: (Coord.). Interfaces da gestão de recursos hídricos:

desafios da Lei de Águas em 1997. 2. ed. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, p. 13-30, 2000

Neves, A. M.; Coutinho, M. G. S.; Silva, A. S.; Lopes, L. M. A.; Fontenelle, R. O. S. Análise microbiológica da água de um açude localizado no município de Morrinhos – CE, Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 13, n. 24, p. 1100-1110, 2016.

Poonia, S. et al. Application of Water Quality Index for the Assessment of Suitability of Natural Sources of Water for Drinking in Rural Areas of East Sikkim, India. Indian Journal of Public Health, Volume 59, Issue 2, April-June, 2015.

Queiroz, Â. M. de, et al. Qualidade da água de bebedouros em escolas públicas de Mossoró. Revista Biociências, Taubaté, v. 23, n. 1, p. 46-52, 2017.

Rocha, E. S. et al.; Análise microbiológica da água de cozinhas e/ou cantinas das instituições de ensino do município de Teixeira de Freitas (BA). Revista Baiana de Saúde Pública, v.34, n.3, p.694-705 jul./set. 2010.

Rutala, W.A. et al. Sporicidal activity of chemical sterilants used in hospitals. Infect. Control Hosp. Epidemiol., v.14, n.12, p.713-18, 1993.

Silva N. L. K.; Peixoto, R. H. P. B. 2015. Qualidade microbiológica da água para consumo humano no campus da UNITINS no município de Palmas. Agri-environmental Sciences, v. 1, n. 2, p. 32-37.

Silva, J. C. da. Análise da cobertura e qualidade da água para consumo humano e sua associação com o índice de desenvolvimento humano (IDH) em municípios do rio grande do sul, no período de 2007 a 2010. Mestrado em Saúde Coletiva. São Leopoldo (RS) Outubro de 2011.

Souza, C. N. A. B. D. et al. Qualidade da água consumida em unidades de educação infantil no município de Mossoró-RN. Revista Ciência Plural, v. 1, n. 2, p. 11, 2015.

Souza, L. et al. Qualidade da água das escolas públicas de ensino fundamental de Ibirama (SC)/Brasil. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 563-587, out/dez. 2018.

Soares, L. J.; Oliveira, S. D. de. Estudo da Qualidade da Água dos Bebedouros do IFG – Câmpus Inhumas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Trabalho de conclusão de curso. Inhumas, março de 2017.

Tomaz, P. A. Insegurança hídrica domiciliar no município de Forquilha, Ceará, Brasil. 2019. 225f. Universidade Federal do Ceará, 2019.

Viana, Milena Souza. Et al. Qualidade físico-química das águas para abastecimento humano no município de Manhumirim (MG). Revista Científica da Faminas – V. 6, N. 3, Set.-dez. de 2010.

Wolf, A.T. & Murakami, M. Techno-political decision making for water resources development: The Jordan river watershed. *Water resources development*, v. 11, n. 2, p 147-162, 1995.

Volkweis, D. S. H.; Lazzaretti, J.; Boita, E. R. F.; Benetti, F. Qualidade Microbiológica da água utilizada na produção de alimentos por agroindústrias familiares do município de Constantina/ RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n.1, p. 18- 26. 2015.

Xavier, F.; SILVA, R. W. da. C.; FILHO, W. M.; MOREIRA, C. A. Emprego da sondagem elétrica vertical integrada às análises químicas e microbiológicas no diagnóstico preliminar da contaminação do solo e da água subterrânea no cemitério municipal da cidade de Rio Claro (SP). Engenharia Sanitária e Ambiental., v. 23, n. 2, p. 333-344, 2018.