



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE
FEIRA DE SANTANA, BRASIL

MATHEUS TOMIM TARTARI

SALVADOR

2021

**QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE
FEIRA DE SANTANA, BRASIL**

MATHEUS TOMIM TARTARI

Orientador: Prof. Dr. Luiz Rogério Bastos Leal

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

SALVADOR

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Tartari, Matheus

QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA,
BRASIL / Matheus Tartari. -- Salvador, 2021.

56 f. : il

Orientador: Luiz Rogério Leal.

Dissertação (Mestrado - Pós Graduação em Geologia) --
Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós
Graduação em Geologia, 2021.

1. Qualidade de Água. 2. Fitorremediação. 3.
Hidroquímica. 4. Análise de Componentes Principais. 5.
Vetiver. I. Leal, Luiz Rogério. II. Título.

MATHEUS TOMIM TARTARI

**QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE
FEIRA DE SANTANA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos em 27/03/2021.

DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



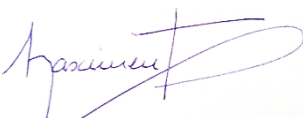
Dr. Luiz Rogério Bastos Leal
Orientador – PPGG/UFBA



Dra. Clélia Nobre de Oliveira
Examinadora Externa – Politécnica/UFBA



Dra. Maria da Conceição Rabelo Gomes
Examinadora Interna – PPGG/UFBA



Dr. Sérgio Augusto de Moraes Nascimento
Examinador Interno – PPGG/UFBA

Salvador – BA
2021

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de uma forma ou outra, me ajudaram ao longo de todo o mestrado. Primeiramente, aos meus pais, que com o apoio emocional e financeiro me possibilitaram avançar diante de todas as adversidades, sempre me incentivando a buscar o destaque. Segundo, aos pesquisadores do NEHMA/UFBA, que me auxiliaram sempre que possível. Em especial, cito: Dra. Conceição Rabelo , que, sem medir esforços e sempre se mostrando disponível, foi uma das minhas principais mentoras acadêmicas; Me. Carlos Purificação (“Calabresa”), que sempre debatia comigo a respeito tanto da minha dissertação quanto da dele; Lucas Salles (“Alemão”), que me incentivou a começar o mestrado; Gabriel e Guido, que foram de grandíssima ajuda durante os trabalhos de campo e Dr. Luiz Rogério, que a todo momento demonstrou ser um orientador que faz o mestrando pensar e refletir de forma científica e autônoma. Terceiro, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo auxílio financeiro por meio de bolsa. Quarto, à minha namorada Jessica, pelos conselhos e pelas atitudes sempre altruístas, me ajudando em tudo, sempre que ao seu alcance. E quinto, aos conhecimentos e fundamentos científicos adquiridos durante a pós-graduação. O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001

RESUMO

Os recursos hídricos naturais do município de Feira de Santana, no Brasil, são utilizados pela população, no entanto estas águas se encontram deterioradas por efluentes domésticos. O objetivo deste estudo é avaliar tanto a qualidade atual das águas subterrâneas e superficiais quanto a eficácia da fitorremediação nestas condições. A qualidade da água foi determinada através do Índice de Qualidade de Água (IQA) mais utilizado no Brasil em associação com o Índice de Estado Trófico (IET) e sua natureza hidroquímica. Foi avaliada também a compatibilidade dos usos atuais da água perante a legislação brasileira. A análise multivariada foi aplicada para auxiliar na relação de causa-efeito sobre a qualidade das águas e por último, foi realizada uma avaliação para se determinar a eficácia do sistema vegetal Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) na fitorremediação de águas naturais impactadas por efluentes domésticos. O IQA e o IET apresentaram resultados péssimos, já que a maioria das amostras foram enquadradas nas duas piores classes. A avaliação da compatibilidade dos usos da água com o cenário atual foi desfavorável, de modo que, segundo a legislação brasileira, há restrições aos usos atuais por conta da péssima qualidade. A análise fatorial por componentes principais registrou 3 grupos, em que o primeiro correlaciona as variáveis PO_4^{3-} , Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Cor Aparente, Turbidez, Coliformes Fecais e o IQA, representando a poluição antrópica. O segundo grupo contempla as variáveis Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), representando as variáveis relacionadas à salinidade, enquanto que o terceiro grupo engloba as variáveis N-amoniacal, Potencial de Oxidação-Redução (ORP) e Oxigênio Dissolvido (OD), representando, de maneira parcial, a associação do ciclo biogeoquímico do nitrogênio com a influência da poluição antrópica. A fitorremediação utilizando o Vetiver apresentou eficácia evidente na remoção de PO_4^{3-} (88%), Nitrogênio (81%) e Coliformes Fecais (100%), além de um aumento de OD em 240% e do IQA em 140%, sendo uma alternativa eficaz para a remediação de águas contaminadas com esgoto doméstico.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Água; Índice de Estado Trófico; Hidroquímica; Análise de Componentes Principais; Fitorremediação; Vetiver; Feira de Santana.

ABSTRACT

The natural water resources in Feira de Santana, Brazil, are used by the population, however the water is deteriorated by domestic effluents. The aim of this study is to evaluate both the current quality of groundwater and surface water along with the effectiveness of phytoremediation under these conditions. Water quality was determined using the Water Quality Index (WQI) most used in Brazil in association with the Trophic State Index (TSI) and its hydrochemical nature. The compatibility of current water uses was also assessed under Brazilian law. Multivariate analysis was applied to assist in the cause-effect relationship on water quality and, finally, an evaluation was carried out to determine the effectiveness of the vegetal system Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) in the phytoremediation of natural waters impacted by domestic effluents. The WQI and the TSI showed terrible results, since most of the samples were classified in the two worst classes. The assessment of the compatibility of water uses with the current scenario was unfavorable, so that, according to Brazilian legislation, there are restrictions on current uses due to the poor quality. The principal component analysis registered 3 groups, in which the first correlates the variables PO_4^{3-} , Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Apparent Color, Turbidity, Fecal Coliforms and the WQI, representing anthropic pollution. The second group contemplates the variables Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Electrical Conductivity (CE) and Total Dissolved Solids (STD), representing the variables related to salinity, while the third group includes the variables N-ammoniacal, Potential Oxidation-Reduction (ORP) and Dissolved Oxygen (DO), partially representing the association of the bio-geochemical cycle of nitrogen with the influence of anthropic pollution. Phytoremediation using Vetiver showed evident efficacy in removing PO_4^{3-} (88%), Nitrogen (81%) and Fecal Coliforms (100%), in addition to an increase in OD by 240% and WQI in 140%, being an alternative effective for the remediation of water contaminated with domestic sewage.

Keywords: Water Quality Index; Trophic State Index; Hydrochemistry; Principal Component Analysis; Phytoremediation; Vetiver; Feira de Santana

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	7
CAPÍTULO 2 – ARTIGO: QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA, BRASIL	14
CAPÍTULO 3 - CONCLUSÕES.....	45
APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES	47
APÊNDICE B – TABELAS COM DADOS BRUTOS.....	0
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA	0
ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO	6

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

De todos os recursos naturais existentes na Terra, o recurso hídrico é o de maior importância pois é a base essencial para a geração e o desenvolvimento da vida, sendo necessário para qualquer organismo, seja do mais simples, como os unicelulares, aos mais complexos, como o ser humano. A disponibilidade de água para os seres vivos deve ser tratada tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo, tendo uma qualidade suficiente para atender às necessidades físico-químicas que os metabolismos dos seres vivos necessitam (SARDINHA et al., 2008). A disponibilidade de água de fácil acesso possibilitou o desenvolvimento das populações humanas, tendo desempenhado um papel fundamental na localização destas comunidades, propiciando o crescimento populacional e a instalação de verdadeiras cidades próximas de rios. No entanto, o ser humano, ao fazer uso da água, acaba deteriorando sua qualidade, limitando seu potencial de uso (Meybeck et al, 1996). Atualmente, os recursos hídricos superficiais são tratados como receptores de resíduos e efluentes em todo o mundo. Como consequência, o ecossistema do corpo d'água é afetado, perdendo o equilíbrio natural que existia antes do ingresso do contaminante (Von Sperling, 1996). Não só a biota é afetada, mas também o ser humano, através do contato direto ou indireto com este recurso hídrico.

A presença de uma substância acima de um valor máximo considerado saudável é avaliada como tóxica pois resulta em efeitos nocivos ao ser humano. Nos recursos hídricos contaminados, diversas substâncias, sejam elas de origem doméstica, industrial ou agrícola, são presentes em altas quantidades. Diante deste cenário, para se determinar os limites nocivos ao ser humano das substâncias presentes na água, foi desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1984 um guia com valores máximos permissíveis para ingestão pelo ser humano na água (GORDON, CALLAN, VICKERS, 2008). Seguindo o exemplo, o Brasil também sancionou legislações aplicadas a potabilidade, como a Portaria de Consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), bem como legislações aplicadas a classificação dos recursos hídricos segundo o grau de contaminação, definidas pelas resoluções Conama 357/2005 (BRASIL, 2005) e 396/2008 (BRASIL, 2008). Desta forma, tornou-se possível contabilizar o grau de atendimento de água potável para a população de Feira de Santana,

A OMS classifica uma água segura para beber como sendo uma água livre de contaminação e disponível quando necessária. No mundo, segundo pesquisa realizada pela OMS em 2019, 2,2 bilhões de pessoas não tem acesso a água segura para beber, o que equivale a 1 em cada 3 pessoas (WHO, 2019). Quando se fala em esgotamento sanitário, a OMS contabiliza 4,2 bilhões de pessoas sem um sistema de tratamento de esgoto, o equivalente a 2 em cada 3 pessoas (WHO, 2019).

No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em pesquisa realizada em 2018, apresenta os principais dados referentes ao atendimento de água com rede de distribuição e a coleta de esgoto, como mostra o quadro abaixo.

Quadro 1 – Níveis de atendimento com água e esgoto, segundo macrorregião geográfica e Brasil. Fonte: BRASIL (2019).

Macrorregião	Índice de atendimento com rede (%)			
	Água		Coleta de esgotos	
	Total	Urbano	Total	Urbano
	(IN055)	(IN023)	(IN056)	(IN024)
Norte	57,1	69,6	10,5	13,3
Nordeste	74,2	88,7	28,0	36,3
Sudeste	91,0	95,9	79,2	83,7
Sul	90,2	98,6	45,2	51,9
Centro-Oeste	89,0	96,0	52,9	58,2
Brasil	83,6	92,8	53,2	60,9

Observa-se que, no Brasil, 16,4% da população não é atendida com água tratada, praticamente metade do total contabilizado pela OMS para o mundo. Com relação a coleta de esgoto, novamente o Brasil se encontra a frente do patamar mundial, com 53,2% da população total sendo atendida. No entanto, este cenário não deixa de ser desastroso, admitindo-se que praticamente metade da população não recebe este atendimento básico. O cenário é ainda pior na macrorregião Nordeste, em que 25,8% da população não é atendida com água tratada e 72% não tem seu esgoto coletado.

Ainda segundo o SNIS, a Bahia se encontra em um cenário mais tranquilo que sua macrorregião (Nordeste), no entanto, ainda abaixo da média nacional, tanto no abastecimento de água quanto na coleta de esgoto. No abastecimento de água, a Bahia deixa de atender 18,4% de sua população, e no quesito coleta de esgoto, 60,5% da população não recebe coleta de esgoto.

Feira de Santana é o segundo maior município, em população, do Estado da Bahia, com aproximadamente 615 mil habitantes no ano de 2019. Situando-se na região centro-leste da Bahia,

a aproximadamente 100 km da capital Salvador (**Figura 1**), Feira de Santana possui o 3º maior PIB do estado, sendo considerado o maior PIB do interior do nordeste brasileiro (IBGE, 2019). Com a vantagem do recurso financeiro, Feira de Santana alcança índices consideráveis de saneamento básico, com apenas 2% de sua população sem atendimento com água tratada e 39% sem receber coleta de esgoto (BRASIL, 2019). No entanto, Feira de Santana, em sua zona urbana, possui várias lagoas, nascentes e rios que se encontram deteriorados pelo despejo de efluentes. Estes recursos hídricos superficiais são utilizados pela população para a pesca, irrigação de jardins e plantas, dessedentação de animais e recreação, o que gera uma situação de risco para estas pessoas. Além disso, como Feira de Santana se situa em um tríplice divisor de águas, sendo banhada por 3 bacias hidrográficas (bacia do Rio Pojuca, do Rio Paraguaçu e do Rio Subaé), o despejo de efluentes nestes recursos hídricos superficiais ocasiona em contaminações a jusante destas bacias, contaminando, entre outros recursos hídricos, o Rio Paraguaçu, que alimenta através da Represa de Pedra do Cavalo, a Região Metropolitana de Salvador e o próprio município de Feira de Santana.

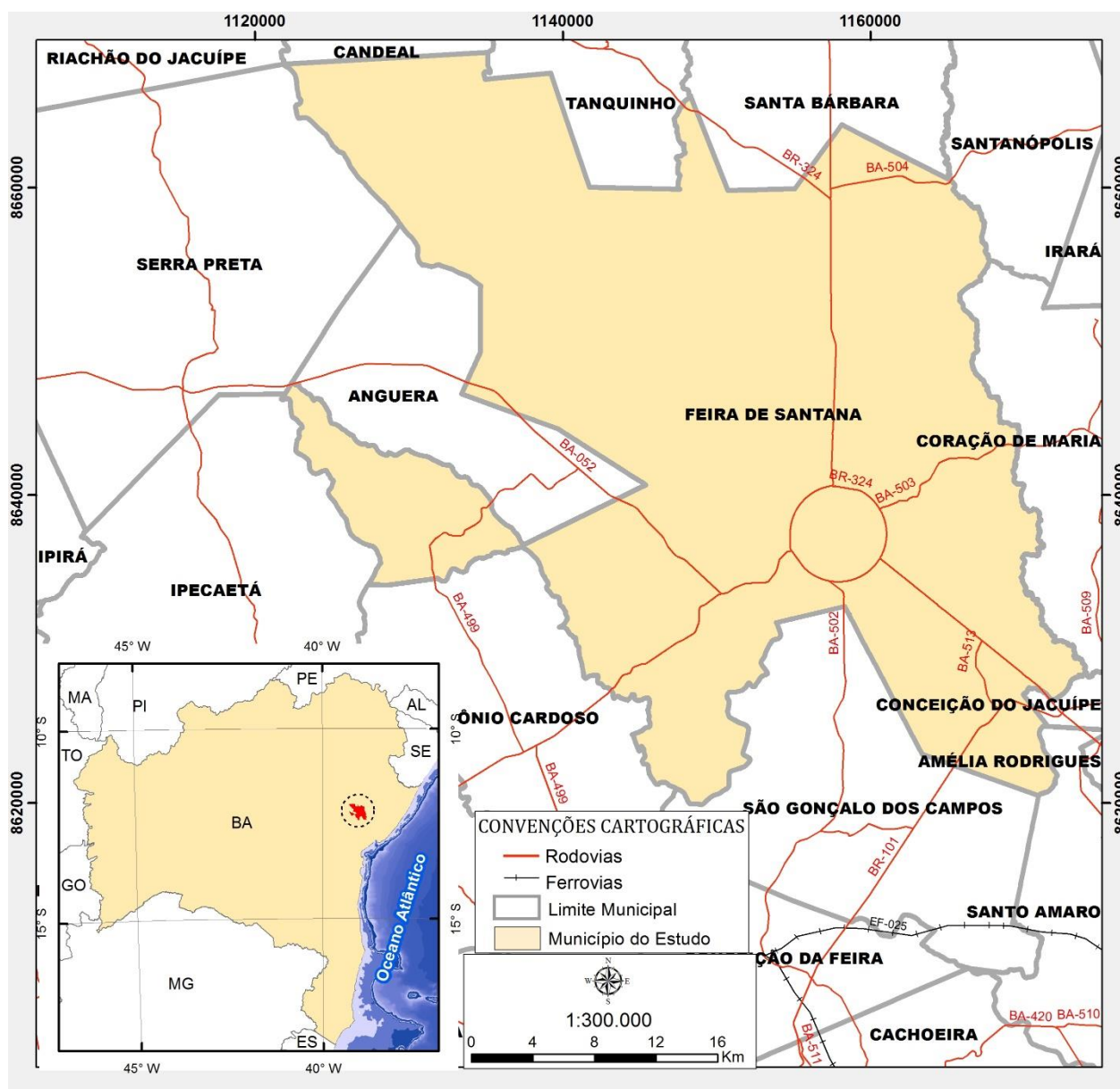


Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo.

Com relação à água subterrânea, pelo fato do município se situar neste tríplice divisor de águas, há uma grande ocorrência de nascentes, que são utilizadas pela população para higiene, ingestão e lavagem de roupas e de utensílios domésticos. Porém, muitas destas fontes de água se encontram próximas de canais de esgoto, representando riscos de saúde pública para as pessoas que se utilizam destas fontes.

Por último, em locais mais afastados do núcleo urbano, a população muitas vezes não é atendida pela rede de distribuição de água e muito menos tem seu esgoto coletado. Desta forma, estas

peças têm de buscar meios alternativos, nos quais o tratamento é, por muitas vezes, ausente ou inadequado.

Associar esta situação ao entendimento atual do cenário de qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Feira de Santana é importante pois determina o risco associado ao consumo humano destas águas. Além disso, o melhor acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos presentes na região pode viabilizar o uso destes como um reforço suplementar ao abastecimento atual, o qual é baseado apenas na represa de Pedra do Cavalo.

Associado a qualidade dos recursos hídricos, a fitorremediação atua como uma possibilidade barata e eficaz na restauração destes recursos, regenerando o ecossistema natural e possibilitando um consumo humano sem riscos destes recursos hídricos (LISHENGA et. al., 2015; DREIFUS, 2012; GHOLIPOUR et. al., 2020)

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do município de Feira de Santana, com foco no núcleo urbano, bem como avaliar a eficiência da fitorremediação para a recuperação da qualidade natural destes recursos hídricos.

Para isso, foram necessários:

- Caracterização hidroquímica das amostras, a partir das análises laboratoriais;
- Análise multivariada dos parâmetros analisados;
- Avaliação da qualidade da água, utilizando-se de padrões de potabilidade e de usos para a água segundo a legislação vigente;
- Avaliação da eficiência da fitorremediação com a planta Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*), em águas contaminadas por efluentes domésticos.

Deste modo, esta pesquisa pode agregar conhecimentos da hidroquímica da água na região de Feira de Santana, com alternativas específicas locais, a exemplo do uso da fitorremediação, contribuindo para a melhor gestão do uso da água.

Este trabalho se encontra no formato de submissão para a revista “Water” (ISSN 2073-4441), periódico de circulação internacional com fator de impacto 2,544, sendo classificado pelo índice

QUALIS como A2 pela área de avaliação Ciências Ambientais e B2 pela área de Geociências, sendo então adequada aos requisitos estabelecidos pelo Programa de Pós Graduação em Geologia – PPGGEO. A submissão se dará após avaliação da banca examinadora e aplicação das correções solicitadas. No apêndice A se encontra a justificativa para a participação dos co-autores, no apêndice B se encontram as tabelas com os dados brutos, no anexo A se encontram as regras de formatação para submissão na revista e no anexo B se encontra o comprovante de submissão do artigo.

Referências

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **2008**. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2005). Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **2005**. Brasília, DF. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX. **2017**. Brasília (DF).

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. **2019**, Brasília: SNS/MDR. 180 p.: il.

Dreifus, T. Tratamento de águas residuárias por alagados construídos de fluxo subsuperficial horizontal, utilizando vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.): avaliação e desempenho de três leitos distintos. Bauru, São Paulo: Universidade Estadual Paulista-UNESP, **2012**. (Dissertação de mestrado).

Gholipour, M., Mehrabanjoubani, P., Abdolzadeh, A., Raghimi, M., Seyedkhademi, S., Karimi, E., & Sadeghipour, H. R. Facilitated decrease of anions and cations in influent and effluent of sewage treatment plant by vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*): the uptake of nitrate, nitrite, ammonium, and phosphate. *Environmental Science and Pollution Research*. **2020**. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08677-5>

Gordon, B.; Callan, P.; Vickers, C. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, 2008th ed.; WHO: Geneva, Switzerland, **2008**; Volume 38, ISBN 978-92-4-154761-1.

Lishenga, I. W., et al. "Efficacy of hydroponic and soil-based vetiver Systems in the Treatment of domestic wastewater." *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. **2015**, 26.2, 53.

MEYBECK M. et al. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. **1996**. UNEP/WHO, 383p.

SARDINHA, D. S. et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). Eng. Sanit. Ambient. **2008**. Rio de Janeiro, 13, 3, p. 329-338. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 Aug. 2020.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2^o ed. **1996**. UFMG, Belo Horizonte, 246p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities. **2019**. World Health Organization.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO: QUALIDADE E FITORREMEDIAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA, BRASIL

1. INTRODUÇÃO

Embora a água seja um recurso fundamental para o desenvolvimento de qualquer tipo de vida, as atividades humanas impactam negativamente neste recurso hídrico (Mamun et. al., 2021). A crescente urbanização associada ao crescimento populacional e à industrialização representam os principais fatores responsáveis pela deterioração da qualidade da água no meio urbano (Wang et. al., 2008, Carey et.al., 2011, Tiwari, 2011, Varol, 2020). Para uma adequada gestão dos recursos hídricos, é necessário o conhecimento da qualidade da água e das possíveis fontes poluidoras, de forma a se obter um controle sobre a contaminação deste recurso (Dinka, et. al., 2015, Singh, et. al., 2004, Singh, et. al., 2005, Varol, 2020).

A avaliação da qualidade de água junto da análise da hidroquímica fornece o conhecimento inerente à natureza hidroquímica da água, aos processos geoquímicos envolvidos, à classificação da água e de sua qualidade e à susceptibilidade à contaminação deste recurso hídrico (Saxena et. al., 2003, Zhang, et. al., 2019, Gad & El-Hattab, 2019, Jalali, 2007). Com relação à qualidade da água, os principais parâmetros físico-químicos e microbiológicos mais sensíveis a este tema foram sintetizados em índices numéricos que estimam quantitativamente a qualidade da água. Diversos índices foram desenvolvidos para diferentes objetivos e cenários, sendo o índice dos EUA, o WQI-NSF (Water Quality Index – National Sanitation Foundation) o mais utilizado no mundo (Yisa, et. al., 2012). O índice mais utilizado no Brasil é denominado Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), sendo uma adequação do WQI-NSF para o cenário brasileiro.

Além do IQA, no Brasil foram desenvolvidos outros índices, com objetivos distintos, como o IET (Índice de Estado Trófico), que estima a eutrofização, reunindo os principais fatores relacionados ao desenvolvimento da biomassa algal, como a clorofila-a e o fósforo (Cunha, et. al., 2013). O IET mais utilizado no Brasil é o desenvolvido por Cunha et. al. (2013), que adapta o índice de Carlson (1977) para o clima tropical/subtropical.

A aplicação de técnicas de análise multivariada, tais como análise de componentes principais, análise de agrupamentos e análise de correlação atuam como suporte aos estudos hidroquímicos e de qualidade de água, facilitando a interpretação destes dados e permitindo a identificação de fatores, utilizados para analisar inter-relações entre as variáveis qualitativas das águas (Regunath et. al., 2002, Simeonova et. al., 2003, Chen et. al., 2015, Chen et. al., 2016, Haji Gholizadeh et. al., 2016; Gomes et.al., 2020). Dentre as diversas técnicas de análise multivariada, a análise de componentes principais é amplamente utilizada para diagnosticar, monitorar e até prever a qualidade da água (Bengraïne & Marhaba, 2003, Parinet et. al., 2004, Petersen et. al., 2001, Mahapatra et. al., 2012, Zeinalzadeh & Elnaz, 2017; Gomes et. al., 2020).

O município de Feira de Santana, Estado da Bahia, Brasil possui um clima sub-úmido a seco (Thorntwaite, 1948), no entanto, possui, em sua zona urbana, diversos rios, lagoas e nascentes, que se encontram deteriorados pelo despejo de efluentes domésticos. Os recursos hídricos nesta região são utilizados pela população para consumo, pesca, irrigação, dessedentação de animais, recreação e para higiene pessoal, representando um risco de saúde pública.

Uma alternativa barata e esteticamente agradável a este problema é a fitorremediação (Paz-Alberto & Sigua, 2013, Macek et. al., 2004), na qual o sistema vegetal Vetiver (*Vetiveria Zizanioides* e *Chrysopogon zizanioides*) tem demonstrado eficiência no tratamento de efluentes domésticos (Boonsong & Chansiri, 2008, Chua Lloyd et. al., 2012, Lishenga, 2015) e industriais (Darajeh et. al., 2014, Kafil et. al., 2019, Worku et. al., 2018). No entanto, o uso do Vetiver na fitorremediação, especialmente de efluentes domésticos, ainda não é amplamente reconhecido, carecendo de pesquisas mais detalhadas sobre a capacidade de absorção de contaminantes (Darajeh et. al., 2014).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é determinar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do município de Feira de Santana, com foco no núcleo urbano, bem como avaliar a eficiência da fitorremediação para a recuperação da qualidade natural destes recursos hídricos deteriorados por efluentes domésticos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostragens e Análises

A área de estudo se encontra na região Centro-Leste do Estado da Bahia, Brasil, entre as latitudes de 12°11'26" e 12°18'52" N e longitudes de 39°0'40" e 38°51'00"E, na zona urbanizada e peri-urbanizada do município de Feira de Santana (**Figura 1**).

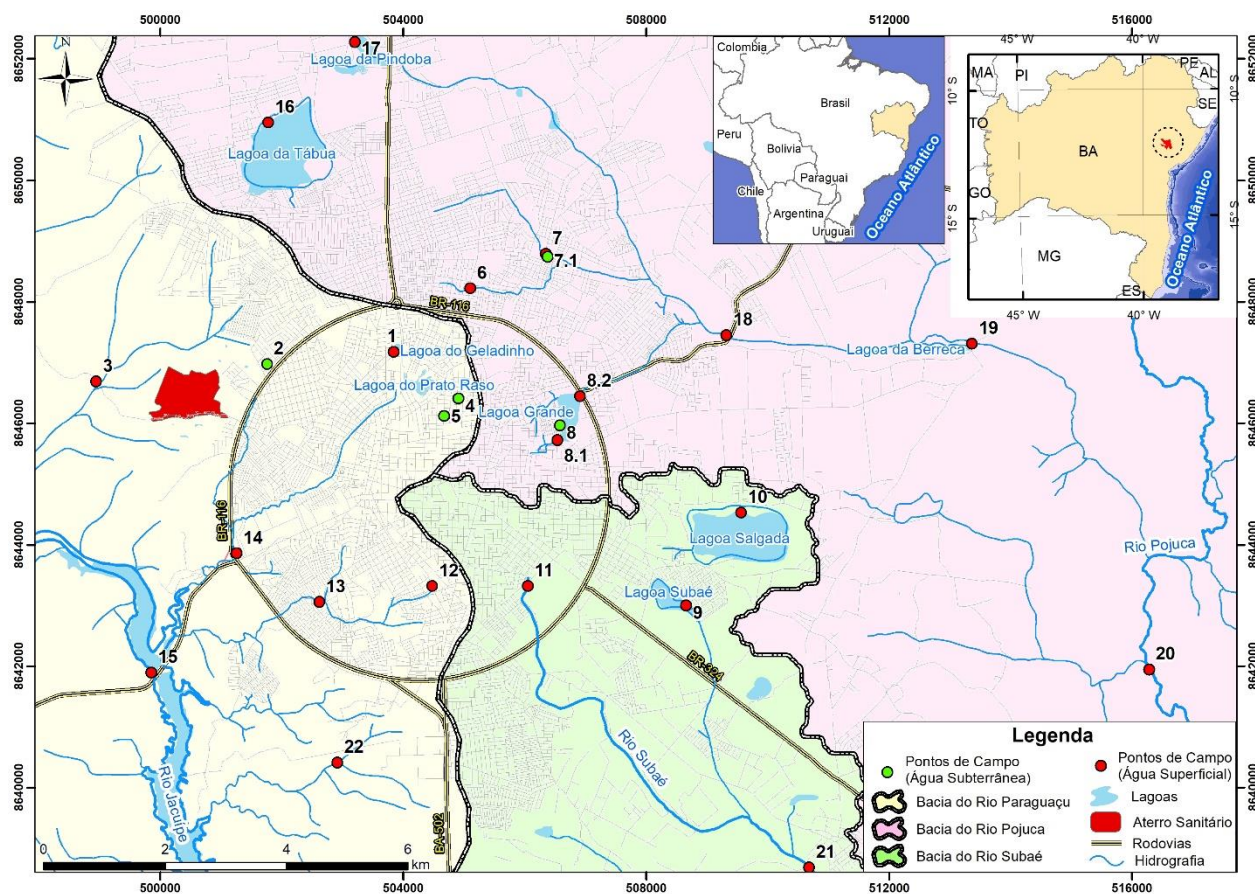


Figura 1. Mapa de Localização dos pontos de amostragem

Neste estudo, foram coletadas, em setembro de 2020 (estação seca), 25 amostras de água, sendo 20 referentes à água superficial, em rios e lagoas e 5 à água subterrânea, a partir de fontes e nascentes naturais. As amostras foram coletadas em garrafas de polietileno, sendo filtradas em campo através de membrana filtrante de 0,45µm as amostras destinadas à análise de metais dissolvidos. Em seguida, foram armazenadas em caixas térmicas com gelo, a 4°C, para então serem analisadas utilizando-se as técnicas descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 2012). Os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} foram analisados utilizando-se ICP-MS enquanto que os ânions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- e NO_2^- foram determinados a partir de cromatografia de íons. Os coliformes fecais e totais foram mensurados a partir da técnica de cultura em múltiplos tubos, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi determinado a partir do teste padrão DBO_5^{20} , o parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi medido através de titulação, a Clorofila-a, Cor Aparente, PO_4^{3-} e Nitrogênio Amoniacal foram

medidos por espectrofotometria, o CO_3^- e HCO_3^- foi analisado por potenciometria e a Turbidez foi determinada a partir do método nefelométrico. Os parâmetros físico-químicos pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Potencial de Oxidação-Redução (ORP), Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura foram medidos *in situ* através da sonda multiparâmetro Hanna HI 98194. O STD é mensurado pela sonda utilizando-se a CE, através de um fator de conversão de 0,64. Os resultados de todos os parâmetros analisados se encontram na **Tabela Suplementar 1**.

2.2. Hidroquímica

A partir dos resultados analíticos e através do software Qualigraf 2014, foi verificado o atendimento das amostras ao balanço iônico através do cálculo do Erro Prático definido por Logan (1965). As amostras foram plotadas no diagrama de Piper para classificação de suas naturezas hidroquímicas e, por último, foram realizadas interpretações através do diagrama de Gibbs (1970), nas águas superficiais, para analisar as principais influências externas sobre a hidroquímica destas águas.

2.3. Índices de Qualidade de Água

2.3.1. IQA

Foi calculado para as amostras de água superficial, com o uso do software Qualigraf 2014, o Índice de Qualidade de Água (IQA), adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que utiliza os parâmetros OD (% Saturação), Coliformes Fecais, pH, DBO, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Diferença de Temperatura, Turbidez e Resíduos Totais na Equação (1), a seguir:

$$\text{IQA} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

onde q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro, sendo um número de 0 a 100 em função de sua concentração, w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, sendo um número de 0 a 1, e n é o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA, sendo, no caso, 9 parâmetros.

As amostras então receberam valores de IQA que variam entre 0 e 100 e foram classificadas dentre 5 possíveis categorias de qualidade de água, a depender do intervalo numérico alcançado, sendo as categorias denominadas Péssima (0 a 19), Ruim (20 a 36), Aceitável (37 a 51), Bom (52 a 79) e Ótimo (80 a 100).

Além disso, foi calculado o índice de qualidade de água dos EUA (WQI-NSF) e comparado aos resultados do IQA brasileiro (IQA CETESB). O WQI-NSF, por sua vez, utiliza os mesmos parâmetros do IQA brasileiro, apenas atribuindo pesos distintos. A classificação das águas a partir de sua qualidade é dada da seguinte maneira: Muito Ruim (0 a 24), Ruim (25 a 49), Média (50 a 69), Boa (70 a 89) e Excelente (90 a 100).

2.3.2. IET

Utilizando o software Excel 2019, a qualidade de água, no que se refere à eutrofização por biomassa algal, foi estimada para as amostras de água superficial através do Índice de Estado Trófico (IET) (Cunha, et. al., 2013), que estima a eutrofização de um sistema aquático através da equação (2), a seguir:

$$IET = \frac{[IET (P) + IET (CL)]}{2} \quad (2)$$

Sendo IET (P) o índice de estado trófico parcial, relativo à concentração de fósforo, em $\mu\text{g/l}$, e IET (CL) o índice de estado trófico parcial, relativo à concentração de clorofila-a, em $\mu\text{g/l}$.

Para rios (referentes aos pontos 3, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 21 e 22) o IET (P) é descrito pela equação (3) e o IET (CL) é descrito pela equação (4).

$$IET (P) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln P)) / \ln 2)) - 20 \quad (3)$$

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20 \quad (4)$$

Para reservatórios/lagoas (referentes aos pontos 1, 8.1, 8.2, 9, 10, 16, 17 e 19), o IET (P) é descrito pela equação (5) e o IET (CL) é descrito pela equação (6).

$$IET (P) = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln P) / \ln 2)) \quad (5)$$

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2)) \quad (6)$$

Onde P representa a concentração de Fósforo, em $\mu\text{g/l}$ e CL é a concentração de Clorofila-a, em $\mu\text{g/l}$.

Para efeito de cálculo, o resultado analítico de PO_4^{3-} , adquirido nas análises laboratoriais, foi considerado como a concentração de Fósforo para as amostras.

Deste modo, as amostras receberam valores numéricos de IET, na faixa de 1 a 100, sendo que os menores valores representam sistemas com menor eutrofização e maiores valores uma maior eutrofização. Deste modo, as amostras foram classificadas com base em intervalos pré-definidos, sendo Ultraoligotrófico (0 a 47), Oligotrófico (48 a 52), Mesotrófico (53 a 59), Eutrófico (60 a 63), Supereutrófico (64 a 67) e Hipereutrófico (acima de 67).

2.4. Adequação ao Consumo Humano e a Diferentes Usos

A legislação brasileira, bem como a Organização Mundial da Saúde (OMS), classifica as águas em adequadas para diversos usos, principalmente consumo humano. A legislação brasileira determina os critérios para a potabilidade a partir da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017 (Brasil, 2017), enquanto que a OMS apresenta estes critérios em seu trabalho “*Guidelines for Drinking-water Quality*” (WHO, 2017). Ainda, segundo a legislação brasileira, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir das Resoluções nº 357/2005 (Brasil, 2005) e nº 396/2008 (Brasil, 2008), classifica as águas em diversas classes, de acordo com os usos preponderantes e com a qualidade da água. Assim, usos que representam maiores riscos à saúde, como o consumo humano, possuem legislações mais rigorosas, enquanto que usos menos nocivos, como recreação possuem critérios mais brandos. Uma tabela síntese com os critérios mencionados se encontra abaixo (**Tabela 1**).

Tabela 1. Tabela Síntese dos critérios de qualidade da água, segundo instrumentos legais.

Parâmetros	PORTARIA 05/17 (Brasil, 2017)	CONAMA 396/08 Consumo Humano (Brasil, 2008)	CONAMA 357/05 (Brasil, 2005)			OMS (WHO, 2017)
			Doces		Salobra	
			Classe 2	Classe 3	Classe 1	
Na (mg/l)	200	200	-	-	-	-
Cl (mg/l)	250	250	250	250	-	-
SO ₄ (mg/l)	250	250	250	250	-	-
N-NO ₃ (mg/l)	10	10	10	10	0,4	11,3
N-NO ₂ (mg/l)	1	1	1	1	0,07	3
N-amoniaco (mg/l)	1,5	-	3,7	13,3	0,4	-
PO ₄ (mg/l)	-	-	0,1	0,05	0,124	-
Fe (mg/l)	0,3	0,3	0,3	5	0,3	-
Mn (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	-

pH	6 - 9,5	-	6 - 9	6 - 9	6,5 - 8,5	-
STD (mg/l)	1000	1000	500	500	-	-
OD (mg/l)	-	-	> 5	> 4	> 5	-
DBO (mg/l)	-	-	5	10	-	-
Cor Aparente	15	-	75	75	-	-
Turbidez (NTU)	5	-	100	100	-	-
Clorofila-a (µg/l)	-	-	30	60	-	-
Col Fecais	0	0	1000	1000	1000	-
Col Totais	0	-	-	-	-	-

Para uma melhor caracterização da qualidade da água na área de estudo foi realizada uma análise comparativa dos resultados analíticos com os critérios legais mencionados, relacionando a interpretação destes resultados com os usos atuais da água para cada ponto amostral.

2.5. Análise Multivariada

Para as águas superficiais, com exceção do ponto 14 (devido a ocorrência de “outliers” que prejudicavam a análise), foi realizada uma análise fatorial pelo método das componentes principais, na qual foram utilizados todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Esta análise foi realizada através do software IBM SPSS Statistics, aplicando-se uma rotação dos dados a partir do método Varimax, o qual maximiza a variabilidade nos fatores, reduzindo a contribuição por variáveis que não tem grande significância (GASTMANS, MENEGÁRIO, MOURA; 2013). Os grupos fatoriais, que indicam inter-relações entre parâmetros, foram identificados através das cargas fatoriais de cada parâmetro, enquanto que a comunalidade e a variância foram utilizadas para avaliar a viabilidade estatística da análise.

Foram realizadas ao total 7 simulações, nas quais parâmetros que não se correlacionavam com os demais eram excluídos da análise. As amostras de água subterrânea não foram incorporadas à análise multivariada devido à insuficiente quantidade de dados, sendo inviáveis estatisticamente.

2.6. Fitorremediação

Com o objetivo de buscar uma possível solução prática e de baixo-custo para o problema da poluição por efluentes domésticos nos recursos hídricos, optou-se em realizar uma fitorremediação em determinados pontos amostrais, através da planta Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*).

Na preparação das plantas, as touceiras de Vetiver foram cultivadas em hidroponia com água potável e ao ar livre, durante 2 meses. Em seguida, foram podadas para se dar início à fitorremediação. As amostras destinadas a fitorremediação foram coletadas em garrafas de polietileno de 20L e armazenadas em uma estufa durante todo o processo de fitorremediação, de modo a não sofrerem contaminação por água de chuva. Foi feito um suporte, utilizando uma rede metálica, para as plantas não ficarem submersas, de modo que apenas as raízes entrassem em contato com a água.

Foram realizadas duas análises das amostras de água, a primeira foi realizada com 5 dias de fitorremediação e a segunda com 15 dias. Seguindo o guia *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 2012), foram analisados SO_4^- , NO_3^- , NO_2^- , N-amoniaco, PO_4^{3-} , Clorofila-a, DBO, Coliformes Totais e Termotolerantes. Os parâmetros físico-químicos pH, CE, STD, ORP, OD, Temperatura e Turbidez foram medidos *in situ* através da sonda multiparâmetro Horiba U-50. O STD é mensurado pela sonda utilizando-se a CE, através de um fator de conversão de 0,64.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Hidroquímica

Com relação ao balanço iônico, 80% das amostras atenderam ao balanço iônico de Logan (1965), o que indica poucos erros cometidos durante a amostragem e análise laboratorial. Ressalta-se que este método é menos preciso em amostras com baixas concentrações iônicas, podendo, assim, levar a valores elevados de erro de balanço iônico (%) sem que isso indique, necessariamente, erros de análise ou de cálculo.

Os resultados analíticos foram plotados no diagrama de Piper, para classificação iônica da água (**Figura 2**).

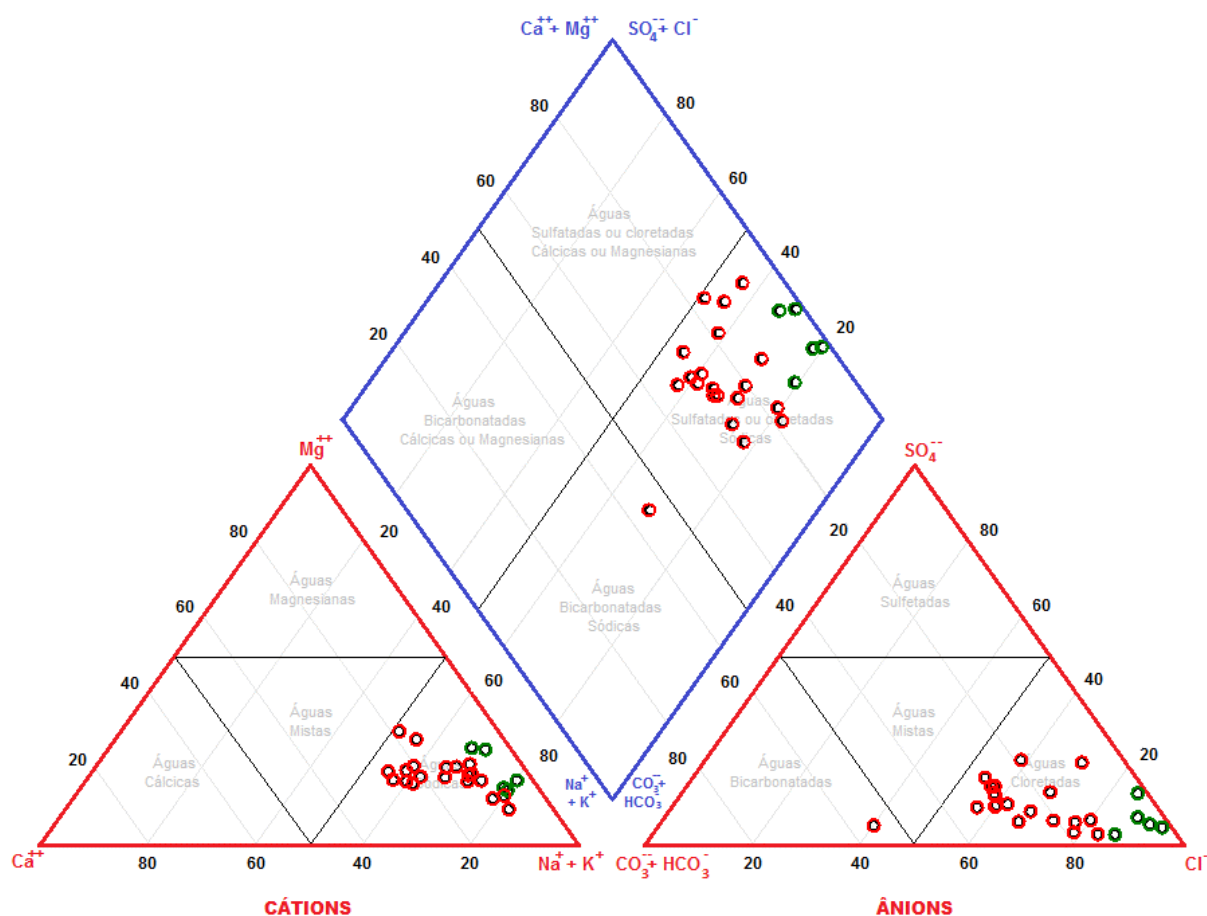


Figura 2. Diagrama hidroquímico de Piper. Em vermelho as águas superficiais e em verde as águas subterrâneas.

Observa-se que a predominância das amostras se dá na classe cloretada sódica. Analisando o diagrama, verifica-se que as águas subterrâneas possuem menores concentrações, em porcentagem, de HCO_3^- e de Ca^{2+} e maiores de Cl^- . As menores concentrações de HCO_3^- provavelmente se devem ao caráter mais ácido das águas subterrâneas, em que o pH médio das amostras é 6, enquanto que nas superficiais, o valor médio de pH é 7,1, interferindo no teor de HCO_3^- dissolvido, conforme demonstra a **Figura 3**.

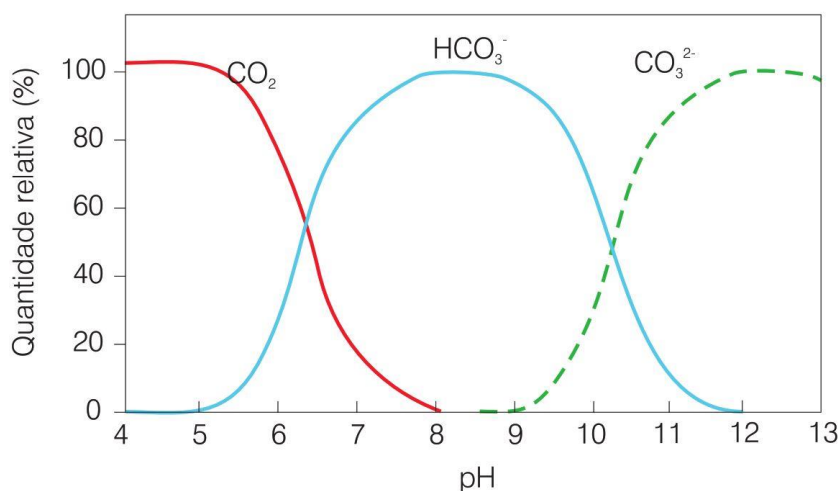


Figura 3. Distribuição das espécies para o sistema $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$ na água (modificado de Manahan, 1993).

Com relação ao Ca^{2+} , a região de estudo é fortemente influenciada pelo despejo de efluentes domésticos, e como estes efluentes muitas vezes carregam Ca^{2+} dissolvido (CETESB, 2008), as águas superficiais se enriquecem neste íon. Em contrapartida, as águas subterrâneas se encontram mais protegidas da poluição, possuindo, portanto, menos Ca^{2+} em sua composição.

Aliado a isso, a região de estudo compõe tanto uma área de recarga quanto de descarga, associado a várias fontes e nascentes. Esta característica intrínseca provavelmente permite uma recirculação e uma contínua renovação das águas subterrâneas, o que diminui o tempo de interação água-rocha, auxiliando a justificar o reduzido teor de Ca^{2+} , bem como da CE.

Por último, a litologia da área é composta por augen-charnockitos sotopostos a conglomerados, arenitos e argilitos do Grupo Barreiras (SRH, 2003), isto é, rochas com pouco teor de Ca^{2+} .

O diagrama de Gibbs (**Figura 4**) é um diagrama concebido especialmente para as águas superficiais, permitindo o entendimento dos principais fatores dominantes sobre a hidroquímica destes recursos hídricos (Gibbs, 1970). Aplicando-se os resultados analíticos das águas superficiais a este diagrama, observa-se que as amostras se encontram dentro do campo de influência do intemperismo, no entanto, fora do campo dos principais rios do mundo, sinalizado pelo formato de “bumerangue”, o que gera duas suposições.

A primeira é que as amostras são influenciadas pela poluição antrópica, evidenciado pelos maiores valores de Na^+ e de Cl^- , íons comumente encontrados no esgoto doméstico (Patterson, 1997, Fulazzaky et al., 2015), com relação a Ca^{2+} e HCO_3^- , gerando valores maiores no eixo X. A segunda suposição leva em consideração o trabalho de Pereira et. al. (2006), que obteve resultados

semelhantes em açudes submetidos a climas semiáridos como o da área de estudo. Neste trabalho, o autor considera que as amostras inicialmente eram água de chuva, pouco mineralizadas, que se encontravam na mesma posição horizontal, isto é, com valores iguais da relação iônica (eixo x) das amostras atuais, porém situadas verticalmente abaixo, na área do bumerangue descrita como de influência da precipitação. Com o processo de evaporação desta água, as amostras deslocaram-se verticalmente para cima, sem mudar de composição química.

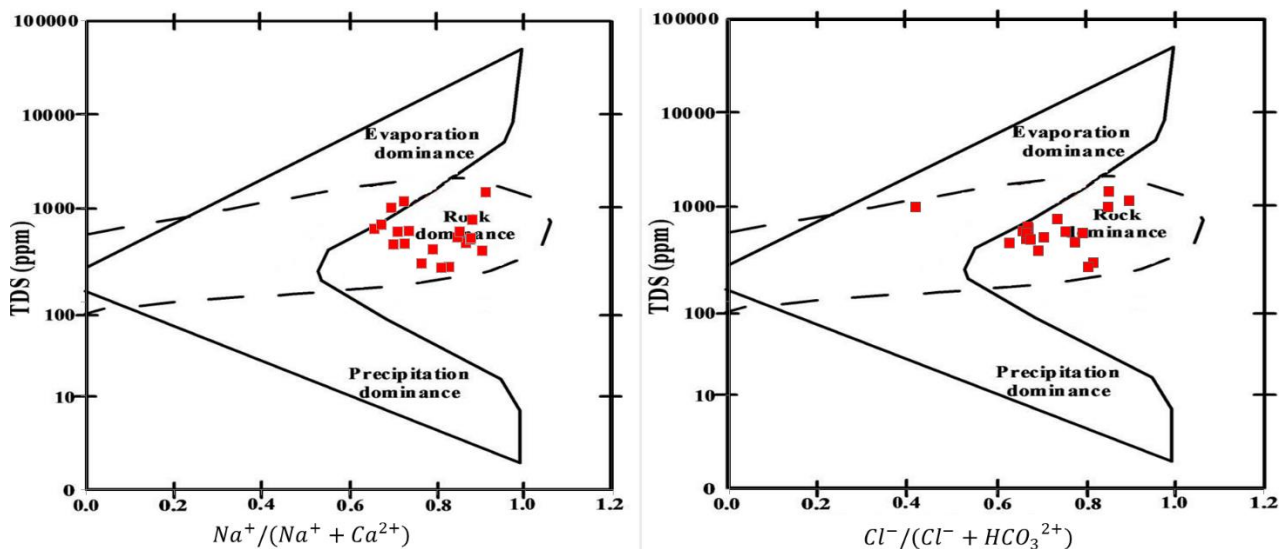


Figura 4. Diagrama de Gibbs para as amostras de água superficial da área de estudo.

O gráfico boxplot abaixo (**Figura 5**) associa o Cl^- aos pontos amostrais de lagoas, rios e de água subterrânea.

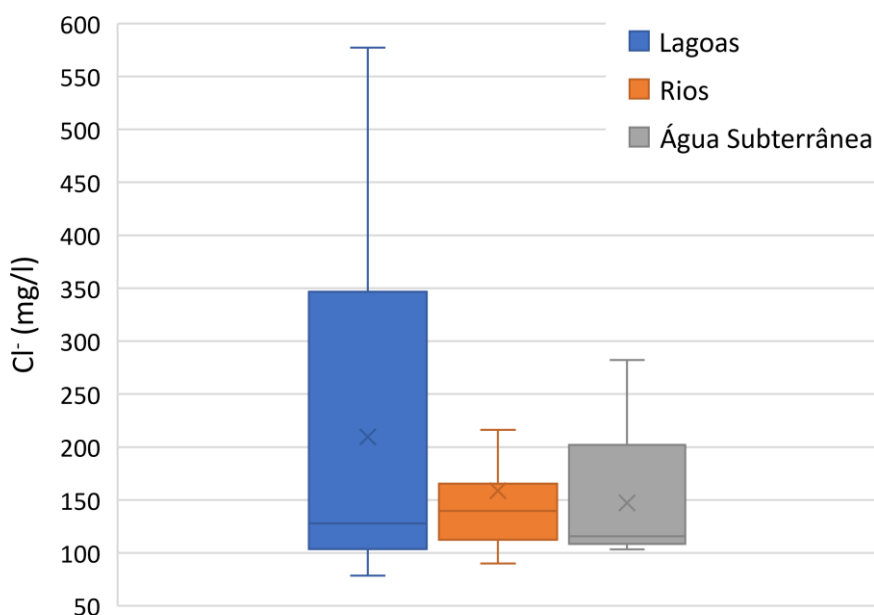


Figura 5. Boxplots do Cl⁻ para lagoas, rios e água subterrânea da área de estudo. O “x” dentro do box representa a média e a linha a mediana.

Verifica-se que a mediana nos 3 tipos de recursos hídricos é semelhante, no entanto, há uma elevada variação das medidas, principalmente nas lagoas, o que indica um comportamento misto de lagoas que sofrem influência de evaporação e outras que não. Esta característica é comprovada em campo, onde foram identificadas lagoas rasas, de até 1 metro de profundidade, que secam em sua quase totalidade durante o período seco e lagoas mais profundas, com cerca de 3m de profundidade, que permanecem com grande volume de água durante a estiagem.

3.2. Qualidade da Água

Na **Tabela 2** encontram-se os resultados dos índices de qualidade de água do Brasil (IQA CETESB) e do EUA (WQI-NSF) para cada amostra de água superficial, sinalizados com cores distintas para cada classificação.

Tabela 2. Resultados dos índices de qualidade de água do Brasil (IQA CETESB) e do EUA (WQI-NSF) para cada amostra de água superficial. Em preto as amostras classificadas como Muito Ruim (WQI-NSF) e Péssima (IQA CETESB), em vermelho, as amostras classificadas como Ruim (WQI-NSF e IQA CETESB) e em amarelo as amostras classificadas como Aceitável (IQA CETESB).

Amostras	IQA (CETESB)	WQI-NSF
1	41	37
3	23	16
6	15	12
7	17	13
8.1	24	21
8.2	20	17
9	24	24
10	46	39
11	19	16
12	26	18
13	17	13
14	20	16
15	40	39
16	32	31
17	20	15
18	24	18
19	22	17
20	23	19
21	22	18
22	23	21

De forma geral, nota-se níveis muito baixos de qualidade de água, em que, no IQA brasileiro, 85% das amostras são classificadas como Péssima a Ruim, enquanto que no WQI-NSF este cenário ocorre em todas as amostras. Este cenário é condizente com o encontrado em análises anteriores na região (2008 a 2015), registrados por Bahia (2015) e Pessoa et.al. (2018), em que o IQA brasileiro demonstrou águas de qualidade Ruim. Resultados semelhantes são encontrados também por Kannel et. al. (2007), no Nepal, em que foram observadas águas de qualidade ruim, classificadas pelo WQI-NSF, após passagem do rio por uma zona urbana.

Os principais parâmetros responsáveis por esta elevada degradação das águas são a elevada presença de Coliformes Fecais (ordem de 10^5 e 10^6), DBO (média de 27,5mg/l), PO_4^{3-} (média de 3,9 mg/l), Resíduos Totais (média de 630 mg/l) e a diminuta presença de OD (média de 2,2 mg/l), o que é justificado pelo despejo de efluentes domésticos nos rios e lagoas da região.

Na análise comparativa dos dois índices de qualidade, observa-se que o IQA brasileiro resulta em valores maiores de qualidade de água para as amostras estudadas. Este cenário se deve à diferença de pesos atribuídos aos parâmetros Coliformes Fecais, pH e DBO entre os dois índices.

No IQA brasileiro, os Coliformes e o DBO possuem um peso, respectivamente, de 0,15 e 0,10, enquanto que no WQI-NSF estes pesos são de 0,16 e 0,11. Os valores de Coliformes Fecais e de DBO são altos nas amostras, prejudicando a qualidade da água. Deste modo, o IQA brasileiro, ao diminuir os pesos destes parâmetros, reduz a influência destes parâmetros no resultado final do índice numérico, gerando resultados mais favoráveis a qualidade da água. Já o parâmetro pH gera índices numéricos mais altos (melhor qualidade de água) para valores próximos de 7. Como o IQA brasileiro adota um peso de 0,12 para o pH e o WQI-NSF adota um peso de 0,11, as amostras estudadas, que possuem um pH em média de 7,1, tem seu índice numérico supervalorizado através do IQA brasileiro.

O índice de Estado Trófico (IET), criado por Cunha, et. al. (2013) e amplamente utilizado no Brasil, apresentou valores elevados para as amostras de água superficial estudadas, como pode ser observado na **Tabela 3**, abaixo.

Tabela 3. Resultados do Índice de Estado Trófico (Cunha et. al., 2013) para as amostras de água superficial.

Amostras	IET	Classe
1	81	Hipereutrófico
3	64	Supereutrófico
6	66	Supereutrófico
7	67	Supereutrófico
8.1	86	Hipereutrófico
8.2	89	Hipereutrófico
9	83	Hipereutrófico
10	76	Hipereutrófico
11	65	Supereutrófico
12	62	Eutrófico
13	71	Hipereutrófico
14	64	Supereutrófico
15	68	Hipereutrófico
16	76	Hipereutrófico
17	87	Hipereutrófico
18	72	Hipereutrófico
19	86	Hipereutrófico
20	65	Supereutrófico
21	69	Hipereutrófico
22	63	Eutrófico

Verifica-se que a eutrofização é um problema comum nas águas superficiais da região, haja vista que de 20 amostras, 18 se deram nas duas categorias mais altas de eutrofização (hipereutrófico e supereutrófico). Tal resultado é condizente com o observado no histórico da região (período de 2008 a 2015) registrado por Bahia (2015). A eutrofização elevada, como no caso em questão, pode reduzir os níveis de OD e prejudicar o equilíbrio do ecossistema, deste modo alguns países determinaram legislações específicas para o índice de estado trófico, como os EUA e a Coreia do Sul, por exemplo, que restringem ao consumo humano apenas as águas classificadas como oligotróficas a mesotróficas (Mamum et. al., 2021).

Como o IET é baseado nos teores de Clorofila-a e de Fósforo, o aumento do índice está associado ao aumento de nutrientes que promovem o crescimento de algas, tais como fósforo e nitrogênio (Nixon, 1995). O nitrogênio pode ocorrer tanto naturalmente quanto de forma antrópica, enquanto que o fósforo é naturalmente escasso, sendo enriquecido na água através de dejetos humanos e animais, detergentes e fertilizantes (Vyas et. al., 2006; Stednick & Hall, 2002; Olajire & Imeokparia, 2001; Akoteyon et. al., 2011). Como a região de estudo é uma área urbanizada, o despejo de efluentes domésticos nos recursos hídricos acarreta no aumento de nutrientes, provocando o crescimento de algas e diminuindo a qualidade dos rios e lagoas.

3.3. Adequação ao Consumo Humano e a Diferentes Usos

Embora a área de estudo não sofra influência significativa do mar por se encontrar a aproximadamente 100 km de distância do Oceano Atlântico, 13 amostras de água (52% do total) foram enquadradas como salobras pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que classifica as águas como doces aquelas que possuem no máximo 500mg/l de Sólidos Totais Dissolvidos e como salobras aquelas que possuam entre 501mg/l e 30.000 mg/l.

Apenas levando em consideração as águas subterrâneas, de 5 amostras, 4 foram enquadradas em águas doces, sendo que a única enquadrada como salobra (ponto 7.1) se localiza a menos de 20m de distância de um rio contaminado por efluentes domésticos (ponto 7). Este ponto de água subterrânea possui valores altos de Cl^- (282 mg/l), de Na^+ (133 mg/l) e de N-NO_3^- (15 mg/l), indicativos de contaminação antrópica.

Com relação às águas superficiais, a **Figura 6** demonstra que os principais íons responsáveis pelo aumento da salinidade são o Na^+ e o Cl^- , que assumem valores duas vezes maiores nas águas salobras, em comparação com as doces. Associado ao aumento destes íons

verifica-se o aumento significativo de Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , N-amoniacal e PO_4^{3-} nas águas salobras, sendo que todas estas substâncias, com exceção do Mg^{2+} , são comuns em esgoto doméstico, indicando que a contaminação antrópica tem influência no aumento da salinidade dos corpos hídricos superficiais da área de estudo, haja vista que a CE, e conseqüentemente a salinidade, depende majoritariamente da concentração dos íons na água (Bernard et. al., 2004)

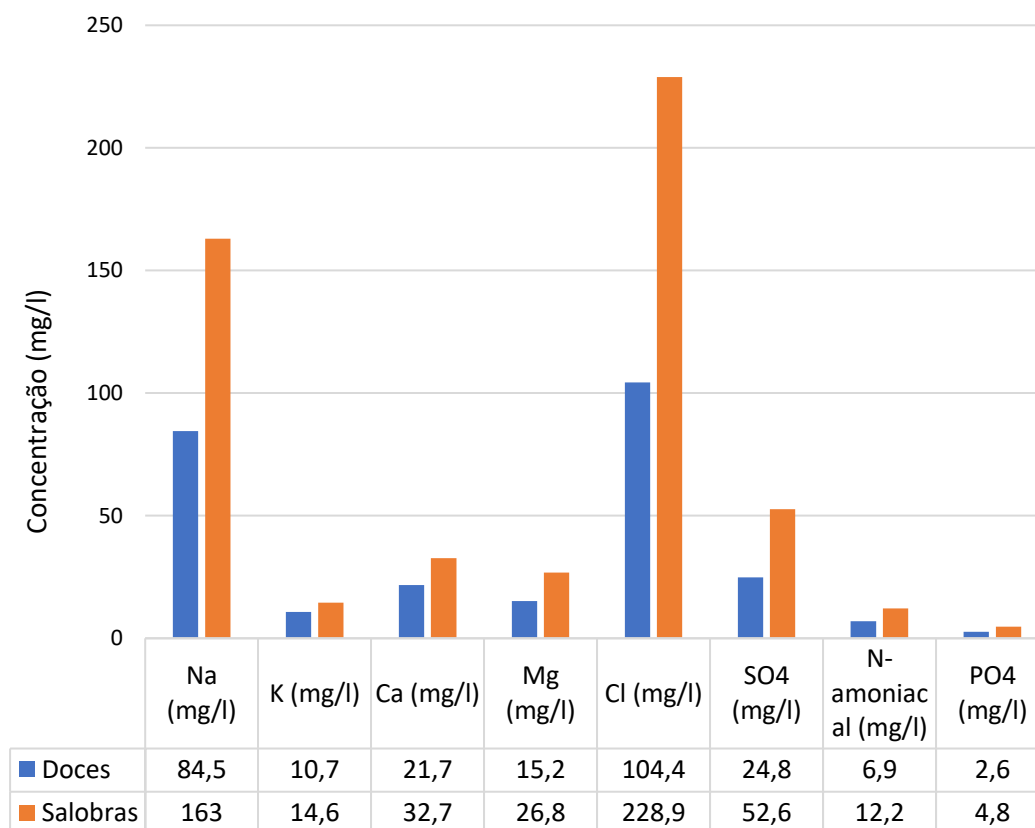


Figura 6. Concentração média dos íons nas águas superficiais doces e salobras.

Os resultados analíticos de cada amostra foram confrontados com a legislação inerente ao tipo de água (superficial e subterrânea), bem como ao uso da água preponderante. A **Tabela Suplementar 2** apresenta os resultados analíticos dos principais parâmetros utilizados na legislação brasileira com os limites máximos estabelecidos para o uso da água.

Verifica-se que todas as amostras obtiveram ao menos um parâmetro acima do limite estabelecido pela legislação, muitas vezes sendo os Coliformes Fecais, o OD e o PO_4^{3-} , que estão presentes em valores além do permitido em, respectivamente, 22, 20 e 17 amostras, de um total de 25, demonstrando que as águas estudadas possuem contaminação antrópica de materiais orgânicos e dejetos humanos e animais, típicos de esgoto doméstico, impossibilitando tanto seu consumo quanto o contato direto da população com estas águas, segundo a legislação brasileira.

Mesmo com a elevada contaminação antrópica na área de estudo, alguns parâmetros se enquadraram dentro dos valores permitidos pela legislação vigente em todas as amostras, tais como Na^+ , SO_4^{2-} , Turbidez e Clorofila-a.

Com relação ao Na^+ , as águas superficiais estudadas não têm um Valor Máximo Permitido (VMP) para este parâmetro, enquanto que as águas subterrâneas o têm, por meio do VMP para a potabilidade. No entanto, como as águas subterrâneas são mais protegidas da contaminação antrópica que ocorre na superfície, o Na^+ se conteve dentro do VMP.

Embora o N-NO_3^- tenha teores acima do VMP em algumas amostras de água superficial, são nas águas subterrâneas em que ele se encontra com seus teores mais altos, com uma média de 22,3 mg/l, uma concentração cerca de duas vezes maior que o VMP (10mg/l), enquanto que os rios e lagoas possuem em média 2,2 mg/l, quantidade dez vezes menor que a encontrada nos aquíferos. Associado, o N-amoniacoal, na água subterrânea, revela uma média de apenas 0,8 mg/l, isto é, dentro do permitido pela legislação (valor de 1,5 mg/l para a água considerada potável), enquanto que nas águas superficiais, o N-amoniacoal tem uma média de 15,3 mg/l, teor acima do VMP.

Concentrações maiores de N-amoniacoal e menores de NO_3^- nas águas superficiais indicam que há contaminação antrópica e que ela se encontra próxima (CETESB, 2008). Por outro lado, concentrações maiores de NO_3^- e menores de N-amoniacoal nas águas subterrâneas indicam que a contaminação antrópica na superfície alcança o aquífero, porém de forma lenta, de modo que o N-amoniacoal tenha tempo de ser convertido em NO_2^- e depois NO_3^- .

A contaminação por nitrato pode gerar graves problemas à saúde humana, como a metahemoglobinemia e câncer (Silva & Araújo, 2003). Já a amônia não tem riscos significativos à saúde, no entanto ela pode prejudicar a eficiência da desinfecção da água nos sistemas de tratamento, bem como comprometer o gosto e o odor da água (WHO, 2017).

O íon Fe^{2+} , de maneira geral, é pouco frequente nas amostras estudadas, tendo apenas uma amostra (ponto 22 – água superficial) com uma alta concentração de 3,7 mg/l, cerca de doze vezes maior que o VMP (0,3 mg/l). Provavelmente esta anomalia se deve à proximidade deste ponto com uma zona industrial, de modo que ele se situa à jusante, recebendo os possíveis efluentes industriais desta região. O ferro em alta concentração pode causar problemas relacionados à saúde humana, a saber: propicia a formação de radicais livres, muitas vezes cancerígenos, influencia a absorção de chumbo e cobre no organismo (Nascimento & Barbosa, 2005) e ocasiona problemas gastrointestinais, neurológicos e doenças como hemocromatose, que pode causar danos ao fígado, pâncreas e coração (SIAH; TRINDER; OLYNYK, 2005)

O parâmetro OD apresentou, em média, para as águas superficiais um valor de 2,2 mg/l, isto é, abaixo do valor recomendado pela legislação (> 5mg/l), que, associado às elevadas concentrações de N-amoniacal, Coliformes Fecais, PO_4^{3-} e DBO, indicam uma alta taxa de deposição de matéria orgânica, através de efluentes domésticos, que consomem o oxigênio dissolvido na água através da decomposição (Wang et. al., 2007)

3.4. Análise Fatorial de Componentes Principais

Através de diversas simulações realizadas, foram identificados 3 grupos fatoriais para as águas superficiais, representados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Cargas fatoriais, comunalidades e variância explicada na análise fatorial das variáveis analisadas, após a rotação pelo método varimax.

Variáveis	CP 1	CP 2	CP 3	Comunalidade
Na ⁺	0,016	0,884	-0,045	0,784
Ca ²⁺	-0,217	0,759	0,050	0,626
Mg ²⁺	-0,143	0,860	0,008	0,760
Cl ⁻	-0,040	0,930	0,064	0,871
N-amoniacal	0,577	-0,106	-0,650	0,767
PO_4^{3-}	0,755	0,131	-0,518	0,856
STD	0,053	0,950	-0,027	0,905
ORP	0,058	0,012	0,797	0,639
OD	-0,148	-0,019	0,839	0,726
DBO	0,820	-0,068	-0,118	0,691
DQO	0,795	-0,015	-0,185	0,667
Turbidez	0,904	-0,073	0,194	0,860
Cor Aparente	0,913	-0,150	0,221	0,906
Coliformes Fecais	0,808	-0,031	-0,149	0,676
IQA	-0,723	0,033	0,422	0,702
CE	0,053	0,950	-0,027	0,905
Variância explicada (%)	36,103	28,875	12,155	-
Variância Acumulada (%)	36,103	64,978	77,133	-

O grupo 1 englobou as variáveis PO_4^{3-} , DBO, DQO, Cor Aparente, Turbidez, Coliformes Fecais e o IQA, representando a poluição antrópica, principalmente por matéria orgânica, haja vista que todos estes parâmetros, com exceção do DQO, estão associados ao despejo de esgoto doméstico, com predomínio de dejetos humanos e animais. Embora o DQO não seja um parâmetro específico para avaliar a matéria orgânica, ele é comumente encontrado em elevados valores no esgoto doméstico, por isso se enquadrando no grupo 1. Ressalta-se que o N-amoniacal, embora tenha

maior carga fatorial no grupo 3, possui uma carga próxima no grupo 1, indicando que ele também pode estar associado ao despejo de esgoto doméstico, segundo a análise multivariada.

Resultados semelhantes são encontrados por Silva e Goveia (2019), que encontra, por meio de análise de componentes principais, associação de DBO, Fósforo, OD e Clorofila-a, indicando fontes de poluição orgânica, através de deposição de nutrientes nos corpos hídricos. Guedes et. al. (2012) encontra resultados semelhantes, de modo que sua análise fatorial resultou em um grupo fatorial contemplando OD, N-amoniaco, DBO e DQO, indicando poluição por matéria orgânica.

O grupo 2 contempla as variáveis Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CE e STD, representando as principais variáveis responsáveis pela salinidade das águas superficiais. Bertosse et. al. (2013) obteve resultados semelhantes, tendo encontrado associação estatística de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos e CE em uma sub-bacia influenciada pela urbanização, no Brasil.

O grupo 3 correlaciona as variáveis N-amoniaco, ORP e OD, que representam, de maneira parcial, a associação do ciclo biogeoquímico do nitrogênio com a influência da poluição na água superficial. Neste cenário, com um elevado teor de N-amoniaco, supõe-se que o ambiente sofre elevada influência de poluição antrópica, através de dejetos orgânicos (CETESB, 2008), o que diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio, tornando-o redutor. No entanto, com o aumento do oxigênio dissolvido na água, o ambiente se torna oxidante, oxidando o N-amoniaco através de bactérias nitrificantes para se tornar nitrito e, por último, nitrato.

3.5. Fitorremediação

A partir dos resultados analíticos obtidos com a fitorremediação em 5 dias (Estágio 1) e em 15 dias (Estágio 2), foi elaborada a **Tabela 5**, que reúne os principais parâmetros observados, demonstrando a eficiência de remoção de cada um pela planta Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*).

Tabela 5. Mudanças nos parâmetros e nos índices de qualidade de água durante 15 dias de fitorremediação pela planta Vetiver.

Amostra/ Estágio	SO4 (mg/l)	N Total (mg/l)	PO4 (mg/l)	pH	STD (mg/l)	ORP (mV)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	Clorofila-a (µg/l)	Colif. Fecais (NPM/100ml)	IQA (CETESB)	IET (CETESB)
7/Água Bruta	56	44,59	5,22	7	569,6	-3	1,5	38,18	30	2,06	1,60E+06	17	67
7/Estágio 1	53	3,31	1,27	7,71	496	98	5,02	9,86	8	10,13	23	57	71
7/Estágio 2	65,9	0,8	0,63	8,08	524	207	7,27	25,07	10	1	23	53	59
8.1/Água Bruta	25	12,73	2,83	6,94	426,24	79	3,05	21,45	32	6,34	1,60E+06	24	86
8.1/Estágio 1	26,1	2,48	0,65	7,66	390	148	2,12	15,37	14	3,64	1700	37	81
8.1/Estágio 2	27,4	0,43	0,17	8,26	399	155	6,2	17,87	4	1,28	1,8	68	74
10/Água Bruta	178,1	1,46	0,3	6,86	1190,4	94	2,77	14,56	3	1,52	3300	46	76
10/Estágio 1	184,7	1,3	0,07	7,3	1170	194	3,37	2	2	1	23	64	71
10/Estágio 2	211,9	1,2	0,06	7,8	1350	160	5,52	26,14	3	1	23	58	70
11/Água Bruta	22,4	18,55	5,87	7,1	352,64	3	2,08	35,92	18	1	1,60E+06	19	65
11/Estágio 1	21,9	18,66	1,79	7,72	342	134	5,9	10,68	7	3,47	1,60E+04	44	67
11/Estágio 2	26,8	0,44	0,68	8,33	328	163	6,42	20,16	9	2,23	79	55	62
14/Água Bruta	31,1	1,67	3,86	7,15	1030,4	-1,61	1,6	22,94	25	1,15	1,60E+06	20	64
14/Estágio 1	25,4	0,55	1,02	8,2	987	126	3,73	21,52	2	3,82	790	39	66
14/Estágio 2	29	0,41	0,3	8,69	1060	196	6,8	40,6	3	1,82	130	45	59
19/Água Bruta	32,7	19,55	4,57	7,22	544	-258	1,63	19,32	9	2,57	3,50E+05	22	86
19/Estágio 1	34,3	6,96	1,94	8,42	507	169	4,43	7,62	9	6,55	270	47	85
19/Estágio 2	38,8	0,46	0,74	8,97	521	152	6,94	41,11	21	5,65	79	40	82
Remoção Média (%) (Água Bruta para Estágio 1)	2,15%	52,50%	71,70%	-11,16%	6,20%	*	-119%	54,30%	52,70%	*	99,70%	-111,50%	0,23%
Remoção Média (%) (Água bruta para Estágio 2)	-13%	80,56%	87,70%	-18,54%	1,60%	*	-241,10%	-29%	26,50%	*	99,90%	-136%	8,50%

* A Remoção (%) para esta variável apresentou "outliers", sendo, desta forma, não representativa.

As alterações mais relevantes se deram nos parâmetros Nitrogênio Total, PO_4^{3-} , OD e Coliformes Fecais.

O Nitrogênio Total apresentou uma remoção de 52,5% durante os primeiros 5 dias de fitorremediação e 80,5% até o 15º dia. Resultados semelhantes foram encontrados por Lishenga et. al. (2015), onde, em um estudo de fitorremediação utilizando o Vetiver, foi constatado que 50% do

Nitrogênio Total na água é reduzido em até 5 dias, enquanto que o controle (amostra de água sem aplicação de fitorremediação) mostra uma redução natural de 26%.

Dos compostos nitrogenados, o Vetiver consome amônia e nitrato a partir de suas raízes, podendo se acumular nos vacúolos das células vegetais (Tischner, 2000). A remoção de amônia neste trabalho foi de 68,5% no primeiro estágio (5 dias) e de 91,5% no segundo estágio (15 dias). O teor de nitrito no 5º dia de fitorremediação aumentou, em média, 1,6 mg/l, no entanto, no 15º dia ele se encontrou abaixo do limite de detecção (0,05 mg/l). O teor de nitrato pouco alterou se mantendo, na maior parte do tempo, abaixo do limite de detecção.

Este cenário indica que durante os 5 primeiros dias a amônia foi tanto absorvida pela planta quanto foi oxidada em nitrito, o que explica a redução drástica de amônia bem como o aumento de nitrito. Até o 15º dia, o nitrito gerado foi convertido em nitrato ao mesmo tempo em que era absorvido pelo Vetiver, o que justifica a presença de nitrato abaixo do limite de detecção.

Gholipour et. al. (2020), em seu estudo de fitorremediação de efluentes domésticos utilizando o Vetiver, encontrou taxas de absorção de nitrato de 0,2 mg/l a 0,4 mg/l por dia pela planta, o que condiz com a justificativa mencionada. Além disso, neste estudo, Gholipour et. al. (2020), identifica que o nitrito, durante os 4 primeiros dias de fitorremediação, aumenta e em seguida diminui, situação semelhante a encontrada nesta pesquisa.

O Vetiver possui grande capacidade de absorção de PO_4^{3-} (Darajeh et. al., 2019), o que justifica a remoção de PO_4^{3-} , de 71,7% no 5º dia e de 87,7% no 15º dia. Tais resultados são significantes ao se comparar com o estudo de Lishenga et. al. (2015), que obteve apenas 29% de remoção de fósforo em 5 dias de fitorremediação com o Vetiver, dado que sua amostra de controle demonstrou redução natural de fósforo no sistema em 15%. Akbarzadeh et. al. (2015), também em um estudo de fitorremediação em efluentes conduzido pelo Vetiver, apresenta remoções de PO_4^{3-} de 75 a 80%, resultados semelhantes ao encontrado neste estudo.

Os teores de OD demonstraram aumentos significativos durante a fitorremediação. Na água bruta, os teores de OD eram, em média, de 2,1 mg/l, tendo aumentado para médias de 4,1 mg/l no 5º dia e 6,5 mg/l no 15º dia, representando, respectivamente, acréscimos de 120% e 240%. Angassa et. al. (2017) registrou resultados semelhantes para o OD, em sua aplicação do Vetiver para remediar um efluente municipal na Etiópia através de vasos comunicantes com tempo de detenção hidráulica de 6 dias. Em seu trabalho, foram registrados aumentos de OD da ordem de 6 mg/l, enquanto que o controle registrou um aumento de 2,7 mg/l.

Este mesmo autor também registrou remoções significativas de Coliformes Fecais em seu trabalho, da ordem de 1.10^6 NMP/100ml na água não tratada para $3,2.10^3$ NMP/100ml, enquanto

que sua amostra de controle registrou uma redução de 1.10^6 NMP/100ml para $5,8.10^4$ NMP/100ml. A remoção de Coliformes Fecais nesta pesquisa registrou valores muito parecidos: nos primeiros 5 dias ocorreu a redução de uma média de $1,1.10^6$ NMP/100ml nas águas brutas para $3,1.10^3$ NMP/100ml, e até o 15° dia a redução se deu deste último valor para uma média de apenas 50 NMP/100ml, representando, respectivamente, uma eficiência de remoção de 99,7% no 5° dia e de 99,9% no 15° dia. Avelar et. al. (2014) também registra diferenças na redução de Coliformes Fecais ao comparar amostras fitorremediadas (remoção da ordem de 3.10^3 NMP/100ml) com amostras de controle (remoção da ordem de 140 NMP/100ml). Sendo assim, a redução de Coliformes Fecais com a utilização do Vetiver é nítida, haja vista as comparações com as amostras de controle registradas por Angassa et. al. (2017) e Avelar et. al. (2014).

Com relação ao DBO, ocorreu primeiramente uma remoção de 54% nos primeiros 5 dias e em seguida, no 15° dia, houve um acréscimo de cerca de 30%. Resultado semelhante foi encontrado por Dreifus (2012), utilizando o Vetiver em sistema de alagados construídos. A autora avalia a eficiência da fitorremediação tanto em efluentes com DBOs relativamente baixos, da ordem de 40 mg/l quanto em efluentes mais concentrados, com 330 mg/l DBO, em um tempo de detenção hidráulica para ambos de cerca de 4 dias, encontrando duas respostas distintas acerca da remoção de DBO pela planta. Nos efluentes pouco concentrados de sua pesquisa, a eficiência do Vetiver na redução do DBO demonstra ser muito baixa, por vezes indistinguível, sofrendo maior influência de fatores externos naturais, como temperatura, pH, etc, do que influência do próprio Vetiver. Já nos efluentes de maior concentração, a remoção do DBO em sua pesquisa seguiu a tendência da literatura, com eficiências de 73% a 87%.

Como as concentrações de DBO das amostras desta pesquisa possuem, em média, 25 mg/l, isto é, parecido com o efluente de baixa concentração no trabalho de Dreifus (2012), a remoção de DBO pelo Vetiver não foi significativa, tendo suas alterações explicadas pelas variações naturais de fatores externos, tornando os valores de DBO instáveis.

O SO_4^{2-} não teve alteração significativa com a fitorremediação, apresentando variação natural ao longo dos 15 dias. Resultado semelhante é encontrado por Gholipour et. al. (2020), onde obteve uma redução de 9% de SO_4^{2-} em 18 dias de fitorremediação com o Vetiver em efluente líquido, enquanto que sua amostra de controle registrou uma redução de SO_4^{2-} de 8%, demonstrando que a planta não tem influência neste íon.

O pH registrou aumentos da ordem de 1 a 1,7 unidade, representando aumentos de 11% e 19%, respectivamente para o 5° dia e o 15° dia. Gholipour et. al. (2020), em sua amostra de controle, encontra uma diminuição de 0,1 ao longo de 18 dias de fitorremediação, o que demonstra

que o aumento de pH na pesquisa atual não ocorreu por fenômenos naturais, mas sim por conta da fitorremediação. Este aumento pode estar relacionado à completa degradação da matéria orgânica, observada através da eliminação dos coliformes fecais, que gerou ácidos orgânicos, os quais possuem meia-vida muito curta, de apenas algumas horas (Baldotto & Baldotto, 2014). Sendo assim, com a rápida degradação ocasionada pela fitorremediação, os ácidos húmicos e fúlvicos foram gerados, mas também degradados rapidamente, de maneira que, antes das coletas das amostras, a maior parte destes ácidos já havia sido degradada, resultando em um pH maior em comparação com a água bruta.

O parâmetro Turbidez revela uma redução substancial de cerca de 50% no 5º dia e, após isso, sofre pequenas variações no 15º dia. Gholipour et. al. (2020) registra resultado semelhante, em que a turbidez sofre uma elevada redução em um primeiro estágio para depois sofrer pequenas variações.

A Clorofila-a não registra variações significantes com a fitorremediação, enquanto que o IQA brasileiro melhora significativamente, de uma média de 25, neste caso sendo classificado como Ruim, para uma média de 53, sendo classificado como Boa, representando um aumento de aproximadamente 140% em 15 dias de fitorremediação. Este aumento considerável da qualidade da água por meio do IQA se deu principalmente por meio da remoção dos coliformes fecais, aumento do OD e diminuição de Nitrogênio Total e de PO₄ na água. Por outro lado, o IET não apresenta uma melhora significativa, tendo uma redução de apenas 8% ao longo de 15 dias. Esta pequena redução se deve ao consumo de PO₄²⁻ pelo Vetiver, que reduz a eutrofização da água.

4. CONCLUSÕES

Na área de estudo, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas possuem composição química predominantemente cloretada sódica, sendo o intemperismo a principal influência sobre as águas superficiais. Dentro desta temática de influência, as lagoas mais rasas da região sofrem influência da evaporação enquanto que as lagoas mais profundas não.

Os índices de qualidade de água indicam um cenário péssimo, de modo que, pelo IQA brasileiro, 85% das amostras se enquadraram nas categorias Péssimo e Ruim, enquanto que, pelo IET, 90% das amostras foram enquadradas nas duas classes de maior eutrofização, a classe supereutrófica e a hipereutrófica. Esta degradação da qualidade da água se deve à poluição antrópica através de efluentes domésticos.

Diante da legislação brasileira, todas as amostras demonstraram valores acima do permitido, sendo, desta forma, impossibilitado o seu uso pela população.

A análise fatorial de componentes principais resultou em 3 grupos fatoriais. O grupo 1 envolve as variáveis PO_4^{3-} , DBO, DQO, Cor Aparente, Turbidez, Coliformes Fecais e o IQA, representando a poluição antrópica. O grupo 2 engloba as variáveis Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CE e STD, indicando as principais variáveis que determinam a salinidade das águas superficiais. O grupo 3 contempla as variáveis N-amoniaco, ORP e OD, representando a associação do ciclo biogeoquímico do nitrogênio com a poluição antrópica, através de dejetos orgânicos.

A fitorremediação utilizando o Vetiver apresentou eficácia evidente na remoção de PO_4^{3-} (88%), Nitrogênio (81%) e Coliformes Fecais (100%), além de um aumento de OD em 240% e do IQA em 140%, sendo uma alternativa eficaz para a remediação de águas contaminadas com esgoto doméstico.

Por último, ressalta-se que as variações de Clorofila-a, do IET e do IQA brasileiro com a fitorremediação utilizando-se o Vetiver representam o preenchimento de uma lacuna no conhecimento científico, já que até o momento não existem trabalhos publicados envolvendo esta questão.

5. REFERÊNCIAS

1. Akbarzadeh A, Vakhshouri M, Jamshidi S, Khalesidoost M. Evaluation of the performance of *Vetiveria zizanioides* in removing nutrients from wastewater. *J Water Wastewater*. **2015**, 26, 57–67
2. Akoteyon, I. S., et al. "Determination of water quality index and suitability of urban river for municipal water supply in Lagos-Nigeria." *European Journal of Scientific Research*. **2011**, 54, 2, 263-271.
3. Angassa, K., Leta, S., Mulat, W. et al. Organic Matter and Nutrient Removal Performance of Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands Planted with *Phragmites karka* and *Vetiveria zizanioides* for Treating Municipal Wastewater. *Environ. Process*. **2018**, 5, 115–130. <https://doi.org/10.1007/s40710-017-0276-1>
4. APHA, AWWA and WEF. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, 22nd Edition. Washington DC: American. **2012**
5. Avelar FF, Matos ATD, Matos MPD, Borges AC. Coliform bacteria removal from sewage in constructed wetlands planted with *Mentha aquatica*. *Environ Technol*. **2014**, 36, 20, 2532-2547. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.893025>

6. Baldotto, M. A. & Baldotto, L. E. B. Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, **2014**, 61, 856-881. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000011>
7. Bahia. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). Relatórios do Monitora. **2015**. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>.
8. Bertosse, A. P. A., Menezes, J. P. C., Cecílio, R. A., Oliveira Garcia, G., & Neves, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando estatística multivariada. *Semina: Ciências Agrárias*, **2013**, 34, 5, 2025-2036.
9. Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº. 357/2005, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. **2005**.
10. Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 396/2008, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. **2008**.
11. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília. **2017**.
12. Bengraïne, Karim, and Taha F. Marhaba. "Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality." *Journal of Hazardous Materials*. **2003**, 100.1-3, 179-195. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(03\)00104-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00104-3)
13. Bernard, P., Antoine, L., & Bernard, L. Principal component analysis: An appropriate tool for water quality evaluation and management—Application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*. **2004**, 178, 295 – 311. <https://doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.03.007>.
14. Boonsong, K., Chansiri, M. Domestic wastewater treatment using vetiver grass cultivated with floating platform technique, *Assumption University: J. Technol*, **2008**, 12, 2, 73-80.
15. Carey, Richard O. et al. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed, Florida. *Ecological Indicators*, **2011**, 11, 5, 1093-1104.
16. Carlson, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr*. **1977**, 22, 2, 361-369.

17. CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection of Water Quality Index, User's Manual. In: Canadian environmental quality guidelines. Canadian Council of aquatic life: CCME, **2001**.
18. Chen, P.; Li, L.; Zhang, H. Spatio-temporal variations and source apportionment of water pollution in Danjiangkou Reservoir Basin, Central China. *Water* **2015**, *7*, 2591–2611. <https://doi.org/10.3390/w7062591>
19. Chen, J.; Li, F.; Fan, Z.; Wang, Y. Integrated application of multivariate statistical methods to source apportionment of water courses in the Liao River basin, northeast China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2016**, *13*, 1035. <https://doi.org/10.3390/ijerph13101035>
20. Chua Lloyd H.C., Stephen B.K. Tan, C.H. Sim, Goyal, M. K. Treatment of baseflow from an urban catchment by a floating wetland system, *Ecological Engineering*. **2012**, *49*, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.08.031>
21. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem. São Paulo, **2008**. 41 p.
22. Cunha, Davi Gasparini Fernandes, Maria do Carmo Calijuri, and Marta Condé Lamparelli. "A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tr})." *Ecological Engineering*. **2013**, *60*, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058>
23. Darajeh, N., Truong, P., Rezania, S., Alizadeh, H., & Leung, D. W. M. Effectiveness of Vetiver grass versus other plants for phytoremediation of contaminated water. *J. Environ. Treatment Techniques*. **2019**, *7*, 3, 485–500.
24. Darajeh, Negisa, et al. "Phytoremediation potential of vetiver system technology for improving the quality of palm oil mill effluent." *Advances in Materials Science and Engineering* **2014**, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/683579>
25. Dinka, M. O., Loiskandl, W., & Ndambuki, J. M. Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. **2015**, *3*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.02.007>
26. Dreifus, T. Tratamento de águas residuárias por alagados construídos de fluxo subsuperficial horizontal, utilizando vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.): avaliação e desempenho de três leitos distintos. Bauru, São Paulo: Universidade Estadual Paulista-UNESP, **2012**. (Dissertação de mestrado).

27. Fulazzaky, M.A., Abdullah, N. H., Mohd Yusoff, A. R., Paul, E. Conditioning the alternating aerobic–anoxic process to enhance the removal of inorganic nitrogen pollution from a municipal wastewater in France. *J. Clean. Prod.* **2015**, 100, 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.043>
28. Gad, M.; El-Hattab, M. Integration of water pollution indices and DRASTIC model for assessment of groundwater quality in El Fayoum Depression, Western Desert, Egypt. *J. Afr. Earth Sci.* **2019**, 158, 103554. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103554>
29. Gastmans, D.; Menegário, A. A.; Moura, C. C. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do aquífero Serra Grande na porção centro sul do estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, **2013**, 27, 3, 27-44. <https://doi.org/10.14295/ras.v27i3.27391>
30. Gholipour, M., Mehrabanjoubani, P., Abdolzadeh, A., Raghimi, M., Seyedkhademi, S., Karimi, E., & Sadeghipour, H. R. Facilitated decrease of anions and cations in influent and effluent of sewage treatment plant by vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*): the uptake of nitrate, nitrite, ammonium, and phosphate. *Environmental Science and Pollution Research*. **2020**. <https://doi:10.1007/s11356-020-08677-5>
31. Gibbs, R. J. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, **1970**, 170, 3962, 1088-1090. <https://doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>
32. Gomes, M. C. R., Anjos, J. Â. S. A.; Daltro, R. R. Multivariate statistical analysis applied to the evaluation of groundwater quality in the central-southern portion of the state of Bahia - Brazil. *Rev. Ambient. Água v.1 5 n. 1*, **2020**. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2408>
33. Guedes, H. A. S., Silva, D. D., Elesbon, A. A. A., Ribeiro, C. B. M., Matos, A. T. & Soares, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. **2012**, 16, 5, 558-563. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000500012>
34. Haji Gholizadeh, M.; Melesse, A.M.; Reddi, L. Water quality assessment and apportionment of pollution sources using APCS-MLR and PMF receptor modeling techniques in three major rivers of South Florida. *Sci. Total Environ.* **2016**, 566–567, 1552–1567. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.046>
35. Jalali, M. Salinization of groundwater in arid and semiarid zones: An example from Tajarak, Western Iran. *Environ. Geol.* **2007**, 52, 1133–1149. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0551-3>
36. Kafil, M. et al. "Phytoremediation potential of vetiver grass irrigated with wastewater for treatment of metal contaminated soil." *International journal of phytoremediation*. **2019**, 21.2, 92-100. <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1474443>

37. Kannel, P.R., Lee, S., Lee, YS. et al. Application of Water Quality Indices and Dissolved Oxygen as Indicators for River Water Classification and Urban Impact Assessment. *Environ Monit Assess.* **2007**, 132, 93–110. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9505-1>
38. Lishenga, I. W., et al. "Efficacy of hydroponic and soil-based vetiver Systems in the Treatment of domestic wastewater." *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology.* **2015**, 26.2, 53.
39. Logan, J. *Interpretação de análises químicas d'água.* Recife: US. Agency for International Development. **1965**, 67
40. Mahapatra, S.S., Sahu, M., Patel, R.K. et al. Prediction of Water Quality Using Principal Component Analysis. *Water Qual Expo Health.* **2012**, 4, 93–104. <https://doi.org/10.1007/s12403-012-0068-9>
41. Macek, T.; Francová, K.; Kochánková, L. "Phytoremediation: biological cleaning of a polluted environment." *Reviews on Environmental Health.* **2004**, 19, 1, 63–82. <https://doi.org/10.1515/REVEH.2004.19.1.63>
42. Mamun, M.; Kim, J.Y.; An, K.-G. Multivariate Statistical Analysis of Water Quality and Trophic State in an Artificial Dam Reservoir. *Water* **2021**, 13, 186. <https://doi.org/10.3390/w13020186>
43. Manahan, S. E. *Fundamentals of Environmental Chemistry.* Boca Raton: Lewis Publishers, **1993**, 844p.
44. Nascimento, S. A. M.; Barbosa, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no Alto Cristalino de Salvador, Bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. *Rev. Bras. Geoc.* **2005**, 35, 4, 543-540
45. Nixon, S. W. Coastal marine eutrophication. A definition, social causes and future concerns. *Ophelia.* **1995**, 41, 199-219. <https://doi.org/10.1080/00785236.1995.10422044>
46. Olajire, A.A; Imeokparia, F.O. Water assessment of Osun River: studies on inorganic nutrients. *Environmental Monitoring and Assessment.* **2001**, 69, 17-28. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1023/A:1010796410829>
47. Thornthwaite, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review,* **1948**, 38, 1, 55-94.
48. Parinet, Bernard, Antoine Lhote, and Bernard Legube. "Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management—application to a tropical lake

- system." *Ecological modelling*. **2004**, 178.3-4, 295-311. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.007>
49. Patterson, R. "Domestic Wastewater and the Sodium Factor," in Site Characterization and Design of On-Site Septic Systems, ed. M. Bedinger, J. Fleming, and A. Johnson (West Conshohocken, PA: ASTM International). **1997**. 23-35. <https://doi.org/10.1520/STP13784S>
50. Paz-Alberto, A. M. and Sigua, G. C. "Phytoremediation: a green technology to remove environmental pollutants," *American Journal of Climate Change*. **2013**. 2 71–86. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2013.21008>
51. Pereira, L., Santiago, M. M. F., Frischkorn, H., Araújo, J. C. de, & Lima, J. O. G. A SALINIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA BACIA DA GAMELEIRA, MUNICÍPIO DE AIUABA/CE. **2006**. *Águas Subterrâneas*, 20(2). <https://doi.org/10.14295/ras.v20i2.10434>
52. Pessoa, J. O., Orrico, S. R. M., Lordêlo, M. S. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. **2018**. 23, 4, 687-696. <https://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018166513>
53. Petersen, W., et al. "Process identification by principal component analysis of river water-quality data." *Ecological Modelling*. **2001**, 138.1-3, 193-213. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00402-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00402-6)
54. R. Reghunath, T.R.S. Murthy, B.R. Raghavan. The utility of multivariate statistical techniques in hydrogeochemical studies: an example from Karnataka, India *Water Research*. **2002**, 36, 2437-2442. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00490-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00490-0)
55. Saxena, V.K.; Singh, V.S.; Mondal, N.C.; Jain, S.C. Use of chemical parameters to delineation fresh ground water resources in Potharlanka Island, India. *Environ. Geol.* **2003**, 44, 516–521. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0807-0>
56. Siah, C. W.; Trinder, D.; Olynyk, J. K. Iron Overload. *Clinica Chimica Acta*. **2005**, 358, 24-36
57. Silva, A, R. C. A., Araújo, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência e Saúde Coletiva*, **2003**, 9, 4, 1019–1028.
58. Silva, C. O. F. & Goveia, D. Avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos urbanos utilizando análise multivariada. *Interações (Campo Grande)*. **2019**, 20, 3, 947-958. <https://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1832>

59. Simeonova et al.; P. Simeonova, V.; Simeonov, G. Andreev. Environmetric analysis of the Struma River water quality, *Central European Journal of Chemistry*. **2003**, 2, 121-126. <https://doi.org/10.2478/BF02479264>
60. Singh, K.P.; Malik, A.; Mohan, D.; Sinha, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—A case study. *Water Res.* **2004**, 38, 3980–3992. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
61. Singh, K.P.; Malik, A.; Sinha, S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—A case study. *Anal. Chim. Acta* **2005**, 538, 355–374. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.006>
62. Stednick, J.D.; Hall, E.B. Applicability of trophic status indicators to Colorado plains reservoirs. Colorado Water Resour Res Institute, Completion Report No. 195. **2002**
63. Superintendência de Recursos Hídricos (SRH). Plano estadual de recursos hídricos. Salvador, **2003**.
64. Tischner R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. *Plant Cell Environ.* **2000**, 23, 10, 1005–1024. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00595.x>
65. Tiwari, R. N. Assessment of groundwater quality and pollution potential of Jawa block Rewa district, Madhya Pradesh, India. Proceedings of the international academy of ecology and environmental sciences, **2011**, 1, 3-4, 202.
66. Truong, P. and Hart, B. Vetiver system for wastewater treatment., Technical Bulletin no. 2001/2, Pacific Rim Vetiver Network, Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand. **2001**.
67. Varol, M. Spatio-temporal changes in surface water quality and sediment phosphorus content of a large reservoir in Turkey. *Environ. Pollution.* **2020**, 259, 113860. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113860>
68. Varol, M. Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressors: A case study. *Environ. Pollut.* **2020**, 266, 115417. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115417>
69. Vyas A, Mishra DD, Bajapai A, Dixit S, Verma N. Environment impact of idol immersion activity lakes of Bhopal, India. *Asian J Exp Sci.* **2006**, 20, 2, 289–296

70. Wang, X., Lu, Y., Han, J., He, G., & Wang, T. Identification of anthropogenic influences on water quality of rivers in Taihu watershed. *Journal of Environmental Sciences (China)*, **2007**, 19, 475–481. doi:10.1016/S1001-0742(07)60080-1.
71. Wang, Junying et al. Temporal variations of surface water quality in urban, suburban and rural areas during rapid urbanization in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 2008, 152, 2, 387-393.
72. WHO. Edition, Fourth. "Guidelines for drinking-water quality". **2017**, 38, 4, 104-108.
73. Worku, A., Tefera, N., Kloos, H. et al. Bioremediation of brewery wastewater using hydroponics planted with vetiver grass in Addis Ababa, Ethiopia. *Bioresour. Bioprocess.* **2018**, 5, 39. <https://doi.org/10.1186/s40643-018-0225-5>
74. Yisa, Jonathan; Jimoh, Tijani Oladejo; Oyibo, Ohiemi Michael. Underground Water Assessment using Water Quality Index. *Leonardo Journal of Sciences*, **2012**, 21, 33-42.
75. Zhang, W.; Ma, L.; Abuduwaili, J.; Ge, Y.; Issanova, G.; Saparov, G. Hydrochemical characteristics and irrigation suitability of surface water in the Syr Darya River, Kazakhstan. *Environ. Monit. Assess.* **2019**, 191, 572. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7713-8>
76. Zeinalzadeh, Kamran, and Elnaz Rezaei. "Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis." *Journal of Hydrology: Regional Studies.* **2017**, 13, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.002>

CAPÍTULO 3 - CONCLUSÕES

As águas naturais da zona urbana e peri-urbana de Feira de Santana evidenciam uma deterioração intensa de sua qualidade, através do despejo de efluentes domésticos de forma difusa. Estas águas se encontram com uma péssima qualidade de água, bem como elevada eutrofização evidenciando que a carga orgânica efluente é alta. Embora estes recursos hídricos sejam utilizados pela população, de maneira geral, para lazer, pesca, irrigação de jardins e, em alguns pontos, para higiene pessoal e consumo humano, a qualidade destas águas não condiz com os usos atuais segundo a legislação brasileira (Portaria MS 05/2017 e Resoluções Conama 357/2005 e 396/2008), revelando um potencial problema de saúde pública.

A fitorremediação vem, ao longo dos anos, provando ser uma ferramenta eficiente no tratamento de efluentes domésticos. Neste estudo, a fitorremediação utilizando o Vetiver apresentou eficácia evidente na remoção de PO_4^{3-} , Nitrogênio e Coliformes Fecais, além de um aumento de OD, demonstrando uma recuperação da qualidade da água, observada através do aumento do IQA (Índice de Qualidade de Água).

Este estudo, além de ter demonstrado o cenário atual da qualidade das águas de Feira de Santana, também ampliou o conhecimento científico acerca do potencial do Vetiver na fitorremediação de águas contaminadas por efluentes domésticos, já que as variações de Clorofila-a, do IET e do IQA brasileiro ocasionadas pela fitorremediação com esta planta nunca foram estudadas, sendo resultados inovadores.

Com relação ao desenvolvimento do trabalho, foram encontradas dificuldades, tais como:

- A necessidade de mudança do tema original do mestrado já próximo à metade do tempo de curso (2 anos);
- Os erros laboratoriais cometidos por terceiros, nos obrigando a realizar nova coleta e realizar novas análises em outro laboratório;
- A chegada da estação chuvosa logo após a decisão de realizar nova coleta, que inviabiliza a realização de amostragens, atrasando novamente o cronograma;
- A dificuldade de logística para os trabalhos de campo devido ao enfrentamento à pandemia de COVID-19;
- O curto intervalo de tempo necessário para a interpretação dos resultados analíticos e redação do artigo/dissertação (3 meses), devido aos diversos atrasos ocorridos anteriormente.

Além disso, a inserção da fitorremediação como tema suplementar ao trabalho dificultou ainda mais a realização da pesquisa, pelo fato de ser um tema de estudo totalmente diferente da que eu tinha conhecimento, me obrigando a pesquisar a fundo como proceder nas etapas de amostragem, de análise e de interpretação dos dados.

No entanto, todo este investimento e dedicação resultou em um trabalho científico de alto nível e, principalmente, me proporcionou conhecimentos e contatos muito relevantes.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO- AUTORES

Luiz Rogério Bastos Leal – Orientador

Maria da Conceição Rabelo Gomes – Participação nas discussões da parte de Hidroquímica e de Qualidade de Água e revisões do artigo.

Carlos Gleidson Campos Purificação – Participação nos trabalhos de amostragem em campo e contribuição com discussões acerca do trabalho.

Fernando José Lemos Costa Pinto – Contribuição com material de trabalho e participação nas discussões referentes à fitorremediação.

APÊNDICE B – TABELAS COM DADOS BRUTOS

Identificação da Amostra	Amostragem	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	CO3 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	SO4 (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	N-NO2 (mg/l)	N-amoniaco (mg/l)	N-Nitro (mg/l)	PO4 (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/l)	T (°C)	ORP (mV)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Cor Aparente	Turb (NTU)	Clorofila-a (µg/l)	Col Term (NMP/100mL)	Col Totais (NMP/100mL)		
AMOSTRAGEM NORMAL																															
1 Parque da Lagoa - Lagoa Geladinho	02/09/2020	81	5,2	11	12	124,5	< 3,60	61,92	15,8	8,17	< 0,10	0,49	8,76	< 0,30	< 0,100	< 0,0100	6,7	676	432,6	27	203	2	< 2,00	47,21	119	10	9,33	4900	92000,00		
2 (Fonte dos Milagres)	03/09/2020	87	14	3,1	11	113,6	< 3,60	< 3,66	25,4	44,36	< 0,20	0,62	45,18	< 0,30	< 0,100	< 0,0100	5,39	768	491,5	28	314,8	1,74		10	< 1,00		< 1,8	< 1,8			
3 (Afluente Jacuípe)	03/09/2020	164	13	26	22	216,3	< 3,60	133,29	40,2	8,6	5,91	14	28,51	5,35	< 0,100	0,0517	6,76	1200	768	25	286	3	21,87	64,89	237	13	< 1,00	240000	> 1,6E+6		
4 (Fonte Lili)	03/09/2020	76	8,1	5,8	8,4	115,8	< 3,60	7,52	< 10,0	21,26	< 0,10	0,14	21,5	< 0,30	< 0,100	0,0163	5,48	574	367,4	28	314,7	1,11		2	1		< 1,8	< 1,8			
5 (Fonte da Sete)	03/09/2020	90	13	9,1	20	121,7	< 3,60	11,39	14,3	24,54	0,9	2,61	28,05	< 0,30	< 0,100	0,0174	5,79	651	416,6	29	324	2,51		23	4		9200000	92000,00			
6 (afluente pojuca, av. Fragaia)	04/09/2020	109	13	13	10	144,8	< 3,60	121,9	44,5	< 0,45	< 0,10	46	46,55	9,3	< 0,100	0,0219	7,5	958	613,1	27	-39	0,83	79,11	194,33	604	42	< 1,00	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
7 (afluente Pojuca)	08/09/2020	69	11	16	11	123,2	< 3,60	109,9	56	< 0,45	0,14	14	44,59	5,22	< 0,100	0,0472	7	890	569,6	26	-3	1,5	38,18	95,79	384	30	2,06	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
7.1 (fonte mangabeira)	08/09/2020	133	11	8,4	27	282,2	< 3,60	8,13	< 20,0	15,16	< 0,20	0,27	15,63	< 0,30	< 0,100	0,0794	6,88	1060	678,4	28	208	2,82		2	1		< 1,8	< 1,8			
8 (lagoa grande-fonte)	02/09/2020	49	8,5	3,6	5,3	103,3	< 3,60	23,38	< 5,0	6,15	0,15	0,12	6,42	< 0,30	< 0,100	0,0225	6,79	372	238,1	26	150,9	0,81		4	1		> 1,6E+6	> 1,6E+6			
8.1 (lagoa grande-esgoto)	08/09/2020	59	11	22	12	101,7	< 3,60	103,6	25	2,5	0,66	9,57	12,73	2,83	< 0,100	0,0519	6,94	666	426,2	27	79	3,05	21,45	96,63	542	32	6,34	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
8.2 (lagoa grande-oposto esgoto)	04/09/2020	90	16	41	19	108,8	< 3,60	93,43	41,7	0,46	0,23	4,43	5,12	3,9	< 0,100	0,0119	7,53	739	473	27	165,3	3,82	35,86	92,95	866	62	14,11	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
9 (lagoa subaé)	04/09/2020	70	11	25	11	131,4	< 3,60	94,25	17,5	< 0,45	< 0,10	< 0,10	0,65	1,06	< 0,100	0,0621	7,44	756	483,8	22	-66	0,94	26,61	64,89	196	9	5,99	17000	92000,00		
10 (lagoa salgada)	08/09/2020	196	19	83	34	416,4	< 3,60	81,23	178,1	< 0,90	< 0,20	0,36	1,46	< 0,30	< 0,100	0,0419	6,86	1860	1190	27	94	2,77	14,56	96,32	64	3	1,52	3300	14000,00		
11 (rio subaé)	08/09/2020	50	9,8	9,1	9,3	91,8	< 3,60	69,95	22,4	< 0,23	0,32	18	18,55	5,87	0,126	0,0295	7,1	551	352,6	26	3	2,08	35,92	94	309	18	< 1,00	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
12 (afluente Jacuípe)	04/09/2020	91	14	30	19	131,6	< 3,60	73,51	69,6	11,59	1,22	7,41	20,22	2,49	0,119	0,0273	7,51	880	563,2	26	-7,3	3,31	20,62	52,79	112	3	< 1,00	> 1,6E+5	> 1,6E+5		
13 (Afluente Jacuípe)	03/09/2020	88	13	11	12	134,7	< 3,60	113,66	44,2	0,47	< 0,10	19	19,57	7,02	< 0,100	0,0276	6,68	900	576	30	248,5	1,44	47,28	124,33	690	38	3,92	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
14 (afluente Jacuípe)	08/09/2020	567	14	70	96	166	< 3,60	397,72	31,1	< 0,90	< 0,20	0,57	1,67	3,86	1,3	2,6	7,15	1610	1030	22	-1,61	1,6	22,94	166,33	440	25	1,15	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
15 (Rio Jacuípe)	03/09/2020	36	4	12	12	90,1	< 3,60	34,67	10	0,85	0,31	0,48	1,64	0,71	< 0,100	< 0,0100	6,88	408	261,1	27	268,4	4,4	17,51	75	117	7	8,07	23000	92000,00		
16 (lagoa da tábuá)	04/09/2020	51	5,5	4,8	3,4	78,5	< 3,60	32,43	< 5,0	< 0,23	< 0,05	0,25	0,53	< 0,30	0,331	0,0163	7,52	367	234,9	26	67	2,63	33,79	83,63	233	6	1,63	11000	11000,00		
17 (lagoa da pindoba)	04/09/2020	230	29	35	35	577,3	< 3,60	173,95	< 30,0	< 1,35	< 0,30	0,34	1,99	5,48	0,794	0,0812	7,06	2336	1495	26	26,5	2,55	37,86	96,79	349	24	4,01	> 1,6E+6	> 1,6E+6		
18 (afluente Pojuca)	02/09/2020	70	9,7	22	12	157,9	< 3,60	134,4	38,9	< 0,45	< 0,10	18	18,55	6,34	< 0,100	0,0419	7,14	978	625,9	27	-105	0,87	5,21	75,79	193	11	5,75	> 1,6E+6	> 1,6E+7		
19 (lagoa da Berreca)	08/09/2020	84	13	32	14	137,4	< 3,60	118,65	32,7	< 0,45	< 0,10	19	19,55	4,57	< 0,100	0,0565	7,22	850	544	24	-258	1,63	19,32	76,58	176	9	2,57	350000	> 1,6E+6		
20 (rio Pojuca)	04/09/2020	160	13	43	45	377,8	< 3,60	113,97	44,5	2,48	0,78	7,47	10,73	3,85	< 0,100	0,0462	7,36	1612	1032	24	155,1	1,72	18,49	49,79	138	7	1,28	92000	92000,00		
21 (rio Subaé)	08/09/2020	239	23	49	43	108,7	< 3,60	89,67	40,9	0,94	< 0,10	2,2	23,04	5,48	0,632	0,656	7,26	720	460,8	25	-20	1,71	16,84	91,21	238	20	2,81	240000	> 1,6E+6		
22 (Afluente Jacuípe)	03/09/2020	127	14	11	12	163	< 3,60	73,2	46,3	1,53	< 0,10	0,49	2,12	3,26	3,7	0,0344	7,01	850	544	24	264,7	2,45	36,28	106	309	15	< 1,00	7800	92000,00		
VETIVER 5° DIA																															
19 (lagoa da Berreca)	5 dia - 16/09/2020								34,3	0,57	4,6	1,79	6,96	1,94			8,42	793	507	23	169	4,43	7,62			9	6,55	270	1100		
14 (afluente Jacuípe)	5 dia - 16/09/2020								25,4	< 0,23	< 0,05	0,27	0,55	1,02			8,2	1540	987	23	126	3,73	21,52			2	3,82	790	5400		
11 (rio subaé)	5 dia - 16/09/2020								21,9	0,29	7,37	11	18,66	1,79			7,72	535	342	23	134	5,9	10,68			7	3,47	16000	220000		
10 (lagoa salgada)	5 dia - 16/09/2020								184,7	< 0,90	< 0,20	0,2	1,3	0,07			7,3	1830	1170	23	194	3,37	< 2,00			2	< 1,00	23	94		
8.1 (lagoa grande-esgoto)	5 dia - 16/09/2020								26,1	0,37	0,95	1,16	2,48	0,65			7,66	615	390	22	148	2,12	15,37			14	3,64	1700	9200		
7 (afluente Pojuca)	5 dia - 16/09/2020								53	< 0,45	2,37	0,49	3,31	1,27			7,71	775	496	23	98	5,02	9,86			8	10,13	23	230		
VETIVER 15° DIA																															
19 (lagoa da Berreca)	15 dia - 25/09/2020								38,8	< 0,23	< 0,05	0,18	0,46	0,74			8,97	815	521	29	152	6,94	41,11			21	5,65	79	130		
14 (afluente Jacuípe)	15 dia - 25/09/2020								29	0,26	< 0,05	< 0,10	0,41	0,3			8,69	1650	1060	29	196	6,8	40,6			3	1,82	130	16000		
11 (rio subaé)	15 dia - 25/09/2020								26,8	< 0,23	< 0,05	0,16	0,44	0,68			8,33	512	328	30	163	6,42	20,16			9	2,23	79	1600		
10 (lagoa salgada)	15 dia - 25/09/2020								211,9	< 0,90	< 0,20	< 0,10	1,2	< 0,06			7,8	2100	1350	28	160	5,52	26,14			3	< 1,00	23	240		
8.1 (lagoa grande-esgoto)	15 dia - 25/09/2020								27,4	< 0,23	< 0,05	0,15	0,43	0,17			8,26	623	399	29	155	6,2	17,87			4	1,28	< 1,8	2200		
7 (afluente Pojuca)	15 dia - 25/09/2020								65,9	< 0,45	< 0,10	0,25	0,8	0,63			8,08	820	524	28	207	7,27	25,07			10	< 1,00	23	240		

Tabela Suplementar 1 - Resultados Analíticos de cada amostra

Ponto	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	N-NO2 (mg/l)	N-amoniaco (mg/l)	PO4 (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	pH	STD (mg/l)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Cor (UC)	Turb (NTU)	Clorofila-a (µg/l)	Col Term (NMP/100mL)	Col Totais (NMP/100mL)	Legislação Vigente
1	81	124,5	15,8	8,17	< 0,10	0,49	< 0,30	< 0,1	< 0,01	6,7	432,6	2	< 2,00	119	10	9,33	4900	92000,00	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
2	87	113,6	25,4	44,36	< 0,20	0,62	< 0,30	< 0,1	< 0,01	5,39	491,5	1,74		10	< 1,00		< 1,8	< 1,8	CONAMA 396 (CONS. HUM) + PORT. 05/17
3	164	216,3	40,2	8,6	5,91	14	5,35	< 0,1	0,0517	6,76	768	3	21,87	237	13	< 1,00	240000	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
4	76	115,8	< 10,0	21,26	< 0,10	0,14	< 0,30	< 0,1	0,0163	5,48	367,4	1,11		2	1		< 1,8	< 1,8	CONAMA 396 (CONS. HUM) + PORT. 05/17
5	90	121,7	14,3	24,54	0,9	2,61	< 0,30	< 0,1	0,0174	5,79	416,6	2,51		23	4		9200000	92000,00	CONAMA 396 (CONS. HUM) + PORT. 05/17
6	109	144,8	44,5	< 0,45	< 0,10	46	9,3	< 0,1	0,0219	7,5	613,1	0,83	79,11	604	42	< 1,00	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
7	69	123,2	56	< 0,45	0,14	14	5,22	< 0,1	0,0472	7	569,6	1,5	38,18	384	30	2,06	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
7.1	133	282,2	< 20,0	15,16	< 0,20	0,27	< 0,30	< 0,1	0,0794	6,88	678,4	2,82		2	1		< 1,8	< 1,8	CONAMA 396 (CONS. HUM) + PORT. 05/17
8	49	103,3	< 5,0	6,15	0,15	0,12	< 0,30	< 0,1	0,0225	6,79	238,1	0,81		4	1		> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 396 (CONS. HUM) + PORT. 05/17
8.1	59	101,7	25	2,5	0,66	9,57	2,83	< 0,1	0,0519	6,94	426,2	3,05	21,45	542	32	6,34	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
8.2	90	108,8	41,7	0,46	0,23	4,43	3,9	< 0,1	0,0119	7,5	473	3,82	35,86	866	62	14,11	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
9	70	131,4	17,5	< 0,45	< 0,10	< 0,10	1,06	< 0,1	0,0621	7,44	483,8	0,94	26,61	196	9	5,99	17000	92000,00	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
10	196	416,4	178,1	< 0,90	< 0,20	0,36	< 0,30	< 0,1	0,0419	6,86	1190	2,77	14,56	64	3	1,52	3300	14000,00	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
11	50	91,8	22,4	< 0,23	0,32	18	5,87	0,126	0,0295	7,1	352,6	2,08	35,92	309	18	< 1,00	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
12	91	131,6	69,6	11,59	1,22	7,41	2,49	0,119	0,0273	7,5	563,2	3,31	20,62	112	3	< 1,00	> 1,6E+5	> 1,6E+5	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
13	88	134,7	44,2	0,47	< 0,10	19	7,02	< 0,1	0,0276	6,68	576	1,44	47,28	690	38	3,92	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
14	567	166	31,1	< 0,90	< 0,20	0,57	3,86	1,3	2,6	7,15	1030	1,6	22,94	440	25	1,15	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
15	36	90,1	10	0,85	0,31	0,48	0,71	< 0,1	< 0,01	6,88	261,1	4,4	17,51	117	7	8,07	23000	920000,00	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
16	51	78,5	< 5,0	< 0,23	< 0,05	0,25	< 0,30	0,331	0,0163	7,5	234,9	2,63	33,79	233	6	1,63	11000	11000,00	CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE)
17	230	577,3	< 30,0	< 1,35	< 0,30	0,34	5,48	0,794	0,0812	7,06	1495	2,55	37,86	349	24	4,01	> 1,6E+6	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
18	70	157,9	38,9	< 0,45	< 0,10	18	6,34	< 0,1	0,0419	7,14	625,9	0,87	5,21	193	11	5,75	> 1,6E+6	> 1,6E+7	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
19	84	137,4	32,7	< 0,45	< 0,10	19	4,57	< 0,1	0,0565	7,22	544	1,63	19,32	176	9	2,57	350000	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
20	160	377,8	44,5	2,48	0,78	7,47	3,85	< 0,1	0,0462	7,36	1032	1,72	18,49	138	7	1,28	92000	92000,00	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)
21	239	108,7	40,9	0,94	< 0,10	22	5,48	0,632	0,656	7,26	460,8	1,71	16,84	238	20	2,81	240000	> 1,6E+6	CONAMA 357 CLASSE 3 (DOCE)
22	127	163	46,3	1,53	< 0,10	0,49	3,26	3,7	0,0344	7,01	544	2,45	36,28	309	15	< 1,00	7800	920000,00	CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA)

Os valores em vermelho representam valores acima do limite estabelecido pela legislação vigente.

CONAMA 357 CLASSE 2 (DOCE) refere-se à legislação sobre as águas com STD menores que 500 mg/l, sendo enquadradas em Classe 2 referentes à águas doces, pela resolução CONAMA 357/2005, devendo ser águas destinadas: i) ao consumo humano, após tratamento convencional; ii) à proteção das comunidades aquáticas; iii) à recreação de contato primário; iv) à irrigação de plantas e frutas comestíveis e de áreas verdes e de lazer ao qual o público possa vir a ter contato direto; v) à pesca e aquicultura.

CONAMA 357 CLASSE 1 (SALOBRA) refere-se à legislação sobre as águas com STD entre 501 mg/l e 30.000mg/l, sendo enquadradas em Classe 1 referentes à águas salobras, pela resolução CONAMA 357/2005, devendo ser águas destinadas: i) à recreação de contato primário; ii) à proteção das comunidades aquáticas; iii) à aquicultura e à atividade de pesca; iv) ao consumo humano após tratamento convencional ou avançado; v) à irrigação de plantas e frutas comestíveis e à irrigação de áreas verdes e de lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto

CONAMA 357 CLASSE 3 (DOCE) refere-se à legislação sobre as águas com STD menores que 500 mg/l, sendo enquadradas em Classe 3 referentes à águas doces, pela resolução CONAMA 357/2005, devendo ser águas destinadas: i) ao consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; ii) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; iii) à pesca amadora; iv) à recreação de contato secundário; v) à dessedentação de animais

CONAMA 396 (CONS. HUM) refere-se à resolução CONAMA 396/2008, referente às águas subterrâneas, especificamente as águas cujo uso preponderante seja o Consumo Humano.

PORT. 05/17 refere-se à Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017 (Anexo 10), referente aos critérios de potabilidade da água.

Tabela Suplementar 2 – Resultados analíticos das amostras confrontadas com os critérios estabelecidos pela legislação vigente brasileira. Valores em vermelho representam a inadequação à legislação, enquanto que valores em preto representam a adequação aos critérios de qualidade de água segundo a legislação.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA

General Considerations

- **Research manuscripts** should comprise:
 - **Front matter**: Title, Author list, Affiliations, Abstract, Keywords
 - **Research manuscript sections**: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions (optional).
 - **Back matter**: Supplementary Materials, Acknowledgments, Author Contributions, Conflicts of Interest, **References**.
- **Review manuscripts** should comprise the **front matter**, literature review sections and the **back matter**. The template file can also be used to prepare the front and back matter of your review manuscript. It is not necessary to follow the remaining structure. Structured reviews and meta-analyses should use the same structure as research articles and ensure they conform to the **PRISMA** guidelines.
- **Graphical Abstract:**

A graphical abstract (GA) is an image that appears alongside the text abstract in the Table of Contents. In addition to summarizing content, it should represent the topic of the article in an attention-grabbing way.

The GA should be a high-quality illustration or diagram in any of the following formats: PNG, JPEG, EPS, SVG, PSD or AI. Written text in a GA should be clear and easy to read, using one of the following fonts: Times, Arial, Courier, Helvetica, Ubuntu or Calibri.

The minimum required size for the GA is 560 × 1100 pixels (height × width). When submitting larger images, please make sure to keep to the same ratio.
- **Acronyms/Abbreviations/Initialisms** should be defined the first time they appear in each of three sections: the abstract; the main text; the first figure or table. When defined for the first time, the acronym/abbreviation/initialism should be added in parentheses after the written-out form.
- **SI Units** (International System of Units) should be used. Imperial, US customary and other units should be converted to SI units whenever possible.
- **Accession numbers** of RNA, DNA and protein sequences used in the manuscript should be provided in the Materials and Methods section. Also see the section on **Deposition of Sequences and of Expression Data**.
- **Equations:** If you are using Word, please use either the Microsoft Equation Editor or the MathType add-on. Equations should be editable by the editorial office and not appear in a picture format.
- **Research Data and supplementary materials:** Note that publication of your manuscript implies that you must make all materials, data, and protocols associated with the

publication available to readers. Disclose at the submission stage any restrictions on the availability of materials or information. Read the information about [Supplementary Materials](#) and Data Deposit for additional guidelines.

- **Preregistration:** Where authors have preregistered studies or analysis plans, links to the preregistration must be provided in the manuscript.
- **Guidelines and standards:** MDPI follows standards and guidelines for certain types of research. See https://www.mdpi.com/editorial_process for further information.

Front Matter

These sections should appear in all manuscript types

- **Title:** The title of your manuscript should be concise, specific and relevant. It should identify if the study reports (human or animal) trial data, or is a systematic review, meta-analysis or replication study.
- **Author List and Affiliations:** Authors' full first and last names must be provided. The initials of any middle names can be added. The PubMed/MEDLINE standard format is used for affiliations: complete address information including city, zip code, state/province, and country. At least one author should be designated as corresponding author, and his or her email address and other details should be included at the end of the affiliation section. Please read the [criteria to qualify for authorship](#).
- **Abstract:** The abstract should be a total of about 200 words maximum. The abstract should be a single paragraph and should follow the style of structured abstracts, but without headings: 1) Background: Place the question addressed in a broad context and highlight the purpose of the study; 2) Methods: Describe briefly the main methods or treatments applied. Include any relevant preregistration numbers, and species and strains of any animals used. 3) Results: Summarize the article's main findings; and 4) Conclusion: Indicate the main conclusions or interpretations. The abstract should be an objective representation of the article: it must not contain results which are not presented and substantiated in the main text and should not exaggerate the main conclusions.
- **Keywords:** Three to ten pertinent keywords need to be added after the abstract. We recommend that the keywords are specific to the article, yet reasonably common within the subject discipline.

Research Manuscript Sections

- **Introduction:** The introduction should briefly place the study in a broad context and highlight why it is important. It should define the purpose of the work and its significance, including specific hypotheses being tested. The current state of the research field should be reviewed carefully and key publications cited. Please highlight controversial and diverging hypotheses when necessary. Finally, briefly mention the main aim of the work and highlight the main conclusions. Keep the introduction comprehensible to scientists working outside the topic of the paper.

- **Materials and Methods:** They should be described with sufficient detail to allow others to replicate and build on published results. New methods and protocols should be described in detail while well-established methods can be briefly described and appropriately cited. Give the name and version of any software used and make clear whether computer code used is available. Include any pre-registration codes.
- **Results:** Provide a concise and precise description of the experimental results, their interpretation as well as the experimental conclusions that can be drawn.
- **Discussion:** Authors should discuss the results and how they can be interpreted in perspective of previous studies and of the working hypotheses. The findings and their implications should be discussed in the broadest context possible and limitations of the work highlighted. Future research directions may also be mentioned. This section may be combined with Results.
- **Conclusions:** This section is not mandatory, but can be added to the manuscript if the discussion is unusually long or complex.
- **Patents:** This section is not mandatory, but may be added if there are patents resulting from the work reported in this manuscript.

Back Matter

- **Supplementary Materials:** Describe any supplementary material published online alongside the manuscript (figure, tables, video, spreadsheets, etc.). Please indicate the name and title of each element as follows Figure S1: title, Table S1: title, etc.
- **Funding:** All sources of funding of the study should be disclosed. Clearly indicate grants that you have received in support of your research work and if you received funds to cover publication costs. Note that some funders will not refund article processing charges (APC) if the funder and grant number are not clearly and correctly identified in the paper. Funding information can be entered separately into the submission system by the authors during submission of their manuscript. Such funding information, if available, will be deposited to FundRef if the manuscript is finally published.
Please add: “This research received no external funding” or “This research was funded by [name of funder] grant number [xxx]” and “The APC was funded by [XXX]” in this section. Check carefully that the details given are accurate and use the standard spelling of funding agency names at <https://search.crossref.org/funding>, any errors may affect your future funding.
- **Acknowledgments:** In this section you can acknowledge any support given which is not covered by the author contribution or funding sections. This may include administrative and technical support, or donations in kind (e.g., materials used for experiments).
- **Author Contributions:** Each author is expected to have made substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data; or the creation of new software used in the work; or have drafted the work or substantively revised it; AND has approved the submitted version (and version substantially edited by journal staff that involves the author’s contribution to the study); AND agrees to be personally accountable for the author’s own contributions and for ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work, even

ones in which the author was not personally involved, are appropriately investigated, resolved, and documented in the literature.

For research articles with several authors, a short paragraph specifying their individual contributions must be provided. The following statements should be used

"Conceptualization, X.X. and Y.Y.; Methodology, X.X.; Software, X.X.; Validation, X.X., Y.Y. and Z.Z.; Formal Analysis, X.X.; Investigation, X.X.; Resources, X.X.; Data Curation, X.X.; Writing – Original Draft Preparation, X.X.; Writing – Review & Editing, X.X.; Visualization, X.X.; Supervision, X.X.; Project Administration, X.X.; Funding Acquisition, Y.Y.", please turn to the [CRedit taxonomy](#) for the term explanation. For more background on CRediT, see [here](#). "**Authorship must include and be limited to those who have contributed substantially to the work. Please read the section concerning the [criteria to qualify for authorship](#) carefully**".

- **Data Availability Statement:** In this section, please provide details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study. Please refer to suggested Data Availability Statements in section "[MDPI Research Data Policies](#)". You might choose to exclude this statement if the study did not report any data.
- **Conflicts of Interest:** Authors must identify and declare any personal circumstances or interest that may be perceived as influencing the representation or interpretation of reported research results. If there is no conflict of interest, please state "The authors declare no conflict of interest." Any role of the funding sponsors in the choice of research project; design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results must be declared in this section. *Water* does not publish studies funded by the tobacco industry. Any projects funded by industry must pay special attention to the full declaration of funder involvement. If there is no role, please state "The sponsors had no role in the design, execution, interpretation, or writing of the study". For more details please see [Conflict of Interest](#).
- **References:** References must be numbered in order of appearance in the text (including table captions and figure legends) and listed individually at the end of the manuscript. We recommend preparing the references with a bibliography software package, such as [EndNote](#), [ReferenceManager](#) or [Zotero](#) to avoid typing mistakes and duplicated references. We encourage citations to data, computer code and other citable research material. If available online, you may use reference style 9. below.
- Citations and References in Supplementary files are permitted provided that they also appear in the main text and in the reference list.

In the text, reference numbers should be placed in square brackets [], and placed before the punctuation; for example [1], [1–3] or [1,3]. For embedded citations in the text with pagination, use both parentheses and brackets to indicate the reference number and page numbers; for example [5] (p. 10). or [6] (pp. 101–105).

The reference list should include the full title, as recommended by the ACS style guide. Style files for [Endnote](#) and [Zotero](#) are available.

References should be described as follows, depending on the type of work:

Journal Articles:

1. Author 1, A.B.; Author 2, C.D. Title of the article. *Abbreviated Journal Name* **Year**, *Volume*, page range.

Books and Book Chapters:

2. Author 1, A.; Author 2, B. *Book Title*, 3rd ed.; Publisher: Publisher Location, Country, Year; pp. 154–196.

3. Author 1, A.; Author 2, B. Title of the chapter. In *Book Title*, 2nd ed.; Editor 1, A., Editor 2, B., Eds.; Publisher: Publisher Location, Country, Year; Volume 3, pp. 154–196.

Unpublished work, submitted work, personal communication:

4. Author 1, A.B.; Author 2, C. Title of Unpublished Work. status (unpublished; manuscript in preparation).

5. Author 1, A.B.; Author 2, C. Title of Unpublished Work. *Abbreviated Journal Name* stage of publication (under review; accepted; in press).

6. Author 1, A.B. (University, City, State, Country); Author 2, C. (Institute, City, State, Country). Personal communication, Year.

Conference Proceedings:

7. Author 1, A.B.; Author 2, C.D.; Author 3, E.F. Title of Presentation. In *Title of the Collected Work* (if available), Proceedings of the Name of the Conference, Location of Conference, Country, Date of Conference; Editor 1, Editor 2, Eds. (if available); Publisher: City, Country, Year (if available); Abstract Number (optional), Pagination (optional).

Thesis:

8. Author 1, A.B. Title of Thesis. Level of Thesis, Degree-Granting University, Location of University, Date of Completion.

Websites:

9. Title of Site. Available online: URL (accessed on Day Month Year).

Unlike published works, websites may change over time or disappear, so we encourage you create an archive of the cited website using a service such as [WebCite](#). Archived websites should be cited using the link provided as follows:

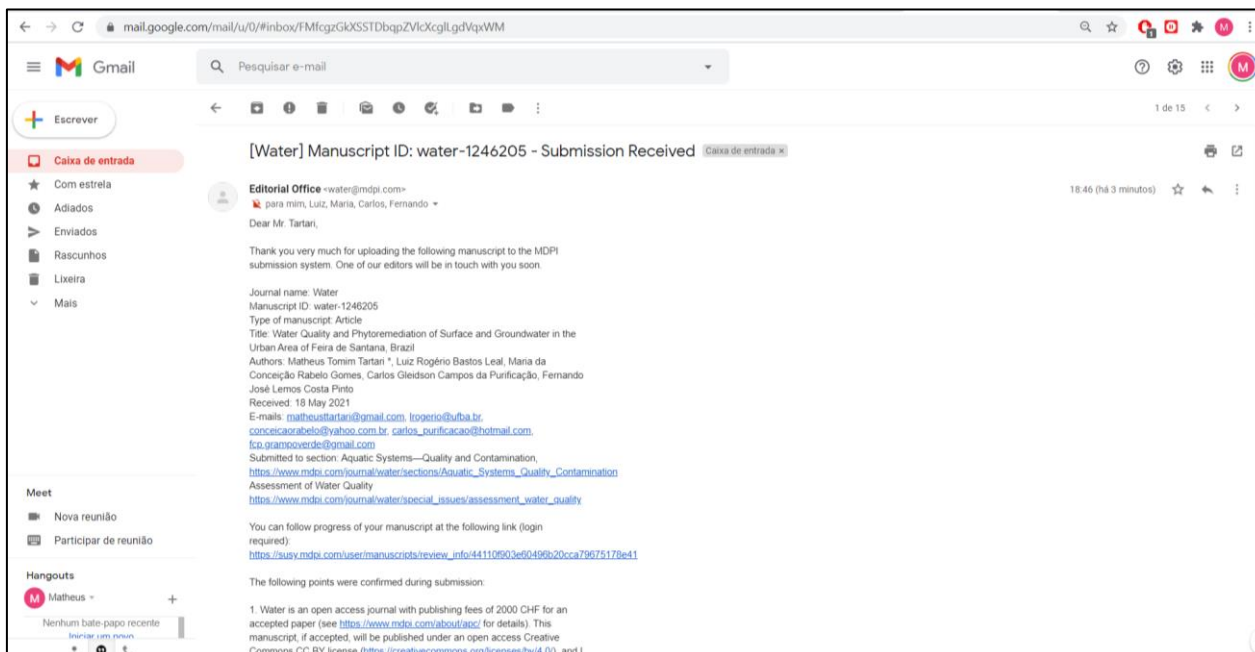
10. Title of Site. URL (archived on Day Month Year).

Preparing Figures, Schemes and Tables

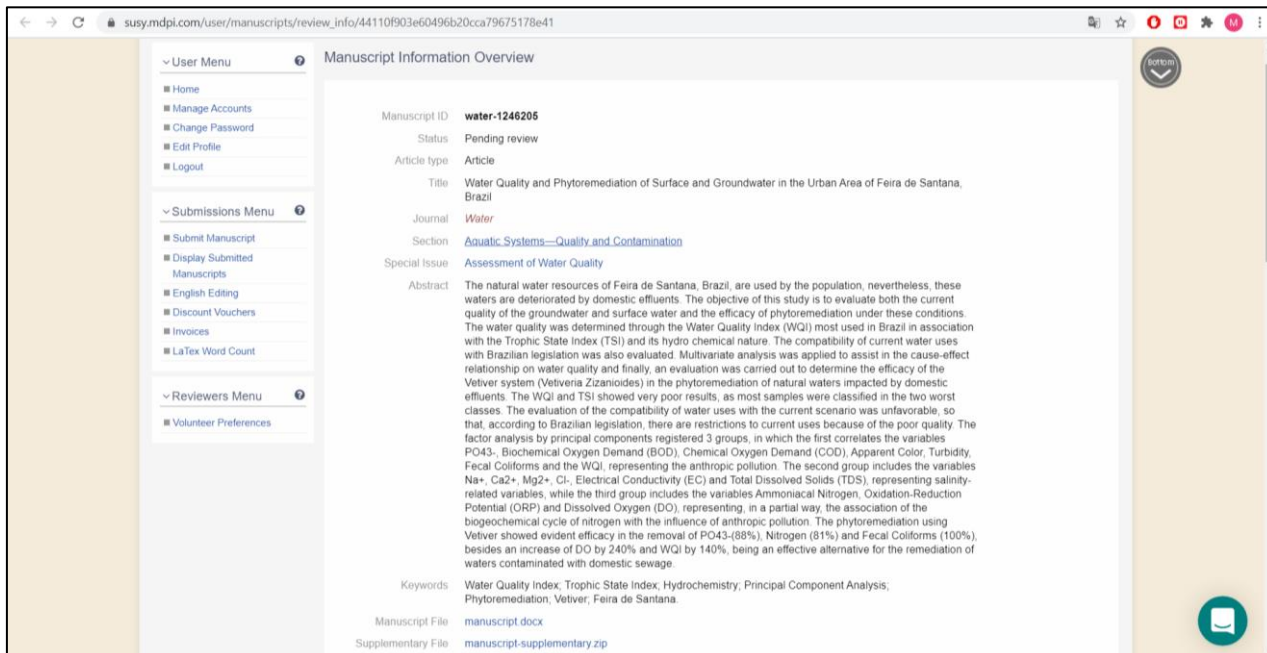
- File for Figures and Schemes must be provided during submission in a single zip archive and at a sufficiently high resolution (minimum 1000 pixels width/height, or a resolution of 300 dpi or higher). Common formats are accepted, however, TIFF, JPEG, EPS and PDF are preferred.
- *Water* can publish multimedia files in articles or as supplementary materials. Please contact the editorial office for further information.
- All Figures, Schemes and Tables should be inserted into the main text close to their first citation and must be numbered following their number of appearance (Figure 1, Scheme I, Figure 2, Scheme II, Table 1, *etc.*).
- All Figures, Schemes and Tables should have a short explanatory title and caption.

- All table columns should have an explanatory heading. To facilitate the copy-editing of larger tables, smaller fonts may be used, but no less than 8 pt. in size. Authors should use the Table option of Microsoft Word to create tables.
- Authors are encouraged to prepare figures and schemes in color (RGB at 8-bit per channel). There is no additional cost for publishing full color graphics.

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO



Email recebido da revista WATER após a submissão online do artigo



Status da submissão do artigo no site da revista WATER.