

Análise do índice de qualidade de água em função da sazonalidade na microbacia do Irurá no município de Santarém-Pará

A microbacia do Irurá pertence à bacia hidrográfica do Rio Tapajós, localizada no município de Santarém, estado do Pará. O igarapé possui uma extensão de aproximadamente 9,29 Km da sua nascente até sua foz no Rio Tapajós. Seu leito vem sofrendo constante degradação, influenciado por ações antrópicas, principalmente, pelo uso e ocupação desordenados de sua microbacia. Faz-se necessário e é de extrema importância o monitoramento sistemático dos parâmetros de qualidade das águas nos corpos hídricos. O intuito do estudo é avaliar qualidade da água em conformidade com a legislação vigente e através das análises de parâmetros físico-químicos (potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo total, temperatura da Água, Oxigênio Dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais) dissolvidos e coliformes termotolerantes e aplica-los no índice de qualidade da água utilizado para a avaliação da qualidade das águas de corpos hídricos. Por meio dos resultados obtidos, oferecer subsídios para as possíveis alterações nas características da bacia hidrográfica, ou buscar a recuperação de áreas que já estejam potencialmente contaminadas.

Palavras-chave: Oxigênio Dissolvido; Qualidade da água; Índice de qualidade de água.

Analysis of the water quality index due to seasonality in the Irurá micro-basin in the municipality of Santarém-Pará

The Irurá microbasin belongs to the Tapajós River hydrographic basin, located in the municipality of Santarém, state of Pará. The igarapé has an extension of approximately 9.29 km from its source to its mouth on the Tapajós River. Its bed has been undergoing constant degradation, influenced by anthropic actions, mainly by the disordered use and occupation of its watershed. It is necessary and extremely important to systematically monitor water quality parameters in water bodies. The purpose of the study is to assess water quality in accordance with current legislation and through the analysis of physical-chemical parameters: hydrogen potential, biochemical oxygen demand, Total Nitrogen, Total Phosphorus, Water temperature, Dissolved Oxygen, turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids and thermotolerant coliforms) and apply them to the water quality index used to assess water quality in water bodies. Through the results obtained, offer subsidies for possible changes in the characteristics of the hydrographic basin, or seek the recovery of areas that are already potentially contaminated.


Keywords: Dissolved Oxygen; Water quality; Water quality index.


Topic: Engenharia Sanitária


Received: 13/04/2021


Approved: 14/05/2021


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Zaqueu dos Santos 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7837791702360862>
<http://orcid.org/0000-0003-4877-6177>
zaqueu_sant@hotmail.com

Mirian Santos de Sousa 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://orcid.org/0000-0003-3208-3341>
<http://lattes.cnpq.br/6835116059297725>
miriansantos1203@gmail.com

Raquel Freitas dos Santos 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-6330-551X>
<http://lattes.cnpq.br/2130273919939561>
freitasbesa@gmail.com

Ruy Bessa Lopes 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-4806-8835>
<http://lattes.cnpq.br/4195469692527946>
ruybessa@yahoo.com.br

Sérgio Gouvêa Melo 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-6946-6672>
<http://lattes.cnpq.br/0148689717369496>
sergiomeloccm@hotmail.com

Lucinewton Silva de Moura 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://orcid.org/0000-0002-9266-946X>
<http://lattes.cnpq.br/2577499231565227>
lucinewton.moura@yahoo.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0027

Referencing this:

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>

INTRODUÇÃO

A água é um elemento imprescindível para o equilíbrio dos ecossistemas, manutenção da vida e hoje dotada de grande valor econômico por ser um recurso natural renovável limitado (IBRAHIN, 2014). Acreditava-se, que a água era um bem de abundância ilimitada e dotada de inesgotável habilidade de renovação, mediante quaisquer descargas de poluentes (ROCHA, 2007).

O aumento da poluição ambiental hídrica é instigado pelo crescimento urbano acelerado, que avança recorrentemente de forma desorganizada próximo as suas margens contaminando seus leitos, tornando sua disponibilidade, cada vez mais escarça. O fornecimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos no planeta (TUNDISI, 2003). Suas aplicações e usos afetam de forma direta ou indireta, fazendo com que a degradação atinja níveis críticos e impactando o meio ambiente, exigindo ações de controle, preservação e recuperação da quantidade e qualidade da água dos corpos hídricos.

A criação de medidas de resoluções e normas para a utilização dos recursos hídricos ocorreu pelo fato de sua grande importância à vida. Tais instrumentos tem o intuito de orientar no manejo e utilização dos recursos hídricos em todos os níveis da sociedade. Dentre as ferramentas regulatórias de orientação a gestão hídrica brasileira está a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) idealizada através da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que é garantir a qualidade e disponibilidade de água para as atuais e futuras gerações, é uma de suas finalidades, e por meio da regulamentação da resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005 estabelece diretrizes ambientais no enquadramento dos corpos de água, em classes de qualidade e em função de seus usos e padrões de lançamento de efluentes. A partir do ano 1997 entrou em vigor a Lei n° 9.433/1997, conhecida como “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e da Agência Nacional de Águas (ANA).

A recuperação dos recursos hídricos e a busca da destinação e uso correto das águas tem sido uma tarefa constante de estudos científicos, até mesmo na utilização de modelos matemáticos calibrados a partir de dados de análises físico-química feitas em campo (SANTOS, 2020). Outra forma de avaliar a qualidade de um corpo hídrico e a qualidade de suas águas seria pelo Índice de Qualidade das Águas Superficiais (IQA). O IQA também é um modelo matemático baseado em estudos utilizando análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água e transformando-o em um único número que representará a condição da qualidade da água daquele local (MAANE-MESSAI et al., 2010). O Índice da Qualidade das Águas utiliza nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, 2017).

O igarapé do Irurá no município de Santarém vem sofrendo constante degradação, influenciado por ações antrópicas, principalmente, pelo uso e ocupação desordenados de suas microbacias. Nesse cenário, se faz necessário o monitoramento dos parâmetros de qualidade das águas nos corpos hídricos que são de extrema importância (BARRETO, 2009). Na literatura são encontrados valores e parâmetros da qualidade da água que podem ser usados para comparar com os valores nos analisados em campo, pois os valores

variam amplamente de um corpo de água para outro conforme as características de cada bacia.

O intuito do estudo é avaliar qualidade da água em conformidade com a legislação vigente e através da análise de parâmetros físico-químicos, como o Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura da Água, turbidez, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos (STD) (BRASIL, 2017). Por meio dos resultados obtidos, oferecer subsídios para as possíveis contaminações e alterações nas características da bacia hidrográfica, ou buscar a recuperação de áreas que já estejam potencialmente contaminadas.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado na microbacia Irurá pertence à bacia hidrográfica do Rio Tapajós, localizada no município de Santarém, estado do Pará, entre as coordenadas geográficas: longitude de 054°45'13,8" W e 054° 44' 09.2" e latitude 02°29'49,3" e 02° 26' 29.6" S (Figura 1), abrangendo os bairros: Cambuquira, Matinha, Maracanã, Mapiri e Santarenzinho. O igarapé possui uma extensão de aproximadamente 9,29 Km da sua nascente até sua foz no Rio Tapajós. A cobertura vegetal às margens do curso d'água é predominante na maior parte de sua extensão, exceto em áreas onde há influência de estradas, pontes, áreas particulares e na proximidade do perímetro urbano. O município de Santarém localiza-se na região do Baixo Amazonas, no estado do Pará, pertencente a território da Amazônia Legal. O tipo climático da região é Am pela classificação de Köppen, sendo pertencente ao domínio do clima tropical, o qual apresenta alta pluviosidade e um razoável período de estiagem (RODRIGUES et al., 2001).

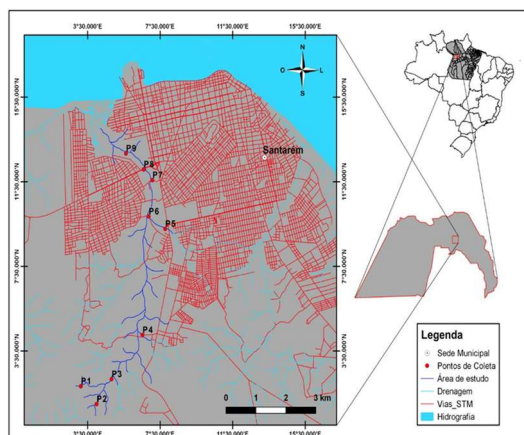


Figura 1: Localização geográfica da microbacia hidrográfica do Igarapé Irurá. **Fonte:** RIBEIRO (2017).

A Tabela 1 apresenta as localizações geográficas e descrição das 9 seções de coleta ao longo da extensão do igarapé Irurá e 2 duas seções em tributário deste. Para a seleção dos locais de coleta no igarapé, levou-se em consideração a influência antrópica; a busca por uma distribuição que abrangesse toda a extensão do corpo d'água e a facilidade de acesso a esses pontos.

A microbacia do Irurá pertence à bacia hidrográfica do Rio Tapajós, o qual é um tributário do Rio Amazonas. O igarapé Irurá tem suas nascentes localizadas no bairro Cambuquira e segue até o Rio Tapajós onde desagua. A cobertura vegetal às margens do curso d'água é predominante na maior parte de sua

extensão, exceto em áreas onde há influência de estradas, pontes, áreas particulares e na proximidade do perímetro urbano.

Tabela 1: Identificação dos pontos amostrais no Igarapé Irurá.

Seção de coleta	Distância (km)	Altimetria (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
Ponto 1	0	87,20	02°29' 49.3"	054°45' 13,8" W
Ponto 2	0,722	73,20	02° 30' 06.7"	054°45' 0.07"
Ponto 3	1,623	58,50	02° 29' 43.7"	054°44' 43.9"
Ponto 4	3,270	52,00	02° 29' 02.8"	054°44' 10.5"
Ponto 5	6,404	55,00	02° 27' 24.6"	054°43' 46.0"
Ponto 6	7,0705	27,00	02° 27' 13.2"	054°44' 03.8"
Ponto 7	8,1254	16,00	02° 26' 39.5"	054°43' 59.8"
Ponto 8	8,5475	19,00	02° 26' 29.6"	054°44' 09.2"
Ponto 9	9,2905	42,00	02° 26' 14.9"	054°44' 28.3"

Procedimentos Metodológicos

Os métodos de coletas e análises da água do Igarapé Irurá foram baseados na NBR 9897, de junho 1987, que descreve o planejamento de amostras e efluentes líquidos e corpos receptores. Os parâmetros analisados *in loco* foram: oxigênio dissolvido (OD), temperatura da Água, turbidez, condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos (STD). E os parâmetros analisados no laboratório de Química Aplicada a Toxicologia e Saneamento Ambiental em Recursos Hídricos do ICTA- UFOPA: OD, demanda química de oxigênio (DQO), amônia, e nitrito e nitrato. Os métodos utilizados para as análises estão descritos na Tabela Para a vazão foi utilizado o equipamento FlowTracker, Nº de Série P-3260, fabricado pela Sontek/YSI. Na Tabela 2 estão apresentadas as descrições detalhadas dos equipamentos utilizados para as medidas experimentais dos parâmetros físicos químicos levando em consideração modelo, faixa de detecção e método de análise.

Tabela 2: Equipamentos utilizados para análise dos parâmetros físico-químicos

Parâmetros	Modelo	Faixa de Detecção	Método
OD	Oxímetro (55 YSI)	0 a 20 mg / L	Galvânico, Clark (níquel/chumbo)
Temperatura	Oxímetro (55 YIS)	-5 a 45°C	Galvânico, Clark (níquel/chumbo)
Turbidez	Turbidímetro (AP 200 PoliControl)	0,00 a 1000 NTU	Nefelométrico
Condutividade Elétrica	Conduvímetero (EC 300 EcoSense)	0 a 499,9 µS / cm	Eletrométrico
pH	Phmetro (60 YSI)	0 a 14	Eletrométrico
STD	Conduvímetero (EC 300 EcoSense)	0,30 a 1,00	Eletrométrico
DQO	Fotômetro Multiparamétrico (HI 83099 Hanna)	0 a 150 mg/L	Dicromato, Sulfato de Mercúrio
Amônia	Fotômetro Multiparamétrico (HI 83099 Hanna)	0.00 a 3.00 mg/L	Nessler
Nitrito	Fotômetro Multiparamétrico (HI 83099 Hanna)	0.00 a 1.15 mg/L	Diazotação.
Nitrato	Fotômetro Multiparamétrico (HI 83099 Hanna)	0.0 a 30.0 mg/L	Redução do cádmio.
Fosfato	Fotômetro Multiparamétrico (HI 83099 Hanna)	0.00 a 2.50 mg/L	Ácido Ascórbico

Na Tab (3) estão apresentados os valores de referência de classificação da água por categoria definido pela companhia ambiental do estado de São Paulo-CETESB.

Tabela 3: Classificação do índice de qualidade de água- IQA

Categoria	Ponderação
OTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PESSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (2006).

Caracterização dos pontos amostrais

Ponto 1 localizado próximo a uma das nascentes do Igarapé Irurá, observa-se a presença de mata ciliar e pedras formando corredeiras onde a água se encontra visualmente em boas condições. Ponto 2 tem proximidade à outra nascente do igarapé, com ocorrência de mata ciliar. O ponto amostral está localizado em uma área que foi degradada, mas que vem sendo recuperada, por isso apresenta vegetação secundária às margens do igarapé. Nesse ponto, a água é represada para criação de peixes e é utilizada para diversos fins de abastecimento nas residências próximos. Ponto 3 é um ponto próximo a algumas residências, sendo a água do igarapé utilizada para os diversos usos domésticos. Ponto 4 esse ponto amostral é localizado próximo à BR 163 - Rodovia Santarém-Cuiabá. É um local bastante frequentado para realização de atividades recreativas, assim como lavagem de veículos. Existe no local a presença de muitos resíduos sólidos. É um trecho próximo a uma ponte, com ausência de mata ciliar com expressiva penetração da radiação solar em certos trechos.

Ponto 5 Próximo a uma área urbana no bairro da Matinha próxima a rodovia federal, BR 163. Nesse ponto observa-se grande carga de resíduos sólidos e líquidos despejados sem nem um tratamento, que são carregados principalmente pelas águas das chuvas. Existem também nas proximidades desse ponto as instalações de oficinas de automóveis, galpões, área de material construção e residências. Ponto 6 Localizado próximo a uma área ponte que dá acesso aos bairros Matinha e Amparo. Foi observado que no local próximo a ponte não existe mata ciliar, e por isso sofre por receber grande quantidade de material arenoso e outros detritos sedimentares que estão assoreando o leito do igarapé que comumente é usado para banho e recreação pelos moradores. Ponto 7 Sua localização é próxima à Companhia de Saneamento de Santarém COSANPA entre os bairros Santarenzinho e Esperança. É muito utilizado como uma área recreativa, mas devido receber cargas de poluentes, observou-se a presença de macrófitas aquáticas e água com alta concentração sólida total dissolvida e materiais particulados.

Ponto 8 Localizado nas proximidades da Av. Eng. Fernando Guilhion, dando acesso a vários bairros e próximo ao local onde igarapé foi alargado para construção de boca-de-lobo. Foi visualizado em campo o recebimento de uma grande quantidade de esgoto contribuindo para a sua degradação. Ponto 9 Localizado no bairro Maracanã. É um ponto que mesmo com grande cobertura de mata ciliar em seu entorno, recebe uma enorme quantidade de águas advindas de pontos a montante que o torna de difícil acesso no período mais chuvoso, pois o terreno fica alagado e misturado com expressiva quantidade de matéria orgânica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros Físicos

Turbidez

Os resultados obtidos para a Turbidez (Fig. 2) mostram a menor concentração encontrada no P1 (1,25 NTU) e a maior no P8 (84,00 NTU). Todos os valores encontrados para esse parâmetro atendem ao preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005, a qual determina o limite máximo da turbidez de até 100

NTU para corpos d'água de classe 2. Segundo Straškrabra et al. (2013), a turbidez aumenta à proporção em que materiais em suspensão na água sejam constituídos por partículas menores e menos densas.

Comparando os parâmetros analisados nos mesmos pontos e em diferentes períodos (P1 ao P4), observa-se que apenas no P2 a turbidez do período chuvoso foi menor que a do outro período. VANZELA (2004), ao estudar a qualidade da água na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP, constatou que os valores de turbidez aumentaram no período chuvoso. A turbidez é um parâmetro físico que exerce grande influência na vida aquática. Refere-se ao grau de interferência que a luz encontra ao passar através da água deixando-a com uma aparência turva. Ocorre pela presença de materiais em suspensão, tais como matéria inorgânica (silte, argila e outras substâncias como o manganês, zinco, ferro,) e orgânica (plâncton e outros organismos microscópicos), oriundos de processos erosivos, bem como de despejos industriais e domésticos (PARRON et al., 2011; BRASIL, 2006).

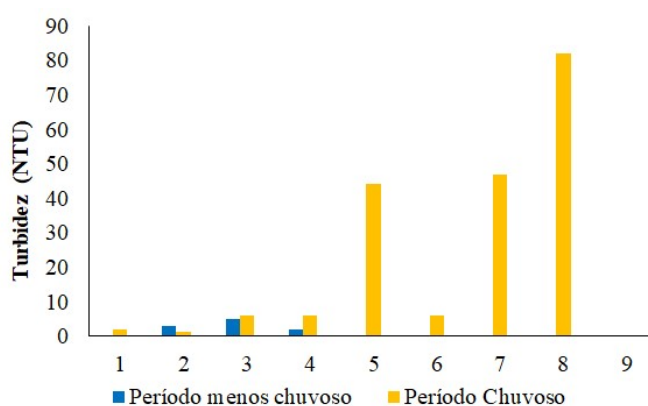


Figura 2: Concentrações da Turbidez obtidas nos períodos chuvoso e menos chuvoso no Igarapé Irurá

Temperatura

A temperatura da água afeta características físicas, químicas e biológicas do meio aquático, como a densidade da água, a solubilidade de gases, a taxa de sedimentação do fitoplâncton, a tensão superficial as reações químicas e uma grande influência no metabolismo dos organismos aquáticos (BRAGA, 2005). No Igarapé Irurá a temperatura média da água apresentou valor médio de 26°C durante os períodos de coleta sem mostrar variações significativas, mesmo em trechos que visualmente observamos a falta de mata ciliar em seu perímetro. Segundo Braga (2005), a temperatura dos ambientes aquáticos brasileiros apresenta-se na faixa de 20°C a 30°C. A pequena variação de temperatura mesmo nos trechos com falta de vegetação pode ser explicada pelo fato de um lado de sua margem apresentar mata ciliar de grande porte e que permite uma área sombreada.

Parâmetros Químicos

Oxigênio Dissolvido (OD)

Na Figura 3 observamos que o perfil de concentração de OD, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso decresce até o ponto 4, com exceção do ponto 2 para o período chuvoso onde se observa uma elevação acentuada de OD próximo à saturação, seguido de decaimento até o ponto 4. O ponto crítico

de OD nos dois períodos é localizado no ponto 4 sendo 3,4 mg/L e 4,4 mg/L para o período menos chuvoso e chuvoso respectivamente. A maior concentração de OD foi no período chuvoso no ponto 1 (7,94 mg/L). A resolução CONAMA 357 de 2005 determina para corpos d'água de classe 2 um limite não inferior a 5 mg/L, no entanto observa-se que nos pontos amostrais P4, P7, P8 e P9, do período menos chuvoso, P4 e P6, período chuvoso, apresentam concentrações de OD abaixo do permitido pela legislação.

Baixas concentrações de OD podem ocorrer devido ao consumo de oxigênio na decomposição da matéria orgânica por organismos aeróbicos que é lançada no corpo hídrico, a qual pode ser tanto de origem natural, plantas e animais mortos, como de origem antrópica, esgotos industriais e domésticos.

Comparando o resultado das análises realizadas no período chuvoso e no período menos chuvoso, observa-se que em cinco pontos a concentração do OD no período chuvoso foi maior que a verificada no outro período nesses mesmos pontos.

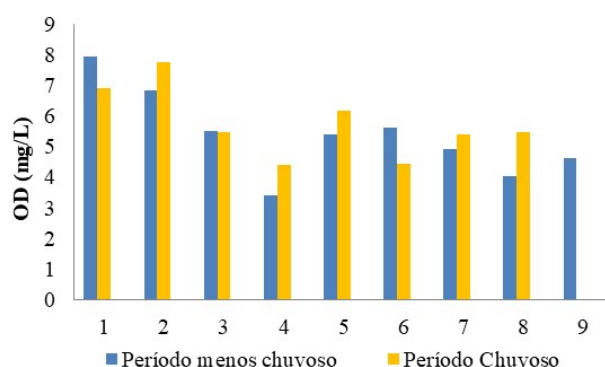


Figura 3: Concentrações de OD obtidas nos períodos chuvoso e menos chuvoso no igarapé Irurá

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Figura 4 observamos que o pH foi analisado somente nos primeiros quatro pontos amostrais no período menos chuvoso e nos primeiros cinco pontos no período chuvoso. Os outros pontos não foram medidos em razão de dificuldade de acesso ao local de coleta. A partir dos dados coletados observa-se que no P4, no período chuvoso, o pH é o que mais se aproxima da neutralidade (7,41), enquanto que nos outros pontos, as águas do igarapé apresentam condições de acidez, variando de 3,5 a 6,0, estando fora dos padrões estabelecidos pelo Conama 357 de 2005 que determina para águas de classe 2 valores de pH entre 6 e 9.

De maneira geral, as nascentes com integridade ambiental mais preservada, localizadas na bacia do Irurá apresentaram valores de pH menores. Para SIOLI (1984), na Amazônia é comum encontrar águas doces ácidas, devido à formação geológica. Ferreira et al. (2012) em estudo de igarapés preservados e urbanos, em Manaus - AM foram encontraram valores de pH variando de 4,1 a 4,9 (ácido) em ambientes com floresta primária intacta ou com pouca ação antrópica e valores mais elevados variando de 6,1 a 7,3 em ambientes influenciados pela urbanização.

Comparando as análises entre os períodos coletados observa-se baixa variação nos três pontos iniciais, enquanto no P4 houve uma variação maior. Carvalho et al. (2000) em um estudo da qualidade da água observou que com no período de maior pluviosidade o pH aumenta, se aproximando da neutralidade.

Os autores também encontraram correlação entre a pluviosidade e o pH, pela correlação de Pearson.

Diante de observações de que o pH tende a tornar-se mais neutro à medida que se afasta da nascente 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.

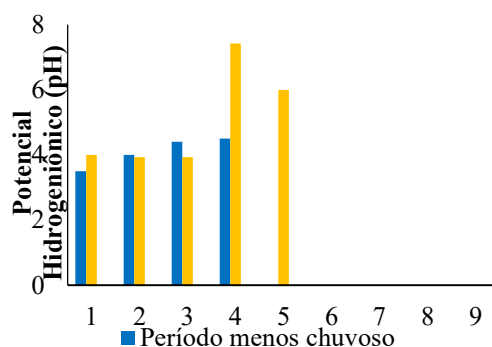


Figura 4: Valores de pH obtidos nos períodos chuvoso e menos chuvoso no Igarapé Irurá

Nitrito (NO₂)

Na Figura 5 observamos a concentração de nitrito foram realizadas no período menos chuvoso nos pontos 1, 2, 3, 4, 8 e 9 e no período chuvoso nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A exceção dos pontos 5, 6 e 7 do período menos chuvoso e os pontos 7, 8 e 9 do período chuvoso, são justificadas pela dificuldade de acesso ao local de coleta. Os valores observados para o nitrito variaram entre 0 m/L e 0,06 mg/L, os quais estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução Conama 357, que é de 1 mg/L para águas de classe 2.

A maior concentração de nitrito encontrada no igarapé Irurá, foi no ponto 1, período chuvoso. O que pode ser resultante de dejetos humanos, que inclusive foram observados no período da coleta. De acordo com Silva et al. (2003), elevadas concentrações de nitrito em um corpo d'água são indicadores de contaminação por dejetos humanos e usos de fertilizantes com teores de nitrogênio na agricultura.

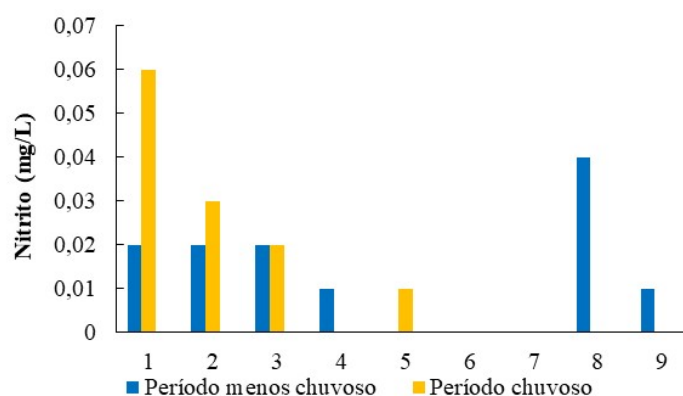


Figura 5: Concentrações de Nitrito obtidas nos períodos chuvoso e menos chuvoso no Igarapé Irurá

Fosfato (PO₄³⁻)

O fosfato (PO₄³⁻), que é um ortofosfato (VON SPERLING, 2005), foi analisado no período chuvoso do ponto 1 ao 6, onde se verificou que somente no ponto 3 foi o único que apresentou concentração maior que 0,0 mg/L, com 0,4 mg/L. Em relação às análises do período menos chuvoso, as concentrações variaram de 0,0 mg/L a 5,4 mg/L nas amostras analisadas. Sendo o maior valor encontrado no P5.

Condutividade elétrica

Braga (2005) cita que a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substância dissolvidas e que em ambientes de águas naturais sua faixa de medida fica entorno de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e que em ambientes poluídos os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade não foi analisada no período menos chuvoso, do ponto 5 ao ponto 9 devido a problemas de logística, porém observou-se que no período chuvoso o ponto 5 apresentou um valor expressivamente elevado oscilando de 11,9 em outros pontos e chegando a 203,68 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a razão de tal mudança são fatores como o grande carreamento de material orgânico e inorgânico advindas de áreas mais elevadas, além de possivelmente ocorrer o recebimento de materiais vindos de oficinas automobilísticas instaladas em seu entorno.

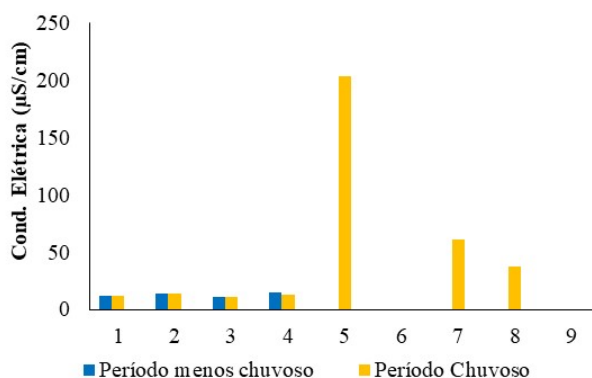


Figura 6: Valores de condutividade elétrica obtida nos períodos chuvoso e menos chuvoso no igarapé Irurá

Nitrato (NO_3)

No período menos chuvoso foram feitas as análises nos pontos 1, 2, 3, 4, 8 e 9. Os pontos de 1, 2, 3 e 8 se mostraram dentro dos padrões estabelecidos pela RESOLUÇÃO CONAMA nº 357 de 2005, porém o ponto 9 apresentou valor de 10,55 mg/L acima do padrão que estabelece que valores maiores que 10,0 mg/L N, apresentam risco a saúde. Segundo Braga (2005) o nitrato quando ingerido em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea aos lactentes. As plantas tendem a utilizar o nitrato como fonte de nitrogênio para a síntese de proteínas porque o nitrato é altamente móvel no solo e encontra uma raiz de planta mais facilmente do que a amônia (TORTORA, 2012).

Amônia (NH_3)

As análises da amônia não foram possíveis serem realizadas em todos os períodos e pontos planejados, devido dificuldade de acesso aos todos os locais de coleta. Porém os pontos que ocorreram as análises e foi possível uma melhor comparação entre períodos, foram do ponto 1 ao ponto 4, onde se mostrou que no período menos chuvoso amônia demonstrou-se com valores maiores que no período chuvoso. No gráfico (Figura 7) destaca-se, mesmo que não seja possível a comparação com outro período, que o ponto 5 no período chuvoso foi encontrado um valor de 1,31 mg/L expressivamente alto para um corpo d'água. Podendo constatar no local que tal ponto recebe uma elevada carga de sedimentos. Segundo

Von Speling (2007) 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. Braga (2005) reforça que 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.

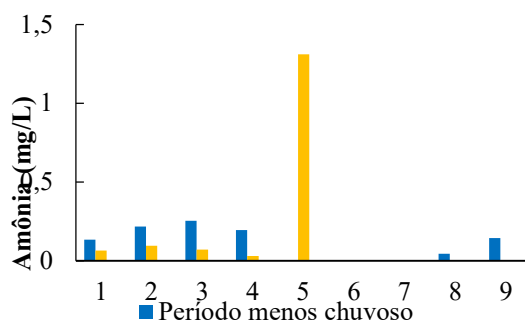


Figura 7: Concentrações de amônia obtidas nos períodos chuvoso e menos chuvoso no Igarapé Irurá

Sólidos Totais Dissolvidos

Na Figura 8 observa-se que os sólidos totais dissolvidos encontrados infere que o Igarapé Irurá está no padrão da resolução CONAMA 357 que estabelece 500 mg/L para qualidade dos STD. Porem observa-se que no período chuvoso no ponto 5 uma maior concentração de STD que em outros pontos, o que pode ser justificado pela maior presença de compostos particulados e orgânicos solúveis nas águas.

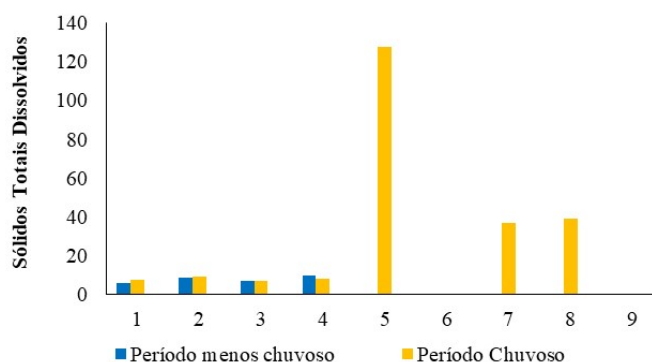


Figura 8: Concentrações de sólidos totais dissolvidos obtidas nos períodos chuvoso e menos chuvoso

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do Igarapé do Irurá para o período chuvoso. O ponto 4 foi o que apresentou a menor concentração de OD (3,41 mg/L) e o P1 a maior concentração (7,94 mg/L), o que pode ser justificado pela localização próximo a nascente. Os pontos P4, P7, P8 e P9 apresentam concentrações de OD abaixo do estabelecido pela legislação vigente, sendo, portanto, necessárias medidas de intervenção pelos órgãos ambientais para recuperação do manancial através de um monitoramento sistemático nestas seções, visto que não se observa autodepuração até foz. Observamos que a maior concentração de DQO foi 22 mg/L no P4 e as menores foram de 4mg/L nos P7 e P8.

As altas concentrações de DQO no P4 são resultantes do alto consumo de OD, pois, de acordo com Von Speling (2005), a DQO é um parâmetro indicador do potencial do consumo de oxigênio em corpos d'água. As maiores concentrações de coliformes termotolerantes foi identificado nos P2 e P9 e a menor no

P7. A temperatura da água, TDS, turbidez, pH, condutividade elétrica, nitrogênio total e fosforo total de maneira geral apresentaram moderadas variações em suas concentrações ao longo das seções de coleta.

Tabela 4: Resultado das Análises Físico-químicas e bacteriológicas do Igarapé Irurá - Período chuvoso

Seção de coleta	OD (mg/L)	DQO (mg/L)	Coli. Term	Temp. (°C)	TDS	Turbidez (NTU)	pH	Cond.E (µS/cm)	N Total (mg/L)	P Total (mg/L)
P1	7,94	8,00	400	26,4	5,98	0,13	3,50	11,90	0,02	0,00
P2	6,825	7,00	1100	26,1	8,60	3,10	4,00	13,80	0,01	0,00
P3	5,52	5,00	800	26,3	7,00	5,10	4,40	11,10	0,01	0,10
P4	3,40	22,00	400	25,8	9,60	1,90	4,50	15,10	0,015	0,00
P5	5,41	12,00	300	26,5	7,80	2,50	4,10	12,80	0,00	0,00
P6	5,64	6,00	800	26,3	8,20	3,10	4,50	13,10	0,00	0,00
P7	4,91	4,00	100	27,05	7,90	2,70	4,10	12,90	0,00	0,00
P8	4,03	4,00	900	26,20	8,10	3,70	4,30	13,90	0,00	0,00
P9	4,63	5,00	1000	26,40	8,120	3,40	4,20	13,50	0,00	0,00

Na Tabelas 5 estão apresentados os resultados das análises dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do Igarapé do Irurá para o período menos chuvoso. Somente os pontos P4 e P6 estão com concentração de OD inferior ao limite preconizado pela legislação vigente. As maiores concentrações de OD são observadas nos P1 e P2 próximo a nascente. Os valores das concentrações de DQO não apresentaram variações significativas ao longo das seções de coleta. A concentração de coliformes termotolerantes foi menor no P1 e maior nos pontos P3, P6 e P7. A temperatura e a concentração de fosforo total não apresentaram variações significativas entre seus valores. O fosforo total apresentou uma concentração de 1,90 mg/L no ponto 4 o que pode ser justificado por ser uma área habitada e utilizada frequentemente em atividades de recreação, conforme apresentado na descrição dos pontos de coleta no item 2.1.

O P5 foi o ponto que apresentou as maiores concentrações de TDS e Condutividade elétrica o que pode ser justificado pela presença nesse ponto de um maior aporte de sólidos totais dissolvidos e compostos iônicos. Nos pontos P5, P7, P8 e P9 observaram as maiores variações nas concentrações de TDS e turbidez.

Tabela 5: Resultado das Análises Físico-químicas e bacteriológicas do Igarapé Irurá - Período menos chuvoso

Seção de coleta	OD (mg/L)	DQO (mg/L)	Coli. Term	Temp. (°C)	TDS	Turbidez (NTU)	pH	Cond.E (µS/cm)	N Total (mg/L)	P Total (mg/L)
P1	6,90	2,00	100	26,10	7,60	2,00	4,00	11,9	0,02	0,00
P2	7,76	2,10	700	26,15	9,03	1,25	3,93	14,2	0,01	0,00
P3	5,47	1,00	1500	25,53	6,73	6,00	3,93	10,4	0,01	0,00
P4	4,42	4,40	200	25,50	8,03	6,00	7,41	12,5	0,015	1,90
P5	6,16	3,00	200	26,83	127,73	44,25	5,99	203,68	0,00	0,50
P6	4,44	2,00	1000	26,01	8,9	6,00	5,50	12,25	0,00	0,30
P7	5,42	2,00	1500	26,10	37,00	47,00	6,10	61,00	0,00	0,10
P8	5,49	1,00	800	26,10	38,80	82,00	5,80	37,00	0,00	0,20
P9	5,65	3,00	400	26,4	30,50	84,00	5,30	45,45	0,00	0,10

O IQA é um índice de qualidade de água estabelecido pela agência do governo do estado de São Paulo CETESB (Companhia Ambiental do estado de São Paulo) que é responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição no estado de São Paulo.

Na Tabela 6 estão apresentados os cálculos referentes as percentagens de saturação do oxigênio dissolvido e os índices de qualidade de água para o Igarapé do Irurá analisados durante o período chuvoso.

Podemos observar nesse período, que somente os pontos 5, 6 e 7 apresentaram os valores de IQA compreendidos $52,61 \leq \text{IQA} \leq 58,00$, que classifica a água como boa e de coloração verde, entretanto os pontos 1, 2, 3, 4, 8 e 9 foram classificados com água aceitável e de coloração amarela.

O Ponto 1 foi o que apresentou a maior concentração de saturação (99,02 %), que pode ser justificado, em razão deste ponto estar a montante da bacia de drenagem e, portanto, próximo aos afloramentos subterrâneos.

Tabela 6: Cálculo da percentagem de saturação do oxigênio dissolvido e do Índice de Qualidade de Água (IQA) durante o período chuvoso

Seção de coleta	Percentagem de saturação OD (%)	IQA/CETESB	Classificação da água	Cor
P1	99,02	54,30	Boa	Verde
P2	84,52	48,99	Aceitável	Amarela
P3	68,49	51,56	Aceitável	Amarela
P4	41,77	51,60	Aceitável	Amarela
P5	67,33	55,10	Boa	Verde
P6	69,71	52,61	Boa	Verde
P7	61,43	58,00	Boa	Verde
P8	49,68	48,06	Aceitável	Amarela
P9	57,43	46,54	Aceitável	Amarela

Na Tabela 7 observamos que nos pontos 1 e 2 temos a maior concentração de saturação de OD e nos pontos 4 e 5 o maior IQA 69,12 e 59,59 mg/L respectivamente, classificando a água como boa e de coloração verde. A partir do ponto 7 observamos um crescimento na concentração de saturação de OD e no IQA, que altera a qualidade da classificação da água de aceitável para boa.

Tabela 7: Cálculo da percentagem de saturação do oxigênio dissolvido e do Índice de Qualidade de Água (IQA) durante o período menos chuvoso

Seção de coleta	Percentagem de saturação OD (%)	IQA/CETESB	Classificação da água	Cor
P1	86,10	61,70	Boa	Verde
P2	96,18	53,45	Boa	Verde
P3	66,93	42,27	Aceitável	Amarela
P4	54,01	69,12	Boa	Verde
P5	77,12	59,59	Boa	Verde
P6	54,60	50,62	Aceitável	Amarela
P7	66,67	48,78	Aceitável	Amarela
P8	67,55	54,33	Boa	Verde
P9	70,09	55,08	Boa	Verde

CONCLUSÕES

Concluímos neste trabalho de acordo o modelo de qualidade da água (IQA), referentes aos nove pontos monitorados, que o igarapé do Irurá perde a sua qualidade à medida que seu trecho se aproxima da área urbana violando as características de rios de classe 2, estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. Considerando o estudo da capacidade de autodepuração da microbacia do Irurá, foi observado que a determinação do IQA apresentou cenários preocupantes quanto ao uso e ocupação do solo de forma desordenada apresentando áreas bastante impactadas em processo de degradação ambiental, com o risco de desaparecer nos próximos anos caso não seja feito algum tipo de intervenção. A extensão, da urbanização, representa um gargalo sobre a saúde e a qualidade dos cursos d'água e de seus ambientes. Infelizmente na região norte ainda não se dispõe de dados oficiais sobre o dano extensivo (Km) provocado, pela urbanização, aos cursos d'água.

As ações humanas sobre o igarapé do Irurá, sem certa preocupação com os impactos ambientais, demonstraram prejuízos atuais e nos fazem refletir quanto à necessidade de agir, a fim de garantir um meio ambiente sustentável. Existem inúmeros exemplos de degradações e suas consequências ao meio ambiente e ao homem, tais como contaminações e assoreamentos dos cursos de águas naturais, além de enchentes que causam prejuízos principalmente nos centros urbanos. A respeito do dramático passivo que a urbanização impõe aos cursos d'água e aos seus ambientes, muitas vezes particulares, poucos estudos integradores, congregando diferentes especialidades e habilidades têm sido conduzidas neste viés ao redor do mundo.

REFERÊNCIAS

BRAGA, B.. **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Hall, 2005.

BRASIL. **Resolução nº 357**. 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. Brasília: DOU, 2005.

CETESB. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2006.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M.. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SANTOS, R. F.. Modelagem Matemática Da Autodepuração Da Microbacia Do Irurá No Município de Santarém-Pará. **Revista Tecnologia**, v.41, n.1, 2020.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E.. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, v.22, p.10-16, 2005.

LUCAS, A.. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.937-943, 2010.

MAANE-MESSAI, S. L. B.; MOTELAY-MASSEI, A.; MADANI, K.; CHIBANE, M.. Spatial and Temporal Variability of Water Quality of an Urbanized River in Algeria: the Case of Soummam Wadi. **Water Environment Research**, v.82, n.8, p. 742-749, 2010.

RECESA. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento. **Qualidade da água e padrões de potabilidade: abastecimento de água**: guia do profissional em treinamento: nível 2/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2007.

ROCHA, D.. **Proposta metodológica para integração dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M.. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Embrapa Florestas**, 2011.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F.. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Química Nova**, 2006.

SIOLI, H.. **The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types**. Dordrecht: Springer, 1984.

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

SOUZA, J. R.. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodepa**, v.8, n.1, 2014.

TORTORA, G. J.; BERDELL, R. F.; CHRISTINE, L. C.. **Microbiologia**. 10 ed. Porto Alegre, 2012

TUNDISI, J. G.. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: Editora RiMa, 2003.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2005

VON SPERLING, M.. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

IBRAHIM, F. I. D.. **Análise ambiental**: gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes - Série Eixos. São José dos Campos: Editora Érica, 2014.