

## CLASSIFICAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO CLARO, UTILIZANDO OS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) E DE ESTADO TRÓFICO (IET).

Fabrizio Brito Silva (\*), Domilton de Jesus Moraes, Maria Alessandra Azevedo Pereira, Ingrid Pereira da Silva, Tatiana Menezes Rodriguez de Carvalho

\* Universidade Ceuma, email:fabricaoagro@gmail.com

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das águas da microbacia do Rio Claro, através da determinação do IQA – Índice de Qualidade das Águas e caracterizar o seu grau de trofia através do IET - Índice do Estado Trófico. Foram realizadas coletas de amostras no final do período chuvoso, em 4 pontos, ao longo do Rio Claro. Os parâmetros analisados para determinação do IQA foram: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais, turbidez, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total. Para análise do IET utilizamos a clorofila *a*, relacionando-a com o fósforo. Conclui-se que a qualidade do rio para esse momento é considerada “Boa” no P1 (fz) com o IQA igual a 58. No P2 (ponte), com o IQA igual a 51 a classificação é “Razoável” CETESB e “Médio” NST. Nos Pontos 3 (nascente, próximo ao Supermercado) e 4 (bairro Divinéia), respectivamente com IQA igual a 37 e 43, ambos se classificaram como: “Razoável” CETESB e “Ruim” NST. Para o cálculo do estado trófico tivemos como resultados nos 4 pontos “Hipereutrófico” devido à elevada taxa de nutrientes e floração de algas, indicando a antropização da bacia. Sendo comparados os resultados dos parâmetros com o CONAMA 357/2005. O monitoramento é de suma importância para a elaboração de um plano de gestão e integração que englobem a preservação e recuperação da bacia do Rio Claro. Espera-se a realização de novas análises de IQA e IET no período de estiagem para monitoramento e comparação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade das águas, Rio Claro São Luís, estado trófico, parâmetros, monitoramento.

### INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são utilizados para mais variadas funções, destacando-se o abastecimento humano, a dessedentação animal, a geração de energia, a irrigação e a harmonia paisagística; essas múltiplas funções dão à água um valor ambiental, social e econômico de relevante importância, exigindo assim, normatização e fiscalização do seu uso e qualidade. (CONAMA 357/2005).

Tendo em vista a importância da qualidade dos recursos hídricos e levando em consideração que a gestão do mesmo é difícil, devido, principalmente a vastidão do território nacional. No ano de 1997 a promulgação da Lei 9.433, foi o estopim para a mudança no ambiente institucional regulador do uso da água, sendo elaborada e efetivada uma gestão descentralizada e participativa no que se referem aos recursos hídricos, viabilizando assim a atuação do Poder Público, usuários e comunidade em geral, criando então uma série de instituições atuantes neste processo, como: Conselhos Nacionais e Estaduais de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas e os Comitês de Bacia dentre outros.

A Agência Nacional de Águas - ANA, criada pela Lei 9.984/2000, tem a incumbência de outorgar o uso de recursos hídricos da União, regular os serviços da água concedidos à iniciativa privada, implementar a cobrança pelos usos dos recursos hídricos em bacias do domínio da União, definir as condições de operação de reservatórios e traçar planos para minimizar os efeitos das secas e inundações, entre outras.(MACHADO/2004).

A Constituição Federal conferiu domínio hídrico aos Estados, cabendo a ele o poder-dever de administrá-lo sendo que o mesmo não possui o direito sobre as águas, mas editam normas sobre a gestão que encontram-se em seu domínio, em formas de lei se necessário. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL/1988-Art. 18 e 25).

O Estado do Maranhão instituiu a Lei nº 8.149/2004 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. SEMA/2004. O município de São Luís instituiu a Política Municipal de Meio Ambiente com a Lei nº 4738/06(SEMMAM/2014).

A hidrografia do Maranhão possui aproximadamente 268.897 km<sup>2</sup> (KOPPEN/1990), com uma população de 6.574.789 (IBGE/2010). Segundo a classificação de Koppen o clima da região é do tipo AW, tropical chuvoso, com predominância de chuvas nos meses de janeiro a abril. A temperatura média anual oscila em torno de 28° (KOPPEN 1990).

O Rio Claro está situado na ilha de São Luís –MA, possuindo sua nascente no bairro Turu, tem aproximadamente 12,6 Km de extensão e deságua na praia do Olho d’Água, encontra-se inserido dentro da bacia hidrográfica do Rio

Paciência abrangendo uma área de aproximadamente 153,12 Km<sup>2</sup>. (UFMA/2013). Nos últimos anos agravou-se a problemática nas Bacias Hidrográficas da ilha, o uso e ocupação do solo, a falta de tratamento dos efluentes domésticos, deposição inadequada dos resíduos e a supressão da mata ciliar, vem causando danos a vida aquática e conseqüentemente a saúde humana. Baseando-se nesse prisma se fez necessário avaliar a qualidade da água do Rio Claro e seu grau de trofia.

Nesse contexto, optou-se como unidade de pesquisa a microbacia do Rio Claro para detectar a violação de padrões de qualidade, previstos na legislação e identificar as principais causas da poluição da água através dos estudos de variáveis físico-químicas (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, , nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez,) e biológicas (coliformes termotolerantes e clorofila *a* da água que são de grande importância para o conhecimento do ambiente e identificação dos padrões de variação das condições ambientais, tanto dentro dos rios e reservatórios como em seu entorno, e têm implicações nas características limnológicas como um todo, dando base para os cálculos e análises para os padrões de IQA (Índice da Qualidade das Águas) e IET (Índice de Eutrofização da Água).

Em 1970 o IQA – Índice de Qualidade das Águas, foi objeto de estudo pela “National Sanitation Foundation” (NST) dos Estados Unidos. A CETESB fez modificações no modelo da NST adaptando para o Brasil (CETESB 2011).

CARLSON/1977 desenvolveu um índice que define o estado trófico segundo a concentração de biomassa, para climas temperados e LAMBARELLI/2004 adaptou o modelo para os climas tropicais e aceito pela CETESB.

## **METODOLOGIA**

Foram realizadas no mês de Julho/2014, coletas em 4 pontos, (P1) foz, (P2) ponte, (P3) supermercado e (P4) encontro com o rio Santa Rosa, no bairro Divinéia. Os locais de amostragem foram estabelecidos de forma a assegurar que as mesmas fossem significativas para a caracterização do sistema. As amostras foram coletadas aproximadamente a 10 cm da superfície, em frascos de polietileno e de vidro, previamente ambientados com a água do local por três vezes (ABNT, 1987). Em seguida, foram preservadas em isopor com gelo (temperatura aproximadamente 4° C) até a chegada ao laboratório.

Para caracterização da qualidade do corpo hídrico, utiliza-se o cálculo adaptado pela CETESB do estudo realizado em 1970 pela NSF – “National Sanitation Foundation” (NSF) dos Estados Unidos, o IQA– Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove variáveis, pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), sólidos totais e turbidez, pelo métodos do SM –Standard Methods/ 2005. Sendo consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público.

A partir do cálculo efetuado com o peso estabelecido para cada parâmetro, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100. O (IET) Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. (CETESB, 2009).

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados dos parâmetros físico-químicos necessários ao cálculo, bem como os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/05 para os corpos d’água classe 2, estão apresentados na (**Tabela 01**).

**Tabela 1: Valores dos resultados do Índice de Qualidade das Águas, Valores de Referência dos parâmetros físico-químicos CONAMA 357/05 - Fonte: Dados da pesquisa e CONAMA, 2005.**

RIO CLARO					Limites CONAMA 357/2005
IQA (Índice de Qualidade das Águas)					
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	
IQA	58	51	37	43	
DBO	3	1,1	4,8	4,8	≤5,0 mg/L O <sub>2</sub>
COLI	900	1.800	900	700	≤ 1000
pH	6,5	5,9	6,4	7,4	Entre 6,0 e 9,0
TURB	8,21	2,17	117	41,2	≤100UNT
TEMP	34,3	28,3	28,5	22,5	-
N.T	9,1	4,3	0,5	31,5	-
P.T	0,3	0,5	0,5	0,8	≤ 0,03 mg/L*
O.D	4,93	3,93	2,11	3,3	>5 mg/L O <sub>2</sub>
SOL.T	234	127	217	461	-
CLO a	3,2	1,07	6,04	11,74	até 0,03 mg/L

\*Ambiente lântico: 0,03 mg/L-P; para ambiente Intermediário:0,050mg/L-P.

Os resultados das medidas para nitrogênio total (NT) variaram entre os 4 pontos, com máxima no P4 (31,5 mg/LN,) e mínima P3 ( 0,5 mg/LN). A maior concentração de N T ocorreu no P4, justificado pela presença de muitas casas próximas umas das outras, todas lançando seus efluentes no rio. O odor nessa área se torna muito intenso devido à grande quantidade de algas alimentadas pelo excesso de nutrientes oriundos das águas residuais.

No resultado para o parâmetro Fósforo total (PT), todos os pontos se mostraram fora dos padrões comparados com o CONAMA 357/ 05. Com máxima No P4 (0,8 mg/L) onde se obteve a maior porcentagem, devido as muitas fontes de contaminação agravando a situação, e a mínima no P1 (0,3 mg/L). Nesse ponto, a comunidade ribeirinha consomem espécies de peixes, utilizando redes de pesca para arraste, revolvendo assim material precipitado.

Para temperatura (TEMP), obtivemos a máxima no P1 (34,3 °C) na foz, passando entre os bancos de areia, recebendo forte incidência de raios solares, causando um aquecimento maior em relação aos outros pontos, e a mínima no P4 (22,5 °C), próximo aos muros das casas, passando entre as residências e comércio do bairro Divinéia.

Nos resultados obtidos das análises efetuadas para DBO, todos os parâmetros estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. Obtivemos um valor mínimo no P2 (1,1 mg/L O<sub>2</sub>) e valor máximo P3 e P4 (4,8 mg/L O<sub>2</sub>). O valor mínimo deu-se pelo fato de que o local da amostra possui uma vazão bem significativa, além de não existir acúmulo de nutrientes nem a presença de macrófitas características que evidenciam a proliferação de organismos os quais utilizam o oxigênio para consumo e fortalecimento para decomponem os substratos. No valor máximo, constatou-se um acúmulo de matéria orgânica, e a presença de macrófitas. É bom salientar que no P3 caracteriza-se um ambiente lântico, carregado de sedimentos, local bastante desprovido de luz solar devido à presença de dossel denso favorecendo a não decomposição da matéria orgânica.

Já no P4, embora o local possua uma vazão bem maior, observou-se a presença de tributários das moradias nas extremidades do corpo hídrico, juntamente com a presença de macrófitas, além de despejos biológicos oriundos de uma pequena feira presente no local, favorecendo assim para um valor mais elevado.

Para o parâmetro pH, em todas as amostras foram obtidos valores os quais estão conforme a Resolução CONAMA que exige o pH de 6 até 9, exceto para o P2 (5,9), provavelmente por não possuir a presença de macrófitas, as quais realizam a fotossíntese que, por conseguinte com a presença desta o pH tende a ser alto. E a máxima no P4 (7,4) deve-se ao grande acúmulo de algas ou macrófitas que impedem o sistema de tamponamento do afluente, despejos de efluentes advindos das moradias dos ribeirinhos que favorecem o aumento da matéria orgânica a qual está diretamente relacionada com o crescimento das plantas macrófitas.

Para Coliformes termotolerantes, somente no P2 (1800 NMP/100mg/L), o valor não está conforme a Resolução CONAMA, a qual estabelece o valor máximo de 1000 NMP/100mg/L. Neste ponto encontra-se um estabelecimento onde há um fluxo grande de pessoas que frequentam o ambiente, e lançam o esgoto *in natura* a montante da coleta.

Porém o valor mínimo 700 NMP/100mg/L presenciado no (P4), provavelmente foi devido à grande concentração de despejos tributários carregados de química, oriundos das residências as quais contribuem para a eliminação da bactéria

Ecoli. É visível a presença de química deixada sobre a água do corpo hídrico, pela grande quantidade de espumas deixadas sobre a lâmina d'água (**Figura 1**)



**Figura 1: Concentração de espumas de lavagens em geral, lançadas às margens do Rio.**

No resultado das análises para Turbidez, temos como ponto máximo P3 (117 UNT) devido o trecho ter características lânticas, e mínima no P1 (2,17 UNT). Somente o P3 (**Figura 2**), está em desacordo com CONAMA - 357 que estabelece seu limite de 100 UNT em águas de classe 2.



**Figura 2: Trecho de maior resultado para Turbidez. Fonte: Dados da pesquisa.**

Sólido Total (SOL. T) teve o seu maior índice no P4 (461), onde a descarga de efluente doméstico é bem intensa, O menor índice para SOL. T foi no P3 (127). A poluição dos corpos d'água por sólidos em suspensão podem causar danos à vida aquática como: a diminuição da incidência de luz, aumento da sedimentação no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, além de reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbica. (MI, 2010). A bacia recebe uma carga grande de resíduos sólidos dos moradores e de construção civil (**Figura 3**).



**Figura 3: Detalhe para os resíduos de construção civil lançados às margens do rio. Fonte: Dados da pesquisa.**

Para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) apenas o P1 (4,93 mg/L) na Foz, aproxima-se das condições aceitáveis para microorganismos e peixes das áreas, conforme CONAMA 357/05 que limita a não inferior 5mg/L. O menor valor de OD foi no P3 (2,11 mg/L), devido as características lânticas desse trecho. No momento da coleta no P1, presenciamos uma pesca feita pelos ribeirinhos (**Figura 4**).



**Figura 4: Morador pescando na Foz. Fonte: Dados da pesquisa.**

O IQA calculado conforme (**Tabela 2**), mostrou que o rio Claro no P1 pode ser considerada de acordo com CETESB e NST na qualidade boa, nesse ponto observou-se o menor teor de fósforo e os parâmetros: DBO e pH com bons resultados. Nos ponto 2 a 4 a qualidade de razoável a ruim deu-se pelo fato da entrada de muitos pontos difusos de carga orgânica provenientes de efluentes domésticos em decorrer de todo o trecho do rio.

**Tabela 2. Classificação do Índice de Qualidade das Águas (IQA), Resultado do IQA do Rio Claro, Valores de Referência CETESB e NST - Fonte: CETESB, 2009.**

RIO CLARO				
IQA (Índice de Qualidade das Águas)				
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4
IQA	58	51	37	43
CETESB	52-79 BOA	37-51 RAZOÁVEL	37-51 RAZOÁVEL	37-51 RAZOÁVEL
NST	70 < IQA ≤ 90 BOM	50 < IQA ≤ 70 MÉDIO	25 < IQA ≤ 50 RUIM	25 < IQA ≤ 50 RUIM

Os resultados do IET, caracterizaram-se na categoria hipereutrófico. São corpos d'água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas (CETESB, 2009) (**Tabela3**).

**Tabela 3. Classificação do Estado Trófico para Rios, Categoria, Ponderação, Parâmetros: Fósforo e Clorofila a**  
 Fonte: CETESB, 2009.

Classificação do Estado Trófico – Rios			
Categoria (Estado trófico)	Ponderação	P- total (mg.m-3)	Clorofila <i>a</i> (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hípereutrófico	IET > 67	640 < P	7,46 < CL

O Índice do Estado Trófico utilizado, será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a Clorofila *a* – IET(CL), modelo de Carlson (1977) adaptado por Lamparelli (2004), para regiões Tropicais e aceito pela CETESB, estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

- Rios

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20 \quad \text{Equação (1)}$$

$$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

**PT:** concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg.L-1;

**CL:** concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em µg.L-1;

**ln:** logaritmo natural.

Com os resultados de PT e CL, o resultado apresentado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos Índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, segundo a equação:

$$IET = [ IET ( PT ) + IET ( CL ) ] / 2 \quad \text{Equação (3)}$$

Os resultados do IET da Bacia foram comparados com a referência estabelecida pela CETESB (2011) (**Tabela4**).

Tabela 4 Tabela 4. Resultado do Índice de Estado Trófico (IET), Valores das variáveis: fósforo total e clorofila a, Valores de referência CONAMA 357 /05 - Fonte: Dados da pesquisa, CONAMA, 2005.

RIO CLARO					Limites CONAMA 357/2005
IET ( Índice do Estado Trófico)					
	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	
PT	0,30	0,50	0,50	0,80	0,03 mg/L
CL.a	3,20	1,07	6,04	11,74	até 0,03 mg/L
IET	91,76	88,34	95,84	99,93	

Os resultados referentes aos P.T foram discutidos anteriormente na abordagem do IQA. Em relação à Clorofila *a* foi observado maiores valores nos pontos P4( 11,74 mg/L) e P3(6,04 mg/L), e menores valores foram P2( 1,07 mg/L ) e P1 (3,20 mg/L ). Todos os resultados de Clorofila *a* não atenderam aos limites do CONAMA.

A (CL.a), é uma resposta do corpo hídrico ao agente causador, servindo como um indicativo de que está tendo um nível muito elevado de nutrientes sendo perceptível com a presença das algas. Percebemos que o PT estimula a biomassa fitoplactônica, sendo o causador principal do potencial de eutrofização. Essa relação positiva entre o PT e CL.a é vista notoriamente ao verificarmos o P4 onde os maiores valores de CL. *a* coincidem com a máxima do PT. Temos que levar também em consideração o fator precipitação, pois no período da coleta dominava o final do período chuvoso, colaborando para o escoamento superficial, facilitando a concentração de PT no rio. Nos pontos de menores valores observou-se uma vazão maior, facilitando a diluição das cargas poluidoras. Em todos os pontos, em especial no P4, observamos a presença de muitas macrófitas aquáticas (**Figura 5**).



Figura 5: Excesso de macrófitas aquáticas no Rio Claro. Fonte: Dados da pesquisa.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam uma situação preocupante na qualidade das águas da microbacia em estudo. O Índice de Qualidade da Água (IQA) possui classificação boa apenas na foz. Nos demais pontos revelou que a grande quantidade lançamento de efluentes tem colaborado para a qualidade razoável a ruim. E quanto ao seu grau de trofia, o rio apresentou-se hipereutrófico, justificado pelas variáveis PT e CL.a estarem em todos os pontos de coleta acima dos limites aceitáveis pela legislação vigente CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, deixando-o em uma situação de fragilidade em termos ambientais mediante forte pressão antrópica, entre as quais vale destacar: lançamento inadequado de efluentes domésticos, construções em nascentes, despejo de resíduos sólidos residenciais e de construção civil. Existem no percurso do rio, inúmeros postos de gasolina, fazendo-se necessárias análises de metais pesados, visto que as comunidades ribeirinhas se alimentam dos pescados, sendo de extrema importância novas análises para acompanhamento e comparação de resultados. A reversão deste quadro poderá ser modificada, mediante uma série de fatores. Recomenda-se além do monitoramento, recuperação e proteção da mata ciliar, tratamento primário para os

efluentes. Se o poder público, entidades governamentais e não governamentais observarem a relação custo benefício nesse momento, verão que estes custos serão bem menores em relação aos benefícios que trarão não só as comunidades ribeirinhas, mas todo um ecossistema local que influenciará na vida de todos. Devemos mostrar quanto realmente vale monetariamente para toda sociedade o benefício de se viver com um rio totalmente recuperado e quanto custará aos cofres públicos se ele ficar totalmente contaminado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). NBR 9898. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
2. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, 17 de março de 2005. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
3. Carlson, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v. 22, n. 2, p. 361–369, 1977.
4. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório de Qualidade das Águas interiores de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2009.
5. Lamparelli, Marta C. (2004). Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento. Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 238 p.
6. Metrologia e Instrumentação (MI), Revista. “Programa Interlaboratorial para sólidos totais, dissolvidos e em suspensão em amostras de água” 2010. Disponível em <http://banasmetrologia.com.br/wp-content/uploads/2012/01/Programa-Interlaboratorial.pdf>. Data: 17 de Setembro de 2014.
7. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SM): 21st. Edition, 2005.
8. Koppen, Wilhelm. *Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra*. México. Fondo de Cultura Economica, 1948. 158p.