

# INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE CHUVAS E DE REJEITOS DE EFLUENTES NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO IGARAPÉ SANTOS (TUCURUÍ-SUDESTE PARAENSE / AMAZÔNIA ORIENTAL)<sup>1</sup>

Rafael Oliveira da Silva<sup>2</sup>Maamar El Robrini<sup>3</sup>Margarida Pereira de Freitas<sup>4</sup>

## RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes no planeta e até bem pouco tempo era considerado como um bem infinito. A realização do monitoramento espaço-sazonal das características físicas, químicas e microbiológicas dos corpos hídricos contribui na avaliação ambiental, pois se trata de atividade estratégica relevante para a conservação e gestão destes ecossistemas. Para avaliar a qualidade das águas do Igarapé Santos, as campanhas amostrais foram realizadas no período chuvoso (abril) e no período de estiagem (agosto), sendo as coletas distribuídas em seis pontos: zona rural (P1, P2), zona de transição/rural-urbano (P3) e zona urbana (P4, P5, P6). Foram coletadas amostras de água de superfície (15-30 cm) e avaliadas as características de qualidade da água (físico-química e microbiológica), através dos parâmetros: cor, temperatura, turbidez, pH, CE, sólidos totais em suspensão, ferro, fósforo total, nitrito, nitrato, amônia, coliformes totais e *escherichia coli*. Verificou-se que nos períodos sazonais, STS (17630 – 37957 mg/L), ferro (0,80 – 0,98 mg/L), fósforo total (0,31 – 0,82 mg/L), coliformes totais (2300 – 10.000 ufc/mL) e *e-coli* (1080 – 7250 ufc/mL) estão superiores ao Valor Máximo Permitido (VMP) pela Resolução CONAMA nº 357/05 para o enquadramento de corpos d'água nível classe 2. O grupo de parâmetros de qualidade da água no período chuvoso ( $p = 0,0000629$ ) e de estiagem ( $p = 0,0000353$ ) obtiveram-se médias heterogêneas, refletindo a influência do índice de chuvas sob a qualidade das águas deste igarapé. Assim, o prosseguimento aos estudos é de fundamental importância para avaliação contínua da qualidade hídrica da bacia hidrográfica do Igarapé Santos.

**Palavras chaves:** Amazônia; Recursos Hídricos; Monitoramento; Multiparâmetros.

*Rainfall index influence and effluent waste on the Igarapé Santos water quality (Tucuruí- Southeast Paraense / Eastern Amazon)*

## Abstract

Water is one of the most important natural resources on the planet and until recently it was considered an infinite good. The spatial-seasonal monitoring realization from water quality physical, chemical and microbiological characteristics in water bodies contributes to the environmental assessment, since it is a highly relevant strategic activity for the conservation and management of these ecosystems. To evaluate the Igarapé Santos water quality, the samplings were carried out in the rainy season (April) and in the dry season (August), being the water collections distributed at six points: rural area (P1, P2), transition zone/rural-urban (P3) and urban zone (P4, P5, P6). It was collected surface water samples (15-30 cm) and evaluated the water quality characteristics (physical-chemical and microbiological), through the parameters: color, temperature, turbidity, pH, CE, total solids in suspension, iron, total phosphorus, nitrite, nitrate, ammonia, total coliforms and *escherichia coli*. It was verified that in the seasonal periods, STS (17630 – 37957 mg/L), iron (0.80 – 0.98 mg/L), total phosphorus (0.31 – 0.82 mg/L), total coliforms (2300 – 10,000 ufc/mL) and *e-coli* (1080 – 7250 ufc/mL) are higher than the Permissible Maximum Value (VMP) by CONAMA Resolution nº 357/05 for water bodies classification class 2 level. The water quality parameters group in the rainy season ( $p = 0.0000629$ ) and drought ( $p = 0.0000353$ ) heterogeneous means were obtained, reflecting the rainfall index influence on water quality from this igarapé. Thus, the continuation in the studies is of fundamental importance for continuous evaluation from Igarapé Santos watershed water quality.

**Keywords:** Amazon; Water Resources; Monitoring; Multiparameters.

<sup>1</sup> Este trabalho apresenta partes do 4º capítulo da minha dissertação de mestrado em recursos hídricos.

<sup>2</sup> Mestrando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Pará – Instituto de Geociências, Belém-PA. E-mail: rafaelosilva21@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Titular, Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros, Faculdade de Oceanografia e Engenharia Naval, Universidade Federal do Pará, Belém-PA. E-mail: robrini@ufpa.br

<sup>4</sup> Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pelo PPG Bionorte – Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, Belém-PA. E-mail: margaridapf@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes no planeta e até pouco tempo era considerado como um bem infinito (PIRATOBA *et al.*, 2017). Sua disponibilidade sempre esteve à disposição da humanidade por ser um recurso natural autossustentável possuindo a capacidade de restaurar suas características ambientais naturalmente (GLÓRIA *et al.*, 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2015), o aumento da população e de todos os fatores atrelados com este crescimento têm ocorrido em detrimento da degradação dos recursos hídricos em virtude de seus usos múltiplos, destacando entre eles a agricultura, o abastecimento público, a pecuária, a indústria, a geração de energia, o saneamento básico, a recreação e o lazer.

Para Alves *et al.* (2019), a problemática da qualidade da água e do gerenciamento dos recursos hídricos, tornou-se um dos mais graves entraves enfrentados pelo poder público, bem como pela sociedade, pois é nítida a vulnerabilidade socioambiental existente em um corpo social totalmente urbanizado, de forma específica, quando se enfoca a interação entre os recursos hídricos e o homem. Araújo Júnior (2020), afirma que os corpos hídricos próximo de áreas urbanas são frequentemente impactados pelas atividades antrópicas na bacia hidrográfica, sendo as atividades como o descarte inadequado de esgoto sanitário pelas indústrias e pessoas contribuem de forma ativa e passiva no processo de contaminação e degradação ambiental.

Nestes termos, o monitoramento espaço-sazonal dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de água em corpos hídricos contribui na avaliação da qualidade ambiental, pois se trata de uma atividade estratégica relevante para a conservação e gestão destes ecossistemas.

Santos (2012), ressalta que o monitoramento é uma operação que permite e identifica diversas características específicas relacionadas aos processos dinâmicos naturais e ecológicos, mas também pode ser o principal responsável pela mensuração de potenciais efeitos antrópicos negativos que ocorrem na bacia hidrográfica.

O Igarapé Santos nasce no território de Tucuruí e possui forte relação com a cidade, que o utiliza como fonte de abastecimento de água e para atividades de lazer pela população, como a localidade denominada Balneário Sol Nascente. Portanto, a seleção da bacia hidrográfica do Igarapé Santos decorre em face à necessidade de monitoramento da qualidade hídrica, uma vez que não há estudos voltados à qualidade das águas nas regiões próximas ao município de Tucuruí.

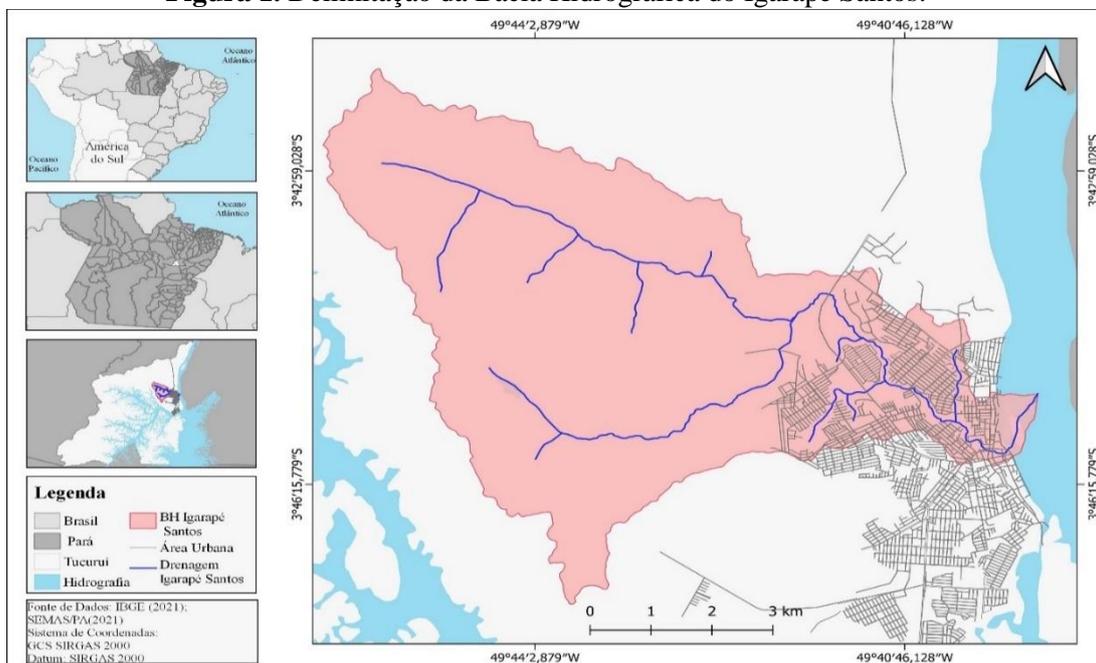
Diante do exposto, este artigo tem como objetivo evidenciar a influência da sazonalidade amazônica e de rejeitos de efluentes sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Igarapé Santos (Tucuruí).

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município Tucuruí está localizado no sudoeste paraense, situado a 39 metros de altitude ( $3^{\circ} 46' 10''$  Sul e  $49^{\circ} 40' 27''$  Oeste), perfazendo uma extensão de 2086,2 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). A cidade se localiza às margens do lago artificial originado pela construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHT), e possui em seus territórios várias sub-bacias e tributários da região hidrográfica Tocantins-Araguaia (SILVA *et al*, 2018).

A bacia hidrográfica do Igarapé Santos delimitada entre as seguintes coordenadas geográficas:  $3^{\circ}44'33.10''$  S e  $49^{\circ}41'17.22''$  W (Figura 1). Esta bacia possui duas nascentes, sendo a nascente 1 com coordenadas  $3^{\circ}45'06.83''$  S e  $49^{\circ}43'44.34''$  W e nascente 2 em  $3^{\circ}43'19.00''$  S e  $49^{\circ}45'23.14''$  W.

**Figura 1.** Delimitação da Bacia Hidrográfica do Igarapé Santos.

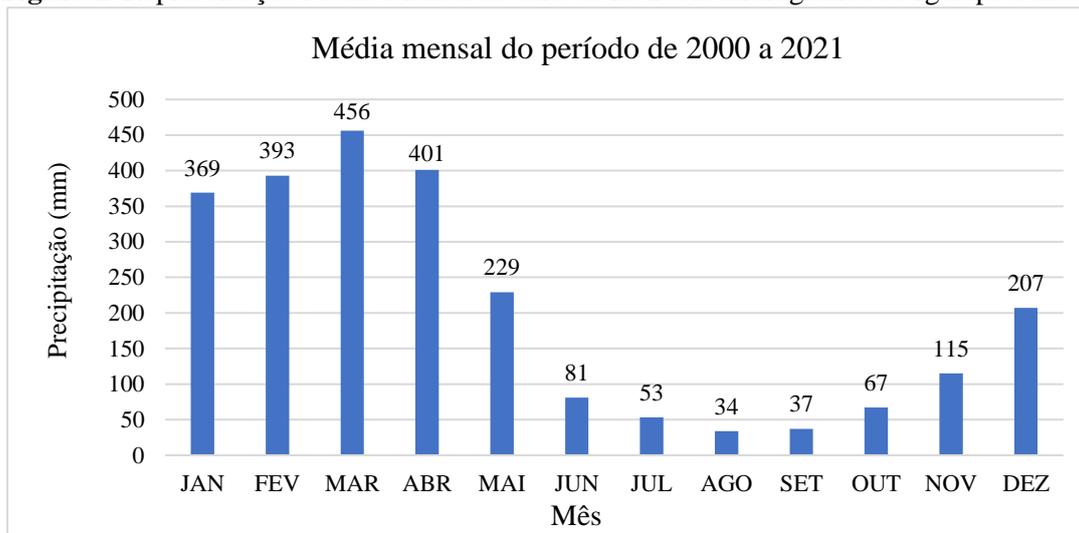


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

## CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS

### Tipo de Clima e Parâmetros Meteorológicos

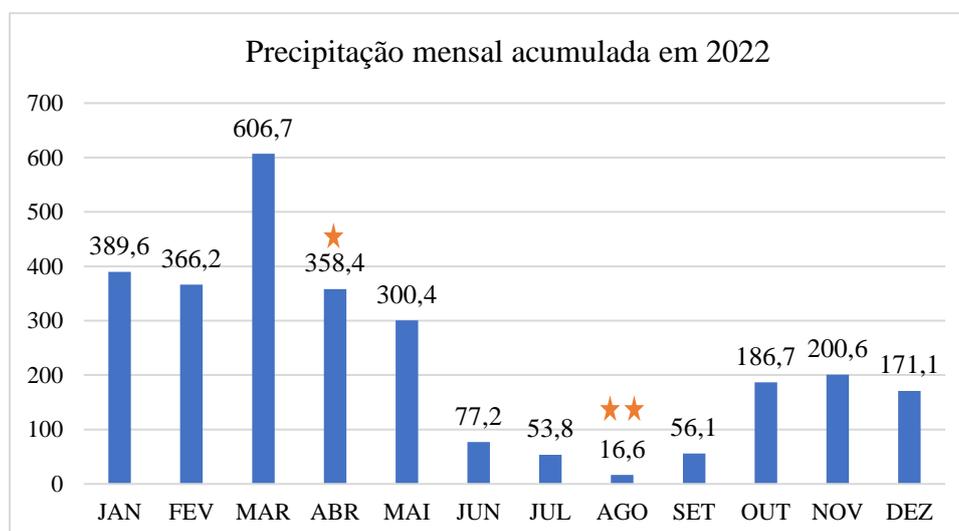
De acordo com Novais e Machado (2023), a região de estudo se encontra no domínio climático Equatorial Úmido (Eq´eam). A temperatura registrou valor máximo, médio e mínimo de 37,6°C (agosto), 30,6°C (novembro) e 27°C (abril) em 2021 (INMET, 2021), classificando esta região em subdomínio semiúmido, com 6 meses e Zona Climática Tórrida (muito quente) (Figura 2). A região é consideravelmente úmida e, com índices de umidade na ordem de 35% (agosto a dezembro) a 100% (janeiro a julho) durante La Niña (2021). Entretanto, o vento apresenta velocidade média de 0,39 m/s, mínima e máxima de 0,1 m/s e 5,9 m/s, respectivamente.

**Figura 2.** Representação Média Mensal de Chuvas na Bacia Hidrográfica do Igarapé Santos.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

As chuvas estão presentes no 1º semestre com destaque para o mês de março (456mm) e menor índice no mês de maio (229mm), finalizando o período chuvoso. No 2º semestre, há uma queda no regime pluviométrico (período de estiagem), sendo o mês de agosto (34mm) o menos chuvoso e novembro (115mm) demonstrando o período de transição onde o volume de chuvas vem crescendo substancialmente.

Verifica-se na figura 3 que o ano de 2022 obteve um comportamento similar no regime de precipitação, onde o mês de março (606,7mm) apresentou o maior volume mensal acumulado e agosto (16,6mm) a menor quantificação, o que evidencia a seleção dos meses para análise da qualidade das águas do Igarapé Santos. Ressalta-se que o aumento de 150,7mm neste mesmo mês, deve ser associado ao efeito La Niña bastante atuante neste ano.

**Figura 3.** Precipitação mensal acumulada na Bacia Hidrográfica do Igarapé Santos em 2022;★1ª amostragem período chuvoso e ★★2ª amostragem período de estiagem.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Além disso, a precipitação na região é maior que 1600 mm/ano devido principalmente aos ventos alísios do Atlântico Norte e a contribuição da evapotranspiração da floresta equatorial (REBOITA *et al.*, 2010; SATYAMURTY *et al.*, 2013).

### Coleta e Tratamento de Efluentes

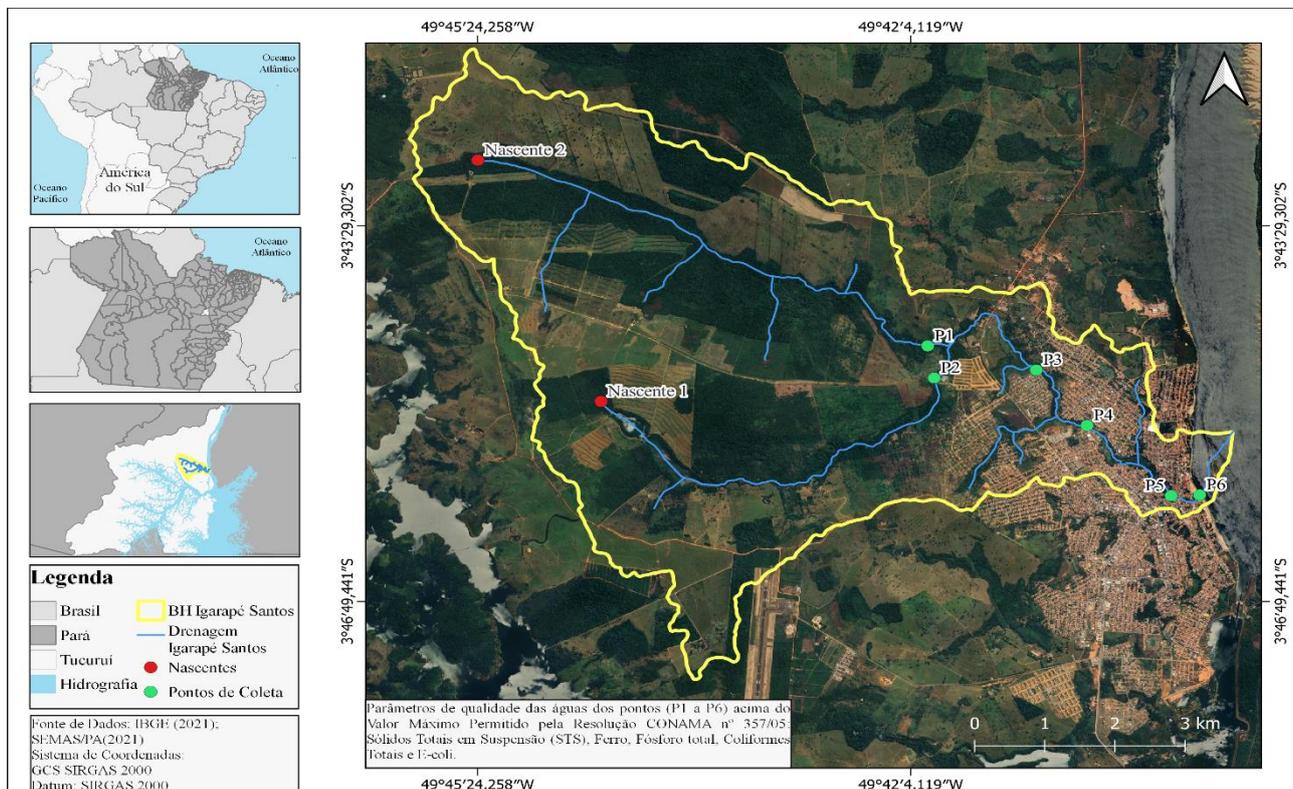
No tocante à existência de sistema de esgotamento sanitário, a área de estudo é administrada através da Autarquia Municipal do Serviço de Água e Esgoto (Nossa Água), constituída através da Lei Municipal nº 6.694 de 03 de janeiro de 2006. Todavia, há uma baixa cobertura com rede (469 ligações) e sem tratamento (lançamento de esgoto *in natura* no corpo d'água), totalizando de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), o quantitativo de 11500 m<sup>3</sup> de esgotos não tratados (BRASIL, 2021).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Monitoramento da Qualidade da Água

Para melhor avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do Igarapé Santos, as amostragens foram realizadas no período chuvoso (17/04/2022) e na estiagem (15/08/2022), com ocorrência de La Niña. Para a seleção dos pontos de coleta foram utilizados mapas de localização da área e visita in loco, onde se definiu 6 pontos de coleta na bacia do Igarapé Santos (zona rural e urbana) (Figura 4).

**Figura 4.** Localização dos pontos de coleta (P1, P2, P3, P4, P5, P6) da Bacia Hidrográfica do Igarapé Santos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

## Análises físico-químicas e microbiológicas

Os métodos utilizados na determinação das variáveis físico-químicas e microbiológicas de qualidade da água foram de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Tabela 1) (APHA, 2012).

**Tabela1.** Parâmetros de qualidade da água e respectivas metodologias.

Parâmetro de Qualidade da Água	Número da Norma	Metodologia de Aplicação
Cor	SMEWW, 23ªEd.2120C	Método colorimétrico com leitura no colorímetro, marca Digimed, modelo DM-COR, faixa de leitura de 0 a 500 PtCo. Resultado em: mgPt/l.
Temperatura	SMEWW, 23ªEd.2550B	Medição direta com o condutivímetro da marca Hanna, modelo HI98194. Resultado em °C.
Turbidez	SMEWW, 23ªEd.2130B	Medição direta pelo Turbidímetro da marca Digimed, modelo DM-TU, faixa de medição 0 a 1000 UNT. Resultado em UNT.
pH	SMEWW, 23ªEd.4500-H <sup>+</sup> B	pH-meter MULTIPARAMETER, marca Hach, com compensação automática de temperatura. Limites de 0,01-14.
Condutividade Elétrica	SMEWW, 23ªEd.2510B	Método eletrométrico através do condutivímetro modelo HI98194, marca Hanna, com compensação automática de temperatura. Limite de detecção 0,01 $\mu S/cm$ .
Sólidos Totais em Suspensão	SMEWW, 23ªEd.2540D	Método gravimétrico. Os filtros de membrana foram secos em estufa e pesados antes e depois da filtragem de um certo volume da amostra (500 a 1000 ml). Resultados em mg/L.
Ferro	SMEWW, 23ªEd.3500-Fe	Método da fenantrolina com leitura no medidor de ferro da marca Hanna com faixa de detecção 0.00 a 5.00 ppm. Resultado em: mg/L.
Fósforo Total	SMEWW, 23ªEd.4110B	Colorimetria, através da reação do ortofosfato com o molibdato de amônio e antimonil tartarato de potássio e redução com o ácido ascórbico, formando um complexo azul de molibdênio. Resultados em $mg P - PO_4^{3-}/L$ .
Nitrito	SMEWW, 23ªEd.4110B	Reação do meio fortemente ácido $HNO_2$ reage com a sulfanilamida para formar um composto diazônico. Este composto reage então com o bicloridrato para formar um composto de coloração rósea, no qual será medida a absorvância por leitura em espectrofotômetro a 543nm. Resultados em $mg L^{-1}N - NO_2^-$ .
Nitrato	SMEWW, 23ªEd.4110B	Colorimetria, usando o método da redução prévia do nitrato para nitrito, com cádmio. A quantidade de nitrito originalmente presente é subtraída do total. Resultado em $mg N - NO_3^-/L$ .
Amônia	SMEWW, 23ªEd.4500B	Colorimetria, através do método do azul de indofenol, com resultados em $mg N - NH_4^+/L$ .

*Continua*

<i>Continuação</i>		
Coliformes Totais	SMEWW, 23ªEd.9223B	Método do substrato cromogênico (Bioquímica Reacional) utilizando o Teste Kit Colilert da marca IDEXX, posterior verificação da cor da amostra em 24hs. Resultado: presença/ausência em 100 mL.
Escherichia Coli	SMEWW, 23ªEd.9223B	Substrato cromogênico (Bioquímica Reacional) utilizando o Teste Kit Colilert da marca IDEXX com verificação de presença/ausência em E-Coli em 24hs através da cabine de luz da marca Plenitor CAC5 Média. Resultado: presença/ausência da fluorescência azul.

**Fonte:** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2012).

#### Análises estatísticas

Os estudos estatísticos descritivos (desvio padrão, máximo, mínimo, média e variância) foram realizados utilizando o software *Paleontological Statistics* versão 3.20 (PAST) e *Microsoft Excel* 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da realização do teste estatístico da ANOVA fator 1 no software Past 4 como critério de comparação das médias dos parâmetros físico-químicos, utilizou-se o nível de significância de  $\alpha = 0,05$ , no qual os valores obtidos para análise da variância  $\alpha > 0,05$  representaram médias homogêneas (hipótese nula) e  $\alpha < 0,05$  médias heterogêneas (hipótese alternativa). Desta forma, constatou-se que entre o grupo de parâmetros de qualidade da água analisados no período chuvoso ( $p = 0,0000629$ ) e período de estiagem ( $p = 0,0000353$ ) obtiveram-se médias heterogêneas, refletindo a influência do índice de chuvas e de rejeitos de efluentes sob a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Igarapé Santos.

As tabelas 2 e 3 mostram os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do Igarapé Santos para o período chuvoso e estiagem, respectivamente.

**Tabela 2.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água do período chuvoso do Igarapé Santos.

Parâmetros	Período Chuvoso (abril de 2022)											CONAMA 357/05 VMP - Classe 2
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	
Cor	52,9	55,5	64,2	61,4	61,0	67,5	52,9	67,5	60,42	4,94	29,29	75mgPt/l
Temperatura	19,6	23,3	24,0	24,9	25,8	26,7	19,6	26,7	24,05	2,28	6,24	-
Turbidez	4,18	4,79	5,79	6,47	7,4	8,15	4,18	8,15	6,13	1,39	2,30	100 UNT
pH	7,36	7,45	7,25	7,43	7,67	7,71	7,25	7,71	7,48	0,16	0,03	6,0 - 9,0
C.E	1980	1995,5	2048,3	2062,1	2037,6	2056,3	1980	2062,1	2029,97	31,10	1161,00	-
STS	37641	37957	37892	37588	36582	36304	36304	37957	37327,33	643,48	496879,07	500 mg/L
Ferro	0,98	0,89	0,91	0,88	0,89	0,90	0,88	0,98	0,91	0,03	0,00	0,3 mg/L
Fósforo Total	0,75	0,31	0,32	0,76	0,52	0,61	0,31	0,76	0,55	0,18	0,04	0,1 mg/L
Nitrito	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	1,0 mg/L
Nitrato	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	10,0 mg/L
Amônia	0,50	0,52	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49	0,53	0,51	0,01	0,00	3,7 mg/L
CT	2300	2720	2410	4780	8650	9730	2300	9730	5098,33	3024,41	-	1000 ufc /100 mL
E-Coli	1080	1730	1050	2280	5690	4140	1050	5690	2661,67	1706,32	-	1000 ufc /100 mL

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

**Tabela 3.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água do período de estiagem do Igarapé Santos.

Parâmetros	Período Estiagem (agosto de 2022)											CONAMA 357/05
	Pontos de Coleta / Resultado das Análises						Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	VMP - Classe 2
	P1	P2	P3	P4	P5	P6						
Cor	54,0	52,1	54,4	60,3	67,2	72,8	52,1	72,8	60,13	7,59	69,09	75mgPt/l
Temperatura	18,7	20,1	22,1	24,7	25,5	25,9	18,7	25,9	22,83	2,74	9,02	-
Turbidez	3,71	4,02	5,01	5,50	6,44	6,93	3,71	6,93	5,27	1,17	1,65	100 UNT
pH	7,37	7,17	7,01	7,37	7,62	7,73	7,01	7,73	7,38	0,25	0,07	6,0 - 9,0
C.E	1510	1350	2160	2031	3843	3061	1350	3843	2325,83	873,17	914905,37	-
STS	17700	18500	17630	19410	19300	20500	17630	20500	18840	1014,18	1234280,00	500 mg/L
Ferro	1,01	0,84	0,81	0,80	1,06	1,07	0,80	1,07	0,93	0,12	0,02	0,3 mg/L
Fósforo Total	0,68	0,41	0,38	0,56	0,54	0,82	0,38	0,82	0,57	0,15	0,03	0,1 mg/L
Nitrito	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,005	0,00	1,0 mg/L
Nitrato	0,01	0,01	0,28	0,48	1,7	0,48	0,01	1,7	0,49	0,57	0,39	10,0 mg/L
Amônia	0,21	0,33	0,16	0,26	0,34	0,35	0,16	0,35	0,28	0,07	0,01	3,7 mg/L
CT	2560	3760	2580	5760	10000	9840	2560	10000	5750	3135,17	-	1000 ufc /100 mL
E-Coli	1250	1840	1020	2880	7250	6240	1020	7250	3413,33	2445,33	-	1000 ufc /100 mL

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável (ARAÚJO e ANDRADE, 2020). A sua medida é de fundamental importância, visto que, água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (ARAÚJO e ANDRADE, 2020). Em termos de cor, verifica-se que no período chuvoso os menores valores registrados foram em área rural (P1 e P2) e as maiores elevações na área de transição (rural-urbano) e urbana nos pontos 3 a 6. Constatou-se também que no período de estiagem, as concentrações de cor foram menores variando entre 52,1 a 54,4 mg/L (P1 a P3) em comparação ao período chuvoso que resultou em concentrações entre 52,9 a 64,2 mg/L. Nas áreas urbanizadas (P4 a P6) os valores de cor apresentaram-se crescentes no período de estiagem (60,3 a 72,8 mg/L), o que demonstra uma possível elevação na taxa de substâncias dissolvidas no corpo hídrico proveniente das atividades antrópicas.

No período chuvoso e de estiagem (meses de maior e menor precipitação, respectivamente), os valores obtidos para o parâmetro cor bem como suas respectivas médias (60,42mgPt/L e 60,13 mgPt/L) estão dentro do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece o limite de 75mgPt/L para águas de classe II (BRASIL, 2005). No entanto, ressalta-se que concentrações superiores deste parâmetro causam não só alterações estéticas na água, mas interferem nos processos biogeoquímicos, especialmente na fotossíntese, pelo impedimento da passagem de luz no meio aquático (BÁRBARA *et al.*, 2010). No inverno amazônico, a temperatura foi menor (19,6°C) no P1 e teve a maior variação de 25,8 e 26,7°C, respectivamente no P5 e P6. Na estiagem, a temperatura foi menor (18,7 a 22,1°C), nos pontos P1 a P3 e maior (24,7 a 25,9°C) nos pontos P4 a P6, o que demonstra o efeito da sazonalidade amazônica no corpo hídrico.

A temperatura da água é um parâmetro muito importante para se caracterizar a qualidade de um ecossistema aquático, pois segundo Sousa *et al.* (2021), influencia na solubilidade do oxigênio presente, na velocidade das reações químicas e na taxa de crescimento de microrganismos. A média registrada no inverno amazônico foi de 24,05°C e na estiagem 22,83°C. A elevação da temperatura da água no Igarapé Santos é devida a alguns fatores. Um dos fatores está relacionado ao desflorestamento descontínuo das margens da bacia em estudo, o que segundo Santos *et al.* (2017) propiciam a taxa de elevação da incidência de radiação solar no corpo hídrico e provocam um desajuste na temperatura da água. Resultados semelhantes foram evidenciados por Sousa *et al.* (2021) ao estudar a qualidade da água da microbacia do Pau Amarelo em São Francisco do Pará e Santos *et al.* (2022) ao caracterizar a qualidade da água do Igarapé Corbélia em Ariquemes – Rondônia, os quais demonstram a temperatura dos

ambientes aquáticos brasileiros (20 a 30°C). Todavia, o ponto P1 apresentou em ambos os períodos sazonais as menores temperaturas (18,7°C a 19,6°C), o que pode estar possivelmente relacionado ao estado de conservação da mata ciliar e floresta no ponto analisado influenciando assim na qualidade do microclima. A Resolução CONAMA nº 357/05 não estabelece um valor de temperatura para classificação do Igarapé Santos (classe II).

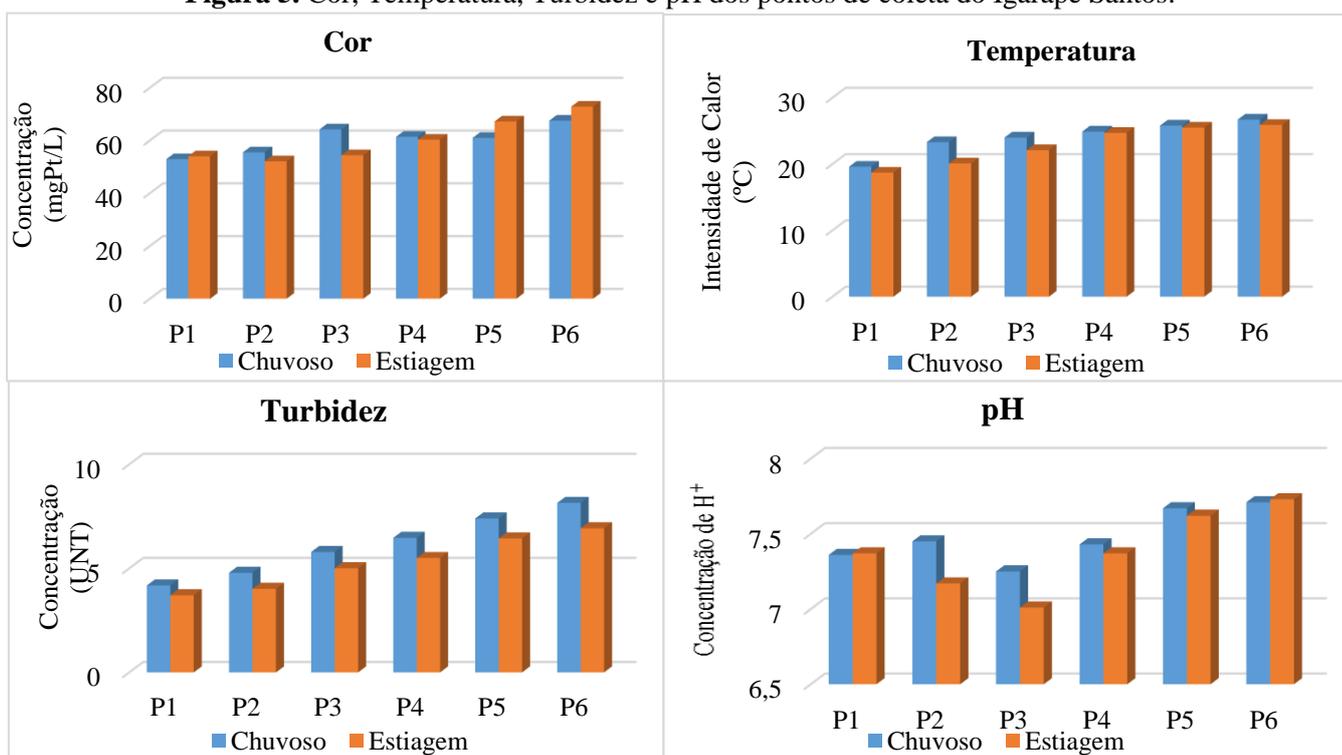
A turbidez é atribuída à presença de partículas em suspensão na água (poluição, plânctons, argila, bactérias e areia) que diminuem a intensidade do feixe de luz ao atravessar a água, pois as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca (BIRKHEUER *et al.*, 2017). A turbidez apresentou média de 6,13 UNT durante o período chuvoso e 5,27 UNT para o período seco, ficando abaixo do valor de 100 UNT estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Ao longo do percurso estudado, os menores valores (período chuvoso) foram observados na zona rural nos pontos 1 e 2 (4,18 – 4,79 UNT) e maiores em área urbana (6,47 – 8,15 UNT), comportamento semelhante ocorrido no período de estiagem com variações de 3,71 a 4,02 UNT (P1 e P2) e 5,50 a 6,93 UNT na zona urbana (P4 – P6). Um dos fatores relacionados com o aumento da turbidez no Igarapé Santos pode estar ligado a geologia da bacia de drenagem (Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica), a contribuição das fortes chuvas tropicais que carregam componentes dos solos suscetíveis a erosão ou agricultados, transportando partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo para dentro dos ambientes aquáticos (BITTENCOURT, 2014; SILVA *et al.*, 2019). Resultados semelhantes aos valores para o parâmetro Turbidez no período chuvoso na área de estudo também foram evidenciados por Amaral e Silva (2017), Costa *et al.* (2021) e Sousa *et al.* (2021), demonstrando que a ocorrência de processos erosivos e o menor volume da massa d'água pode estar possivelmente relacionados ao aumento da turbidez nos pontos em estudo, com conseqüente incremento da matéria em suspensão. Para Gardiman Júnior e Simoura (2016), a proporção e a posição das áreas de floresta influenciam a qualidade da água, visto que a baixa densidade da vegetação deixa o solo suscetível ao surgimento de processos erosivos. A vegetação nativa nas margens dos cursos d'água é importante pelas funções de preservar o recurso hídrico, evitando o assoreamento (OTSUSCHI, 2017). Entretanto, o desenvolvimento agrícola e urbano na bacia do Igarapé Santos caracterizou-se pela exploração intensiva dos recursos florestais, acarretando a supressão da faixa ciliar e o possível comprometimento da qualidade das águas superficiais. O que pode contribuir para o aumento da turbidez em períodos de chuva.

Segundo Baird e Cann (2011), o pH é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. A acidez exagerada pode ser um indicativo

de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (GLÓRIA *et al.*, 2017). Os valores de pH encontrados no período chuvoso (7,25 – 7,71) e estiagem (7,01 – 7,73) demonstram-se em grau de neutralidade com pH médio de 7,48 e 7,38, respectivamente. Possivelmente havia matéria orgânica no corpo hídrico à qual indica que um dos motivos para o aumento do valor de pH ser próximo à neutralidade, em ambos os períodos sazonais, pode ter sido o fato de conter matéria orgânica a ser decomposta. Comportamento semelhante aos valores encontrados no presente estudo foi observado por Júnior (2020) e Póvoas *et al.* (2020), mostrando que a possível elevação da carga orgânica a partir do lançamento de esgotos domésticos fez com que se obtivesse maiores valores de pH no período chuvoso. Diante de observações de que o pH tende a ser mais neutro à medida que se afasta da zona rural para zona urbana do corpo d'água analisado, pode ser consequência de os compostos dissolvidos na água se diluírem mais facilmente aliado ao escoamento mais rápido por razão da maior pluviosidade (SANTOS *et al.*, 2021).

Todos os valores encontrados para o potencial hidrogeniônico estão de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece valores de pH para águas doces de classe 2 na faixa de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005). A figura 5 evidencia as concentrações dos parâmetros cor, temperatura, turbidez e pH.

**Figura 5.** Cor, Temperatura, Turbidez e pH dos pontos de coleta do Igarapé Santos.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Segundo Funasa (2014), a condutividade elétrica está relacionada à capacidade da água em transmitir corrente elétrica devido à presença de sais dissolvidos e metais pesados na forma de íons, com isto é possível avaliar a quantidade de sólidos dissolvidos. A CE apresentou média de 2029,97  $\mu S/cm$  (período chuvoso) e 2325,83  $\mu S/cm$  (seco). A CE teve as menores concentrações no P1 e P2 (1980 a 1995,5  $\mu S/cm$  – chuvoso) e (1350 a 1510  $\mu S/cm$  – estiagem) quando comparados com a área de transição P3 (2048,3 – 2160  $\mu S/cm$ ). Entretanto, os pontos P4, P5 e P6 mostraram-se em concentrações elevadas (2037,6 – 2062,1  $\mu S/cm$  – inverno amazônico) e (2031 – 3843  $\mu S/cm$  – estação seca), refletindo o intenso grau de urbanização nestes pontos a partir do possível lançamento de efluentes domésticos sem tratamento ao longo da área urbana da cidade (Figura 3).

Fato semelhante foi observado por Medeiros, Silva e Lins (2018) estudando a qualidade da água de áreas urbanas da bacia hidrográfica do rio Longá e Soares *et al.* (2019) avaliando a influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba, evidenciando o aumento da CE no período chuvoso a partir dos aumentos nas concentrações de sais provenientes do lançamento de esgotos indicando a disponibilidade de nutrientes nessas bacias.

A CE depende da composição iônica dos corpos d'água e pode ser influenciada pelo volume de chuvas, com alta pluviosidade e predominância de rochas sedimentares. Desta forma, a composição iônica da água pode ser determinada pela composição das rochas, mas o uso do solo também pode modificar diretamente a composição da água refletindo-se na CE (ESTEVEES, 2011; VON SPERLING, 2017).

Cabe ressaltar, que as concentrações da CE não indicam algum tipo de impacto na qualidade da água. A Resolução CONAMA nº 357/05 não preconiza limites aceitáveis de CE (BRASIL, 2005).

As concentrações de sólidos totais em suspensão tiveram valores mínimos e máximos de 36304 e 37957 mg/L, com média de 37327,33 mg/L. Os valores que mais se destacaram provavelmente estão associados as extensas áreas de pastagem, como é o caso dos pontos P1 e P2. O que pode estar possivelmente relacionado pela maior presença de compostos particulados e orgânicos solúveis nas águas. No período de estiagem, observa-se menores concentrações de sólidos em suspensão (17630 – 20500 mg/L) para os pontos P1 a P6, com média de 18840 mg/L. Apesar das oscilações significativas para os períodos sazonais avaliados, os valores de sólidos totais em suspensão não estão em conformidade com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe II que é de 500 mg/L.

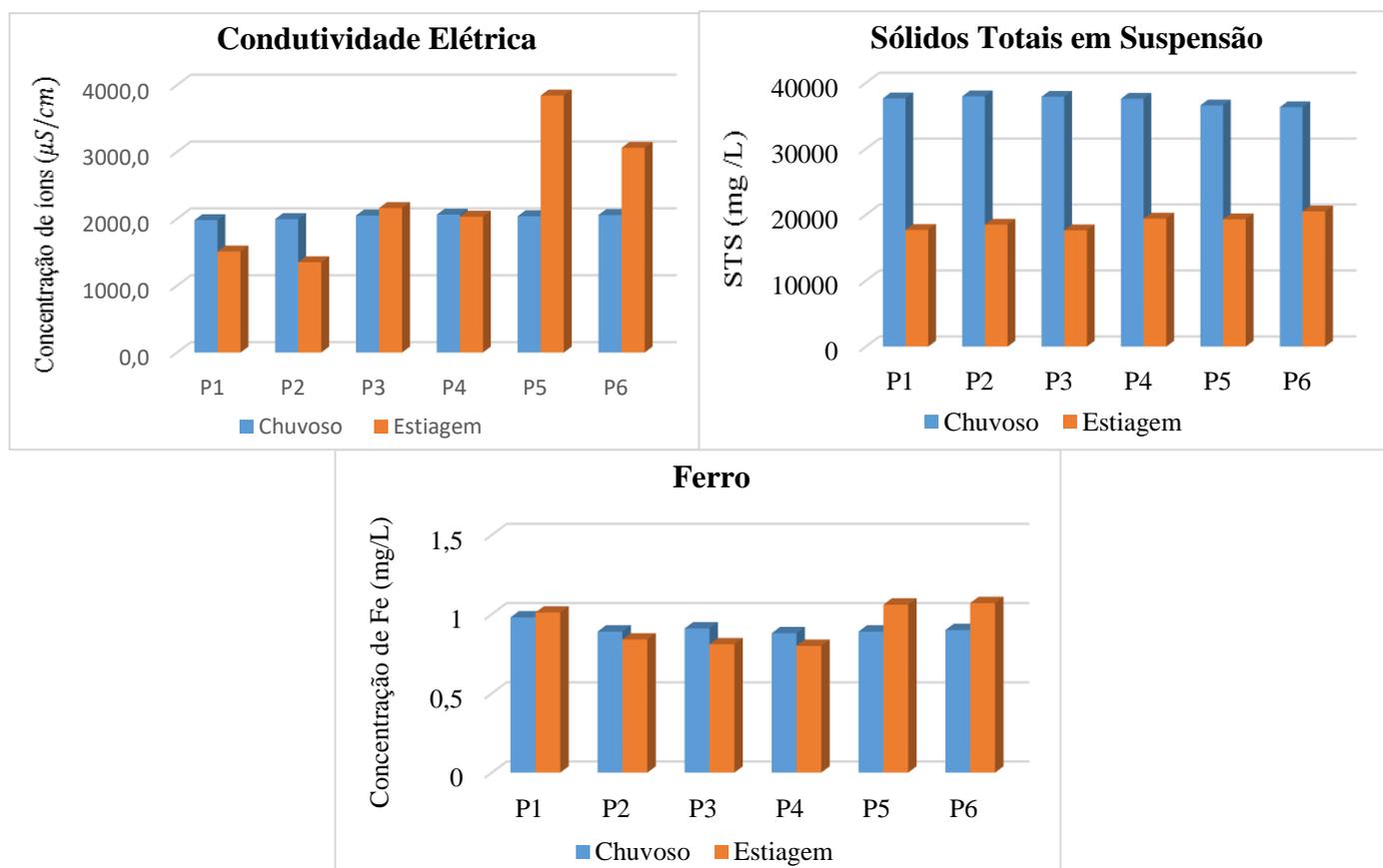
As diferenças das concentrações obtidas apresentam uma possível relação com o uso do solo, visto que áreas que sofrem impactos ambientais produzem maior concentração de sedimentos

em suspensão ao longo do curso d'água (CABRAL *et al.*, 2013). Segundo Cabral e Reis (2015) essas diferenças entre valores de produção de sedimento para bacias hidrográficas são atribuíveis à instrumentação, morfologia de bacia, grau de incisão do canal e cobertura vegetal. Outro aspecto importante que pode influenciar gerando impacto direto no corpo hídrico, com o aumento dos sólidos totais, são os prejuízos às plantações (irrigação) e o aumento dos gastos no tratamento da água retirada do manancial (VON SPERLING, 2017).

Os teores de ferro na bacia hidrográfica do Igarapé Santos no período chuvoso (Figura 10) apresentaram valor mínimo de 0,88 mg/L e máximo de 0,98 mg/L Fe, com média de 0,91 mg/L. Maiores concentrações foram no período de estiagem nos pontos P1, P5 e P6 (1,01 – 1,07 mg/L), sendo a média registrada em 0,93 mg/L para um valor de referência de 0,3 mg/L para águas doces de classe 2, apresentando desta forma concentrações acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

As concentrações de ferro se apresentam alteradas em todos os pontos no período chuvoso e estiagem, o que possivelmente pode estar relacionado ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens e também pela contribuição de lançamento de efluentes ao longo do corpo hídrico. Filho *et al.* (2012) ao analisar a qualidade da água da bacia do Oeste do Paraná e Souza *et al.* (2020) avaliando a qualidade físico-química e biológica da bacia do córrego Moeda em Três Lagoas/MS, encontraram concentrações de ferro semelhantes aos obtidos no Igarapé Santos, demonstrando teores excedentes de ferro nas análises possivelmente em função de prováveis carreamentos do solo, as quais são intensificadas pelas áreas onde há uma ausência de APP marginal.

As águas superficiais estão sujeitas a níveis mais elevados de ferro devido à ocorrência de matéria orgânica, nas quais o elemento químico se apresenta ligado ou combinado, além de se apresentar também em estado coloidal (AMARAL e SILVA, 2017). Além disso, nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas em razão do carreamento de solos agrícolas e da ocorrência de processos de erosão das margens dos rios (PIVELI e KATO, 2005). Os resultados encontrados eram esperados, uma vez que a composição geomorfológica da bacia hidrográfica em estudo tem predominância de latossolos vermelho-amarelo distrófico com presença de ferro. Além disso, essa característica pode ser alterada a partir do manejo inadequado do solo na agricultura (VALLADARES *et al.*, 2011). A figura 6 evidencia as concentrações dos parâmetros CE, STS e Ferro.

**Figura 6.** CE, STS e Ferro dos pontos de coleta do Igarapé Santos.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Os maiores valores obtidos no período chuvoso na área rural P1 (0,75 mg/L) e em área urbana P4 e P6 (0,76 e 0,61 mg/L), sendo a média dos pontos analisados de 0,55 mg/L. Tal verificação foi associada ao alto índice pluviométrico do período chuvoso e consequentemente ao maior escoamento superficial do solo que transporta parte dos fertilizantes (à base de fósforo) e matéria orgânica das atividades agrícolas para o curso d'água bem como o lançamento de efluentes domésticos em área urbana apresentando-se como maior possibilidade de interação. Comportamento semelhante para as maiores concentrações nos pontos P1, P4 e P6 também foram evidenciados no período de estiagem (0,56 – 0,82 mg/L) com média de 0,57 mg/L. Os pontos P2, P3 e P5 registraram as menores concentrações para fósforo total (0,31 – 0,52 mg/L) e (0,38 – 0,54 mg/L) para o inverno amazônico e período seco, respectivamente (Figura 5). Portanto, todos os pontos encontram-se acima do padrão estabelecido para águas doces de Classe II (0,10/ ambientes lóticos) da Resolução CONAMA n° 357/20005. Melo *et al.* (2020) e Medeiros *et al.* (2018), encontraram valores superiores de fósforo total ao permitido pela Resolução CONAMA n° 357/05 ressaltando a influência as atividades antrópicas nas bacias hidrográficas que acabam intensificando o aumento da disponibilidade de nutrientes

para as comunidades aquáticas, o que pode estar ocorrendo também na bacia do Igarapé Santos. Klein e Agne (2012), afirmam que o fosforo é um elemento essencial às plantas e animais, largamente utilizado em áreas de cultivo, mas quando aplicados ao solo em demasia tem potencial poluidor especialmente em águas superficiais, que pode ocorrer através do escoamento superficial e percolação e concentração no perfil.

Os dados demonstram que as concentrações de nitrito no período chuvoso tiveram valor mínimo de 0,01 mg/L (P1, P4) e máximo de 0,03 mg/L (P3), sendo a média registrada em 0,02 mg/L. No período de estiagem, os teores de nitrito apresentaram valores na ordem de 0,01 (P1, P2, P3, P5) a 0,02 mg/L (P4, P6), com média de 0,01 mg/L, os quais estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 que é de 1,0 mg/L para águas de classe 2. A maior concentração de nitrito no Igarapé Santos, foi no ponto 3, período chuvoso. Segundo Esteves (2011), assim como a oxidação do amônio, o nitrito é fundamental na dinâmica dos ecossistemas aquáticos baseado na razão de ser o único processo biológico na constituição do nitrato, o nitrito é a forma intermediária no processo da nitrificação, é tido como um elemento cêntrico para as ações redutoras do ciclo do nitrogênio. No entanto, pode causar implicações indesejáveis para a saúde dos organismos, em altas concentrações pode ser tóxicos aos organismos aquáticos e até para os seres humanos no caso de ingerir água com teor elevado de nitrito (SILVA, 2018).

Silva (2018) ao avaliar os teores de nitrito na bacia hidrográfica do Igarapé dois de abril em Ji-Paraná/RO e Santos *et al.* (2018) na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí em Santa Maria/RS, encontraram valores semelhantes aos obtidos neste estudo, o que demonstra o fator antrópico contribuindo com o despejo de efluentes, mesmo no período chuvoso, influenciando nos elementos orgânicos e inorgânicos presentes no corpo d'água receptor, sendo, portanto, um indicativo de poluição aquática.

Nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Igarapé Santos, as concentrações mínimas de nitrato no período chuvoso foram registradas nos pontos P1 a P5 (0,01 – 0,02 mg/L) e máxima no ponto P6 (0,04 mg/L), com média em 0,02 mg/L.

Na estiagem, as menores concentrações de nitrato foram registradas em área rural e de transição nos pontos P1 a P3 (0,01 – 0,28 mg/L), os maiores teores na zona urbana, sendo o ponto P5 com a maior elevação evidenciada (1,7 mg/L) e média de 0,49 mg/L.

Assim, observa-se que houve um aumento na concentração de nitrato na água, fato que não pode representar uma ameaça à saúde humana e animal, mas pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, sendo associada a uma poluição mais remota, que influencia no processo

de eutrofização em sistemas aquáticos ameaçando peixes, biodiversidade, estética e economia (PRAKASA RAO *et al.*, 2017).

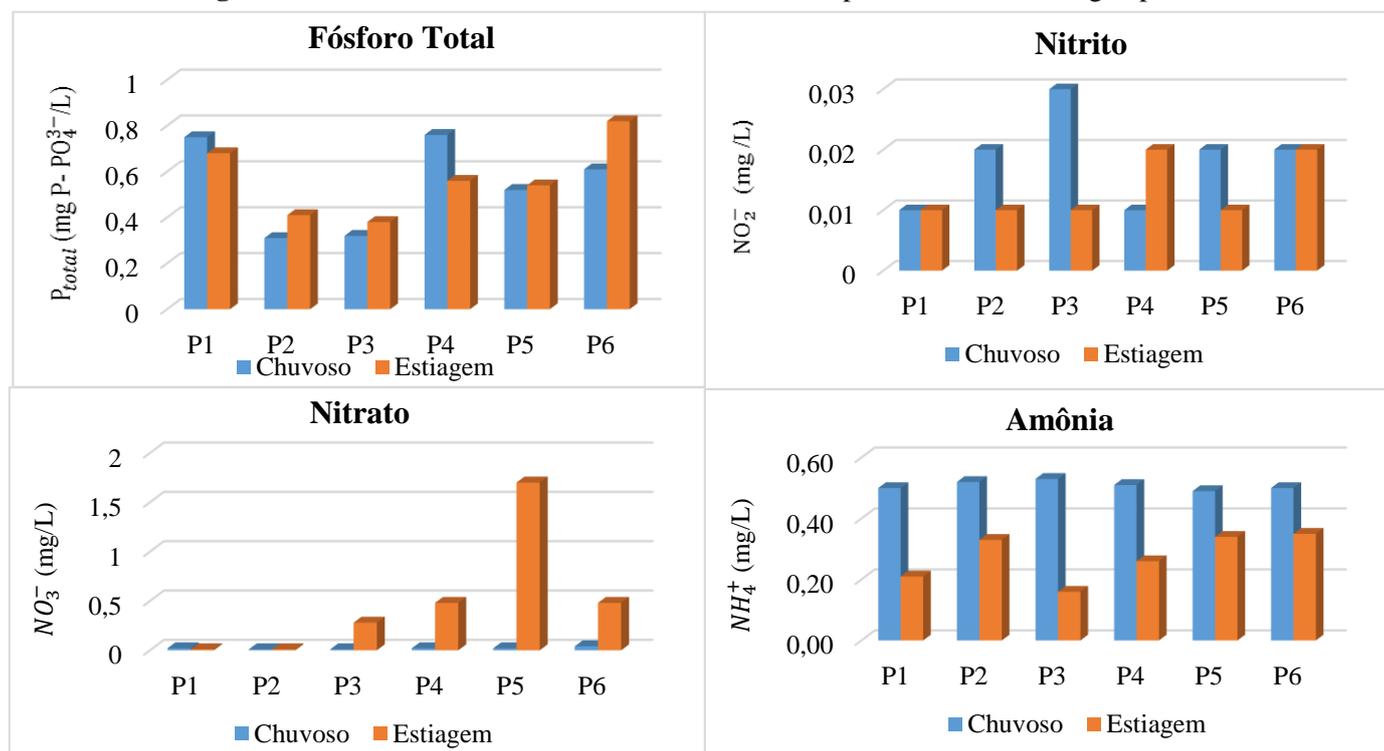
Segundo Santos *et al.* (2021), o nitrato quando ingerido em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea aos lactentes. Além disso, uma forma de adição de nitrato na água é por meio do lançamento de efluentes domésticos sem tratamento nos rios de modo a contribuir para a presença de nitrato na água através do processo de nitrificação, o que pode estar ocorrendo na área de estudo (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Em todas as amostras coletadas, os resultados foram inferiores a 10 mg/L, valor definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2, mostrando que a bacia do Igarapé Santos se encontra em conformidade com a legislação brasileira nos períodos sazonais.

Os resultados obtidos mostram que os teores de amônia no período chuvoso variaram de 0,49 (P5) a 0,53 mg/L (P3) com média de 0,51 mg/L, demonstrando-se em concentrações superiores quando relacionados com o período de estiagem (0,16 a 0,35 mg/L) e média de 0,28 mg/L.

Segundo Von Sperling (2017), a amônia é uma forma predominante do nitrogênio em um curso d'água sendo um indicativo de poluição ocasionada por lançamento de efluente a montante, o que pode estar possivelmente associado com os valores obtidos no Igarapé Santos. Para Santos *et al.* (2021), as principais fontes de geração de amônia são as indústrias químicas e fertilizantes, principalmente aquelas à base de nitrogênio, além dos produtos biogênicos naturais que ocorrem na água ou no solo. A concentração de amônia predominantemente mais baixa no Igarapé Santos no período de estiagem é provavelmente ocasionada pela diluição das águas nessa época do ano. Tal comportamento também foi evidenciado por Berlanda *et al.* (2021) e Silva (2018). A amônia é o produto final da estabilização do nitrogênio orgânico (nitrogênio orgânico dissolvido e nitrogênio orgânico particulado) mediado por microrganismos, processo este conhecido por amonificação (YOON *et al.*, 2015; MCMILLAN *et al.*, 2017; MELO *et al.*, 2020).

Além disso, o sedimento é o principal sítio de amonificação nos corpos hídricos (MELO *et al.*, 2020). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para corpos d'água de classe 2, todos os valores obtidos para amônia na bacia do Igarapé Santos encontram-se dentro da faixa recomendada (3,7 mg/L) (BRASIL, 2005). A figura 7 evidencia as concentrações dos parâmetros fósforo total, nitrito, nitrato e amônia.

**Figura 7.** Fósforo Total, Nitrito, Nitrato e Amônia dos pontos de coleta do Igarapé Santos.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

As bactérias do grupo coliforme constituem um indicador de contaminação fecal mais comum (FÉLIX, 2021). No período chuvoso, as menores concentrações de coliformes totais na bacia hidrográfica do Igarapé Santos foram evidenciadas nos pontos P1 a P3 (2300 – 2720 ufc/100 mL), sendo os maiores teores nos pontos P4 a P6 (4780 – 9730 ufc/100 mL) com média de 5098,33 ufc/100mL. Comportamento semelhante também foi verificado na estação seca com valores menores em área rural e de transição (P1 a P3), sendo P5 com a maior taxa de elevação identificada para o presente estudo (10000 ufc/100mL) e média de 5750 ufc/100mL. Desta forma, todos os pontos analisados estão em desconformidade com o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 (1000 ufc/100mL) (BRASIL, 2005).

Segundo Queiroz *et al.* (2020) de forma prática, o aumento da concentração da matéria orgânica oriundo do despejo de efluentes na água pode aumentar a concentração de fósforo juntamente com os coliformes totais, sinal claro de contaminação, o que resulta na eutrofização da água, podendo ser possivelmente evidenciado no Igarapé Santos. Resultados semelhantes ao presente estudo também foram evidenciados Gouveia *et al.* (2022), o qual identificaram resultados positivos para coliformes totais na bacia hidrográfica do rio Uberabinha/MG.

Segundo Félix (2021), dentre as bactérias presentes no grupo dos coliformes, a *Escherichia coli* é considerada a mais precisa na indicação de contaminação fecal e do potencial presença de agentes patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como

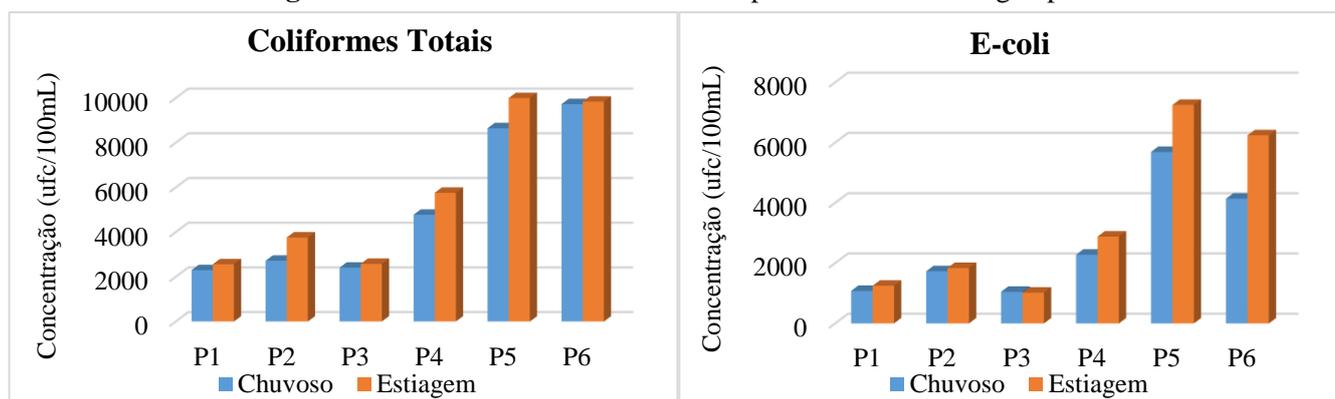
febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera. As bactérias do grupo *E-coli* por sua vez, são limitadas no corpo hídrico em até 1.000 unidades pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005).

Verifica-se que todos os pontos (P1 a P6) obtiveram resultados positivos para *E-coli* na bacia hidrográfica do Igarapé Santos com média de 2661,67 ufc/100 mL para o período chuvoso e 3413,33 ufc/100mL para a estiagem. Os menores valores registrados foram nos pontos P1 a P3 (1050 - 1730 ufc/100 mL) no inverno amazônico e as maiores concentrações em área urbana nos pontos P4 a P6 (2880 – 7250 ufc/100mL) na estação seca, o que mostra o efeito significativo da urbanização ao longo do corpo hídrico receptor.

Desta forma, verifica-se que a presença de *E-coli* acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para os pontos analisados se deve possivelmente ao aporte direto de material de origem fecal conduzido através das chuvas ao corpo hídrico avaliado, em associação ao extravasamento de fossas sépticas mal instaladas ou sem manutenção das moradias circunvizinhas ao curso d'água, cujos efluentes, ricos em matéria orgânica, oferecem um ambiente adequado para o desenvolvimento das bactérias, elevando seu número no ambiente (FÉLIX, 2021).

Em um estudo sobre a qualidade da água no trecho do rio Paraíba do Sul, Cintra *et al.* (2020), encontraram concentrações positivas de *E-coli* entre o período de 2015 – 2018. Abreu e Cunha (2015), encontraram altas concentrações de *E-coli* acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05, para rios de classe 2, no rio Jari. Para os autores, os resultados indicaram modificações nos fatores naturais oriundos da ocupação antrópica próxima as margens, que podem aumentar o aporte de esgoto doméstico nos recursos hídricos, principalmente, na estação chuvosa, contribuindo para a queda na qualidade da água, sendo também evidenciado na bacia do Igarapé Santos.

Conforme Von Sperling (2017), para coliformes termotolerantes a concentração crítica, do ponto de vista da legislação, situa-se no ponto de mistura efluente-rio, a partir desse ponto a concentração tende ao decaimento. Além disso, as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes representam grande preocupação para a saúde pública, sendo primordial o contínuo monitoramento na região (JOVANOVIC *et al.*, 2017). A figura 8 evidencia as concentrações dos parâmetros coliformes totais e *E-coli*.

**Figura 8.** Coliformes Totais e *E-coli* dos pontos de coleta do Igarapé Santos.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

## CONCLUSÃO

Em relação a qualidade das águas do Igarapé Santos e seus efeitos através do índice de chuvas (período chuvoso e estiagem), os parâmetros coliformes totais, e-coli, ferro, fósforo e sólidos totais em suspensão em algumas situações apresentam-se em desconformidade do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe II.

Os pontos que apresentaram maiores concentrações acima do valor máximo permitido estão localizados na zona urbana, portanto, a que recebe mais impactos, como assoreamento, poluição e contaminação. Vale ressaltar que os parâmetros meteorológicos (temperatura, índice pluviométrico, umidade, nebulosidade e vento), as características do solo, seus diferentes usos e tamanho da área de drenagem são fatores importantes que podem também estar contribuindo para as alterações na qualidade da água da bacia em estudo.

Além disso, foi possível observar que as variações sazonais no Igarapé Santos podem interferir nos parâmetros de qualidade de água. Nesses casos, é de fundamental importância realizar esse tipo de comparação para avaliar as diferentes formas e fontes de poluição na água, de forma a contribuir com uma gestão eficiente, eficaz e integrada para manutenção do recurso hídrico.

Desta forma, o prosseguimento aos estudos aqui apresentados é de fundamental importância para continuar avaliando a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do Igarapé Santos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, C.H.M., CUNHA, A.C. **Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: Revisão descritiva.** *Biota Amazônica*, 5, 119- 131, 2015.

ALVES, B.L.A; NASCIMENTO, V.G.S; JÚNIOR, A.P. **Qualidade e uso da água de um igarapé, uma nascente e um reservatório na zona rural do município de Nova Timboteua - PA (Brasil)**. Revista Brasileira de Meio Ambiente. v.7, n.1 – 2019.

AMARAL, C.T; SILVA, F.S.A. **Qualidade da água em um igarapé balneário na Amazônia: estudo de caso em Porto Velho**. InterEspaço, Grajaú/MA v. 3, n. 8 p. 251-267 jan./abr. 2017.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 2012.

ARAÚJO, D.L; ANDRADE, R.F. **Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura**. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 7301-7324 jul./aug. 2020. ISSN 2595-6825.

ARAÚJO JÚNIOR, J.C.M. **Análise do Monitoramento da Qualidade da Água de Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana**. Revista Geociências UNG-Ser, Guarulhos-SP, v. 19, n. 2, 2020.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; SIQUEIRA, E. Q. **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP**. Revista de Biociências, UNITAU, v. 16, n. 1, p. 57-72, 2010.

BERLANDA, A; BAUM, C.A; BECEGATO, V.A; SOUZA, N.C.V.L. **Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina**. Eng Sanit Ambient. v.26 n.1, jan/fev, p.45-51, 2021.

BIRKHEUER, C. F.; ARAÚJO, J.; REMPEL, C.; MACIEL, M.J. **Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do brasil: análise sistemática**. Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M.A.S. **Tratamento de água e efluente: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. 1. Ed, São Paulo: Érica, 2014. E-book. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521770/cfi/2!/4/4@0.00:0.00>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, 17 de março de 2005**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em 24 mar. 2022.

CABRAL, S.L; REIS, R.S. **Influência do uso e ocupação do solo na produção de sedimentos na bacia do rio Jacarecica**. Revista de Geografia (UFPE) V. 32, No. 2, 2015.

CABRAL. S.L; REIS. R.S; FRAGOSO JR, C.R. **Potencial efeito da urbanização na produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras de água – Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011. 372p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>>.

Acesso em: 25 jan. 2023.

CINTRA, L.S; OLIVEIRA, C.R; COSTA, B.B.P; COSTA, D.A; OLIVEIRA, V.P.S; ARAÚJO, T.M.R. **Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do rio Paraíba do Sul em Campos dos Goytacazes – RJ**. *Holos*, 36,5, 2020.

COSTA, J.S; RODRIGUES, L.S; SILVA, A.G.C; REIS, T.C; MELO, M.G.G; LIBERATO, M.A.R. **Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central**. *Scientia Plena*, vol.17, num. 9, p.1-19, 2021.

ESTEVEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FÉLIX, M.B. **Efeito do uso do solo na qualidade de águas superficiais em áreas de influência urbana na cidade de Boa Vista – RR**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPG-GEO, 90 f. 2021.

FILHO, P.C.O; DUTRA, A.M; CERUTI, F.C. **Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná**. *Floresta e Ambiente*, jan./mar.; 19(1):32-43, 2012.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/5xAQaQ>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

GARDIMAN JÚNIOR, B.S; SIMOURA, L.T. **Cobertura florestal e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil**. *Sci Plena*. 2016;12(1):1-15. doi: 10.14808/sci.plena.2016.010201

GOUVEIA, R.G.L; PEREIRA, G.T; PISSARRA, T.C.T; FILHO, M.V.M; SILVA, M.M.A.P.M; JÚNIOR, R.F.V. **Influência do uso e cobertura da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Uberabinha (MG)**. *Revista Geonorte*, V.13, N.41, p.167-190, 2022.

GLORIA, L.P; HORN, B.C; HILGEMANN, M. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água – IQA**. *Revista Caderno Pedagógico, Lajeado*, v.14, n.1, 2017. ISSN 1983-0882, DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Sinopse por setores do Censo 2022**, Brasília – DF, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucurui/panorama>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

JOVANOVIC, D.; HATHAWAY, J.; COLEMAN, R.; DELETIC, A.; MCCARTHY, D. T. **Conceptual modelling of E. coli in urban stormwater drains, creek sand rivers**. *Journal of Hydrology*, v. 555, n.1, p. 129–140. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.022>.

JÚNIOR, J.C.M.A. **Análise do monitoramento da qualidade da água de rios da bacia hidrográfica do rio goiana.** Revista Geociências UNG-Ser, Guarulhos-SP, v. 19, n. 2, 2020.

KLEIN, C; AGNE, S.A.A. **Fósforo: De Nutriente à Poluente.** Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170). v 8, nº 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E. da; LINS, R. P. M. **Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil.** Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 13, n. 2, e2054, 7 maio 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2054>.

MELO, S. G.; MOURA, L. S.; LOPES, R. B.; SANTOS, Z.; ALMEIDA, R. M.; SILVA, J. T. **Qualidade da água de córregos sob influência da ocupação antrópica: o caso das águas urbanas e periurbanas de Santarém-PA.** Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.7, p.569-576, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0044>.

MCMILLAN, S. K.; NOE, G. B. **Increasing floodplain connectivity through urban stream restoration increases nutrient and sediment retention.** Ecological Engineering, v.108, p.284-295. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.006>.

NASCIMENTO, T.; BAUMGRATZ, S.; MARQUES, P. A. **Dois décadas de monitoramento da qualidade da água do rio Piracicaba, Estado de Minas Gerais.** Revista Mineira de Recursos Hídricos, v. 1, p.1–19, 2020.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. **Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais.** Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 1–39, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16163. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16163>. Acesso em: 07 maio. 2023.

OTSUSCHI, C. **Alterações na vegetação florestal nativa nas bacias hidrográficas dos lajeados São José e Passo dos Índios – Oeste de Santa Catarina: Efeitos hidrológicos e na perda de solos entre 1989 e 2015.** Tese (Pós Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2005.

PIRATOBA, A.R.A; RIBEIRO, H.M.C; MORALES, G.P; GONÇALVES, W.G. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena-PA, Brasil.** Rev. Ambient. Água vol. 12 n. 3 Taubaté – may/jun. 2017.

PÓVOAS, L.V; LEÃO, J.O; SILVA, J.M.S; MARIANO, A.P.M; CARVALHO, L.R; FILHO, P.C.C. **Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água do rio Cachoeira, Bahia, BR.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p. 61258-61269 aug. 2020. ISSN 2525-8761.

PRAKASA RAO, E. V. S.; PUTTANNA, K.; SOORYANARAYANA, K. R.; BISWAS, A. K.; ARUNKUMAR, J. S. **Assessment of Nitrate Threat to Water Quality in India. The Indian Nitrogen Assessment, [S. l.].** p. 323–333, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811836-8.00021-5>. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128118368000215?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

QUEIROZ, T. M.; LIMA, A. F.; GALVANIN, E. A. S. **Índice de estado trófico, baseado no fósforo, na bacia hidrográfica Paraguai- Diamantino em Mato Grosso, Brasil**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.1, p.300-308, 2020.

REBOITA, M.S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010.

SANTOS, E. S. **Modelagem Hidrodinâmica e Qualidade da Água em Região de Pororoca na Foz do Rio Araguari-AP**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Amapá). Amapá, 2012.

SANTOS, F.A; MENDES, L.M.S; CRUZ, M.L.B. **Suscetibilidade Biofísica a Inundações da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca**. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 15, n. 1, p. 266 – 285, abr/2021.

SANTOS, G; BARROS, H.S; REZENDE, D; LIMA, F.C. **Caracterização de parâmetros de qualidade da água do Igarapé Corbélia**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, 2022.

SANTOS, J. P., MARTINS, M., CALLISTO, M., MACEDO, D. R. **Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais**. Revista Espinhaço UFVJM, 36-46, 2017.

SANTOS, S.A; GASTALDINI, M.C.C; PIVETTA, G.G; FILHO, O.S. **Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS**. Soc. Nat. Uberlândia, MG. v.30, n.2. p.23-44, mai./ago. 2018. ISSN 1982-4513.

SANTOS, Z.; SOUSA, M. S.; SANTOS, R. F.; LOPES, R. B.; MELO, S. G.; MOURA, L. S. **Análise do índice de qualidade de água em função da sazonalidade na microbacia do Irurá no município de Santarém-Pará**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.5, p.314 - 326, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0027>.

SATYAMURTY, P.; da COSTA, C. P. W.; MANZI, A. O. **Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years**. Theoretical and Applied Climatology, v. 111, n. 1-2, p.195-209, 2013.

SILVA, A. B., FERREIRA, L. A., NASCIMENTO, L. R., GONÇALVES, A. M. E SILVA, R. O. **Elaboração de Consistência de Dados Pluviométricos: Estudo de caso da Estação Meteorológica Automática de Tucuruí-PA**. Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v.1, p. 193-201, 2018. Ponta Grossa, PR: Atena Editora. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/01/E-book-Gest%C3%A3o-de-Recursos-H%C3%ADricos-e-Sustentabilidade-1.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

SILVA, J.P; MESQUISTA, K.F.C; PEREIRA, J.A.R; SOUSA, R.R; VARELA, A.W.P; SOUSA, P.H.C; SANTOS, R.M; SANTOS, M.L.S. **Índices de qualidade da água no sistema de captação de água da região amazônica (Brasil)**. Scientia Plena 15, 124301, 2019.

SILVA, S.M.A. **Análise física, química e biológica da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Igarapé Dois de Abril, no município de Ji-Paraná-RO.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 150f. 2018.

SOARES, R.D.B; CRUZ, R.W.L; SILVA, C.E. **A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16643-16672, sep. 2019.

SOUZA, D.F; SILVA, L.O.S; PINTO, A.L. **Qualidade física, química e biológica sazonal das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Moeda em Três Lagoas/MS.** Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.01, p.196-210, 2020.

SOUZA E. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA R. S.; SILVA, T. P.; FREIRE, W. A. **Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS.** Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.03 (2021)1530-1540.

STRAŠKRABRA, M.; TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da qualidade da água de represas: diretrizes para gerenciamento de lagos.** Oficina de Textos, 2013.

VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M. G. **Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia brasileira,** 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/S1XFnW>> Acesso em: 04 ago. 2022.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2017.

YOON, S.; GARCIA-CRUZ, C.; SANFORD, R.; RITALAHTI, K. M.; LOFFLER, F. E. **Denitrification versus ammonification respiratory: environmental controls of two competing dissimilatory NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub> reduction pathways in Skewanella loihica strain PV-4.** The Isme Journal, v.9, p.1093-1104, 2015.