

ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO NEGRO NA ORLA DE MANAUS/AM

Alexandre Souza BASTOS¹

Maria do Socorro Rocha SILVA²

Sebastião Atila Fonseca MIRANDA³

¹Iniciação Científica INPA Bolsista PIBIC/CNPq;

²Orientador CDAM/INPA; ³Colaborador.

INTRODUÇÃO

A grande diversidade dos tipos de águas da bacia hidrográfica do Rio Amazonas tem forte relação com a geologia, geomorfologia e vegetação, segundo Stallard *et al.* (1983). Silva (2013) identificou três tipos de rios com característica semelhantes às águas na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: 1. Rios de águas levemente ácidas a alcalinas a leste (pH 6,5-7,4) que tem origem nos Andes; 2. Rios de águas pretas e ácidas (pH de 3,5 a 5,5) que nascem no escudo cristalino das Guianas, tributários da margem esquerda do Amazonas e; 3. Rios intermediários (misto) de águas que vai de ligeiramente ácida a ligeiramente neutra (pH 6,0-7,0), que sofre influência de rios que nascem no escudo brasileiro (Stallard *et al.* 1983). Os rios que se originam na região Periférica Sul (escudo cristalino) são pertencentes à região Amazônica Central (Silva 2013), ou seja, cada região apresenta uma água diversificada e com as mesmas variáveis observadas, mas que se difere nas concentrações dos elementos presentes na água, uma água pode apresentar certo nível e a outra um nível maior dependendo das características e influências da região onde nasce.

As informações sobre o clima, geologia e o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica são fatores imprescindíveis a serem estudados visto que, estes influenciam e explicam a presença dos elementos naturais observados na água através do IQA (Ceará *et al.* 2005). Conforme a Agência Nacional de Águas do Brasil – ANA, o índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), e este vem sendo usado como referência para o índice de qualidade das águas adaptado para determinar a qualidade das águas negras encontradas na margem esquerda, no trecho da orla de Manaus onde está localizada, no qual são utilizadas equações para calcular e obter o índice desejado, trabalhando com dados físicoquímico e bacteriológico. A importância da elaboração dessa ferramenta está pela necessidade de monitorar as águas pretas, observando o nível de deterioração de sua qualidade ao longo do tempo afetado pelos efeitos negativos da urbanização, e assim apresentar informações que possam auxiliar nas medidas corretivas e preventivas para a conservação, proteção, e assim garantir o uso contínuo e equilibrado do recurso hídrico em questão.

O trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de qualidade das águas e os efeitos da urbanização sobre as águas do rio Negro na orla de Manaus na Montante São Raimundo, Praia da lua, Praia da ponta Negra, Montante e Jusante São Raimundo, Jusante Educandos e Ceasa. Sendo que as microbacias urbanas São Raimundo e Educandos já demonstram ser os locais mais impactados pela cidade, e através do IQA adaptado para a região permite demonstrar a evolução do estado de qualidade do manancial e seus respectivos pontos analisados.

MATÉRIAS E MÉTODOS

As pesquisas foram realizadas no rio Negro na orla da cidade de Manaus, contemplando sete pontos amostrais específicos compreendendo da montante Tarumã ao Porto do Ceasa, assim distribuídos:

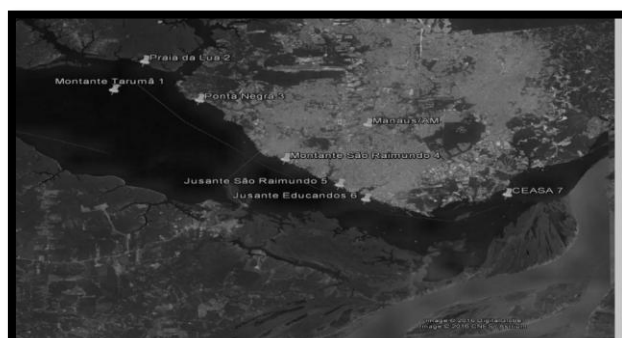


Figura 1. Mapa de localização dos pontos amostrais.

Tabela 1. Coordenadas de localização.

REF	Descrição do Local de Coleta	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
1. RN_IT1	Rio Negro na montante do Tarumã	S03'02.535	W060'07.119
2. RN_PL	Rio Negro na Praia da Lua	S03'02.056	W060'07.895
3. RN_PN	Rio Negro na praia da Ponta Negra	S03'03.904	W060'06.236
4. RN_IMSR1	Rio Negro na montante do Igarapé de São Raimundo	S03'07.841	W060'02.422
5. RN_IJSR2	Rio Negro na jusante do Igarapé de São Raimundo	S03'08.025	W060'01.953
6. RN_IE1	Educandos	S03'08.800	W060'00.864
7. RN_CE	Rio Negro na área portuária do Ceasa	S03'08.192	W059'56.236

As coletas foram feitas nos períodos chuvoso (agosto, setembro e dezembro/2015) e de estiagem (março e maio /2016) com garrafa do tipo Van Dorn para análises físicas e químicas, onde foram condicionadas em frascos de polietileno de 1L. O oxigênio dissolvido às amostras foi acondicionado em frascos do tipo Winkler. Foi determinado as variáveis pH, com auxílio de pH-metro marca Instrumenter, modelo 2000 séries; condutividade elétrica mediu-se por condutimetria, usando o condutímetro, marca METLLE TOLEDO AG, modelo S230; A turbidez, por turbidimetria no turbidímetro; o oxigênio dissolvido (OD) foi determinado em amostras não filtradas e fixadas com 1 ml do sulfato manganoso e ácida sódica in loco e determinado pelo método titulometria; cor as amostras filtradas e determinada pelo método de espectrofotométrico, com espectrofotômetro, marca (FEMTO), modelo 700 plus; O Ferro Total dissolvido, nitrato e íon amônio foram analisados através da espectrofotometria, espectrofotômetro marca (FEMTO), modelo 1800-UV (Figura 3, foto 5), a auxilio do FIA (Análise de Injeção de Fluxo (APHA 2003; Golterman e Clymo 1978); coliformes fecais determinado pelo método tubos múltiplos (APHA 1985).

Métodos desenvolvidos para adaptar o índice de qualidade

Os IQA's são desenvolvidos para adquirir informações para os programas de monitoramento de água. Para sua elaboração são utilizados os dados obtidos das análises da água para os cálculos, encontrando suas respectivas curvas médias de variação (qi) cujos valores são observados e retirados dos gráficos; Atribuição de pesos significativos de 0 a 1 (Wi) em cada variável; Números da amostra (n), e assim todos os dados obtidos

são calculados por meio do produtório ponderado dos parâmetros (CETESB 2016), seguindo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

A equação resulta em um número de 0 a 100 em faixas de transição classificando a qualidade das águas, informando a situação do ambiente e sua qualidade para os usos múltiplos específicos de cada classe, conforme estabelecido pela resolução 357 do CONAMA, porém, é um cálculo que está adaptado para calcular e obter o índice com informações de outras regiões, sendo que as águas do rio negro apresentam uma qualidade natural diferente das regiões como sul e sudeste.

Para adaptação da equação e adquirir o IQA das águas negras. Foi feita análise estatística, uma medida de importância muito usada que é a variância. De certa forma, a variância traduz a informação contida na variável. Ao construirmos um índice com uma combinação linear de variáveis e usando equações matemáticas resolvidas por método de Cramer calculado no Excel, foi possível adaptar um índice com os limites máximos e mínimos dos dados das variáveis selecionadas da água do rio Negro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos a seguir mostram os resultados dos estudos realizados nos pontos determinados no Rio Negro, entre os anos atuais 2014, 2015 e 2016, estudos anteriores para o levantamento dos dados físico-químicos para observação do comportamento das variáveis nos períodos entre março, maio, abril, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. Todos os valores obtidos de cada variável selecionada para o IQA adaptado podem ser observados em seus respectivos gráficos e suas variações que ocorreram devido às interações ambientais e reflexo das entradas antrópicas.

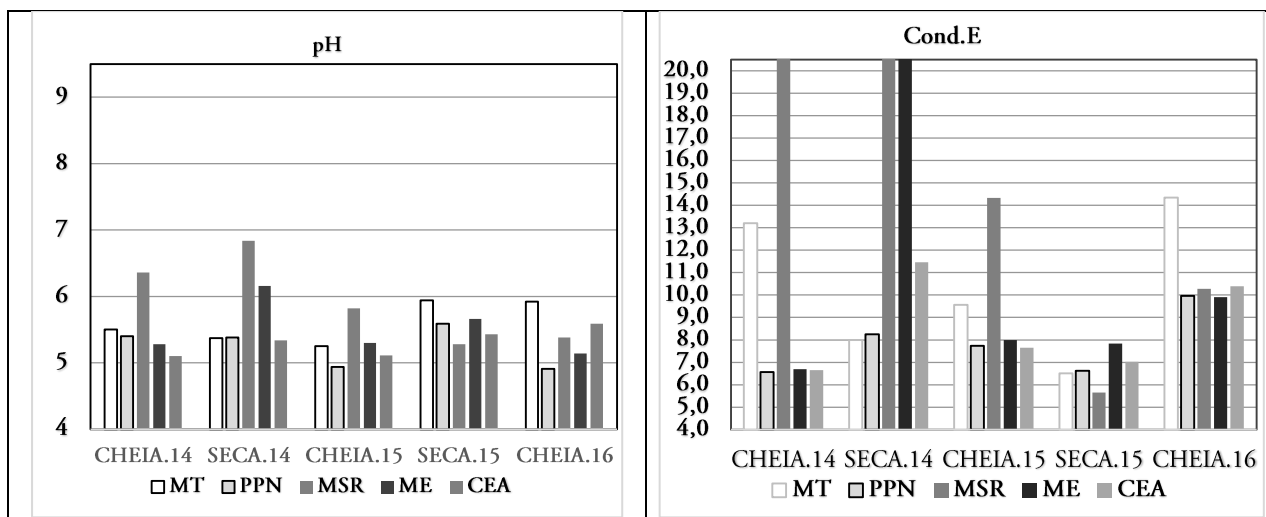


Figura 2. Análise do pH e condutividade elétrica no período de 2004 a 2015 na Orla de Manaus/AM.

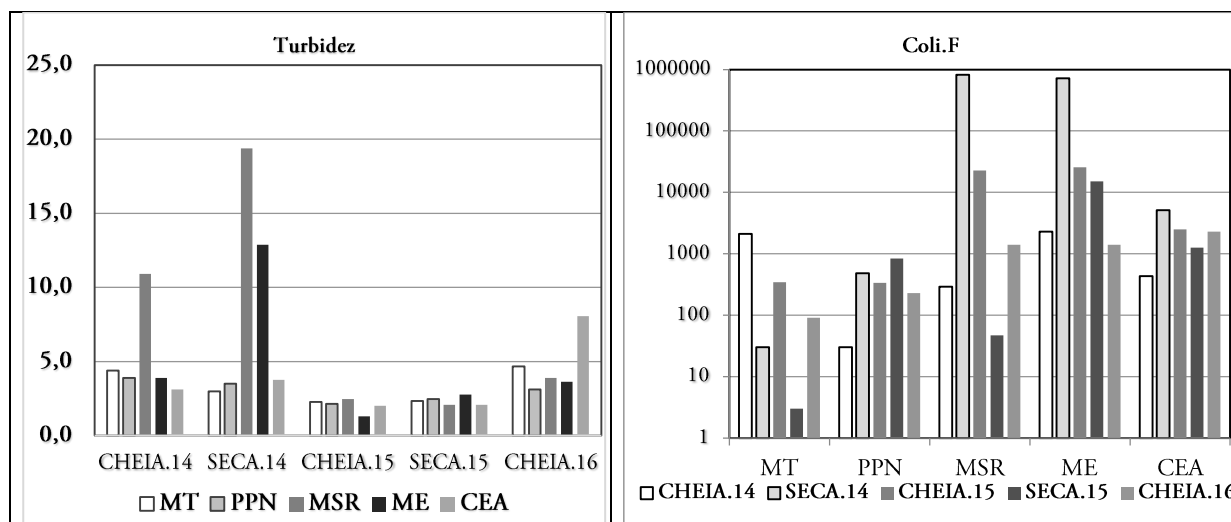


Figura 3. Análise da turbidez e coliformes fecais no período de 2004 a 2015 na Orla de Manaus/AM na Orla de Manaus/AM.

O pH (Figura 2) mostrou alteração estacional refletindo as entradas de drenagens das bacias de São Raimundo e Educandos, fortes receptores de entrada de esgoto e lixo, variando de 4,7 a 6,9 e que aos poucos estão perdendo sua elevada acidez. A condutividade elétrica apresenta poucas variações no meio aquático com valores de 5,30 a 14,8 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, sendo o maior valor encontrado no RN-IMSR (230,60 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ novembro/2014) e no RN-ME (228,80 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ outubro/2014), onde a atividade antrópica é intensa, elevando desta forma os teores de sais e matéria orgânica (Figura 2). Na turbidez que indica a quantidade de sólidos em suspensão, os maiores valores foram encontrados nos locais RN-IMSR 23,92 NTU e RN-IME 21,58 NTU (outubro/2014) (Figura 3), respectivamente são os locais que passaram por maiores modificações antrópicas. Na amônia (Figura 3) houve variações significativas de 0,280 a 20,78 MG/l, concentração encontrada mais significativa situa-se nos locais da RN-IMSR com 0,4 a 18,52 mg/l (outubro/2014) e RN-IME com a maior concentração de 0,4 a 20,78 mg/l (outubro/2014) (Figura 6 (B)). Os valores do íon amônio aumentaram significativamente em São Raimundo e Educandos por serem os mais sujeitos a variações provocadas pela entrada de esgoto. Os maiores registros de coliformes durante os anos observados com elevadas variações, encontram-se nos pontos RN-IMSR, RN-IJSR, RN-IME, RN-IJE e RN-ICE com valores de 0 a 1400000 NMP/100 ml. Nos locais do RN-IMT, RN-PL e RN-PN foram encontrados valores de 0 a 2100 NMP/100 ml, sendo o maior visto em RN-IMSR com 1400000 NMP/100 ml (outubro/2014). No Rio Negro, a montante do Igarapé São Raimundo e na jusante do Igarapé São Raimundo, são os locais mais poluídos com altos níveis da presença do grupo de coliformes totais e fecais e na área portuária do Ceasa também apresenta níveis bastante elevados, o que não é aceito para balneabilidade por ultrapassarem os limites estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357.

Índices de qualidade das águas do rio Negro

Com os dados e informações encontradas nas análises e as observações feitas nos pontos específicos da área de estudo deste trabalho, foram selecionados os cinco locais mais representativos por terem maiores registros de dados levantados (Montante Tarumá, praia da Ponta Negra, Montante São Raimundo, Montante Educandos e porto do Ceasa).

Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Para estruturação desse índice foram selecionados 15 parâmetros para serem analisados nos laboratórios. Deste parâmetro selecionou-se apenas 5 como mais representativos da qualidade para sua composição, limitando a participação de cada parâmetro no índice através da atribuição de pesos (w_i) (CETESB 2016), demonstrados na Tabela 2.

O cálculo do IQA é feito por meio de equações lineares dos 5 parâmetros (Figura 5), seguindo a seguinte fórmula através da equação de normalização $F(x) = -ax^2+bx- c$ e que são resolvidos pelo método matemático de Cramer no Excel:

Tabela 2. Pesos atribuídos.

Variáveis	Atribuição de pesos (w_i)
1. Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,2
2. Condutividade elétrica (C.E)	0,3
3. Turbidez	0,25
4. Amônia (NH ₄)	0,15
5. Coliformes termotolerantes (CT)	0,2

Figura 5. Equação linear de três incógnitas.

Resolver o sistema 3 variáveis:
 $3,5x + 3,5y + z = 98$
 $5x + 5y + z = 80$
 $5,5x + 5,5y + z = 60$

Tabela 3. Curvas médias de variações.

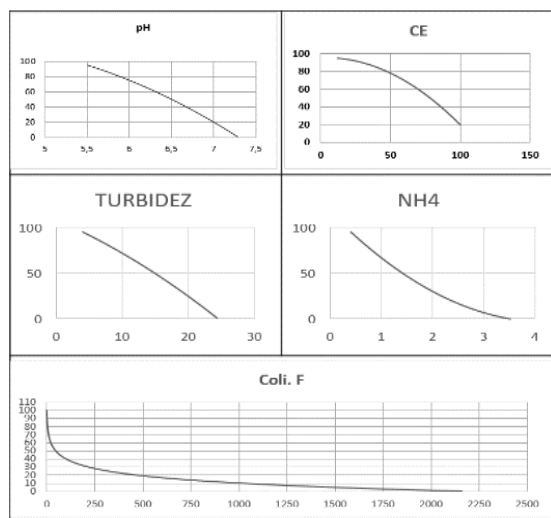


Tabela 4. Atribuição dos dados para calcular e obter o IQA.

Parâmetros	pH	C.E.	NH ₄	Turb	COLI.FECAIS
Vr. Observado	5,5	2	0,35	24	1
qi	95	95,4798	97,5837	3,33522	100
Pesos ($\sum w=1$)	0,2	0,3	0,15	0,15	0,2
Wi	19	28,6439	14,6376	0,50028	20

IQA
82,78177028

Para cada parâmetro são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1 (Tabela 3). As curvas de qualidade, representadas pelas variáveis potenciais de formação de trihalômetanos e metais foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (q_i), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS) (CETESB 2016):

- Ex: O cálculo do IQA é feito por meio de equações lineares quadráticas dos parâmetros, seguindo a seguinte fórmula, onde:

-IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

- q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido através da equação de normalização $F(x) = -ax^2+bx- c$, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

- w_i = peso correspondente x o i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1.

O IQA é calculado, considerando os limites mínimos e máximos de cada uma das análises dos parâmetros estabelecidos nos períodos de seca e cheia. A agregação dos dados físicoquímicos e biológicos, o peso atribuído para cada uma das variáveis e os valores das curvas médias, compõe a equação que resulta em um número, indicando de 0 a 100 em faixas de transição de péssimo a ótimo à classificação da qualidade da água de um manancial (CETESB 2016), assim determinando o IQA para boa parte do trecho do rio negro na Orla de Manaus/AM. Demonstrou que aos poucos a qualidade da água analisada nos pontos amostrais sofre com os efeitos negativos do mau planejamento urbano da cidade, estão deixando de apresentar uma ótima qualidade, principalmente os mais impactos que deságuam no rio Negro as bacias do São Raimundo e Educandos (Tabela 5) que estão na faixa de águas boas.

Tabela 5. Índice de qualidade das águas do Rio Negro.

NÍVEIS DE QUALIDADE			
	Rio Negro - Orla de Manaus	Orla de Manaus/Rio Negro	IQA
ÓTIMO	$80 \leq IQA \leq 100$	Montante Tarumã	83
BOM	$52 \leq IQA \leq 80$	Praia da Ponta Negra	84
ACEITAVEL	$37 \leq IQA \leq 52$	Montante São Raimundo	59
RUIM	$20 \leq IQA \leq 37$	Montante Educandos	66
PÉSSIMA	$0 \leq IQA \leq 20$	Ceasa	70

CONCLUSÃO

O estudo mostra que as características físicas e químicas recebem forte influência nas suas concentrações diante das atividades antrópicas. O Índice de Qualidade de Águas – IQA adaptado para as águas pretas da região mostraram resultados significativos ao longo do trecho da Orla de Manaus. Considerando que o rio Negro apresenta característica de águas ácidas e grande suporte devido a seu volume de água, possibilitando diluir poluentes em grandes quantidades. Mesmo com essa capacidade, hoje podemos observar através do IQA - Orla que esse recurso hídrico não esta suportando as grandes quantidades de resíduos sólidos e efluentes domésticos sem tratamento vindas da cidade e dos transportes fluviais. Já apresenta perdas em sua característica natural, não há um controle na poluição e por isso não consegue se recuperar totalmente em questões de qualidade.

REFERÊNCIAS

- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2003/16. Washington: APHA. 1985, p. 1269
- Ceará *et al.* 2005. Índice de qualidade da água, uma proposta para o vale do RioTrussu. *Revista Ciência Agronômica*, 36(2): 135-142.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de Qualidade das Águas. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas-01.pdf/02.pdf/03.pdf>. Acesso em: 27 de maio 2016.
- Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63
- Golterman, H.; Clymo, R.S.; Ohmstad, M.A.M. 1978. *Methods for physical & chemical analysis of freshwater*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.213.

Kubrusly, L.S. 2001. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. Instituto de Economia /UFRJ. *Pesqui. Oper.* 21(1).

Silva, M.S.R. 2013. *Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: contribuição para o enquadramento e preservação destes recursos*. Tese de Doutorado em Química, Universidade Federal do Amazonas, 199p.

Stallard, R.F.; Edmond, J.M. 1983. Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load. *J. Geophys. Res.*, 88: 9671- 9688.

Método de Cramer.:www.projetos.unijui.edu.br/matematica/principal/medio/.../sistemas/sistemas_excel. ht. Acesso: 27/05/2016 27/05/2016.