



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) NO RIO DO SAL, SERGIPE

Mark Douglas Sussumu Kikuchi¹; Luciana Coelho Mendonça²; Ludmilson Abritta Mendes³

RESUMO – A pesquisa avaliou a qualidade da água do rio do Sal, localizado na bacia do rio Sergipe, entre os municípios de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, Sergipe, a partir do Índice de Qualidade de Água. As amostras foram coletadas em quatro pontos de captação ao longo dos anos 2011 a 2015. Os parâmetros analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), fósforo total (PT), nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes, sólidos totais e temperatura. Os valores do índice de qualidade de água ao longo dos anos variaram de 18 a 56, tendo sua predominância em 37, sendo enquadrado como classificação ruim. Vários parâmetros se encontraram em desacordo com o valor máximo permitido pela Resolução do CONAMA 357/05, em especial os parâmetros DBO e coliformes termotolerantes, que apresentaram em três amostras, valores muito acima do máximo permitido.

ABSTRACT– The search evaluated the water's quality of the Salt's river, localized in the Sergipe's river basin, between the Aracaju's town and Nossa Senhora do Socorro's town from the Water's Quality Index. The samples were collected in 4 points of capitation throughout the 2011 to 2015 years. The analyzed parameters were: hydrogen potential (pH), turbidity, dissolved oxygen (OD), biochemical oxygen demand (DBO), total phosphorus (PT), ammonia nitrogen, term coliforms tolerant, total solids and temperature. The values of water's quality index from years changed of 18 to 56, having your predominance in 37, being framed like bad classification. Many parameters are themselves in disaccord with the maximum allowed value by CONAMAS's resolution n° 357/05, in special the DBO's parameters and term coliforms tolerant, that show in 3 samples, values a lot of above of the maximum permitted value.

Palavras-Chave – qualidade da água, parâmetros de qualidade, CONAMA 357/05

1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe: Rua Guarapari, 54, Bairro Farolândia, Aracaju/SE; Tel.: (79) 3243-1939; E-mail: markikuchi@gmail.com

2) Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe: E-mail: lumendon@uol.com.br

3) Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe: E-mail: ludmilsonmendes@yahoo.com.br

1 – INTRODUÇÃO

O aumento da população, aliado com a crescente urbanização, faz com que o consumo de água seja crescente, tornando cada vez mais escassa a quantidade de água para utilização e, com isso, devido à diminuição de volume dos aquíferos, a qualidade dessa água tende a deteriorar sua qualidade com maior velocidade.

Segundo Souza (2003), os rios e estuários constituem parte fundamental nos processos de disposição dos resíduos gerados pela atividade humana. Consequentemente, pode ser de grande importância o conhecimento antecipado dos tipos e magnitudes de danos que podem ocorrer em determinados locais em função do despejo de cargas poluidoras nestes ambientes aquáticos.

Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. A qualidade da água é um termo usado para identificar as características desejadas de acordo com seus múltiplos usos (BARRETO *et al*, 2013). Segundo Silva *et al.* (2010), a utilização incorreta e não sustentada que conduz à deterioração dos recursos hídricos ocasionam diversos impactos, com destaque para a contaminação de populações dependentes da pesca, modificação da qualidade e quantidade da água destinada ao abastecimento dos ecossistemas naturais e artificiais, alterações dos padrões de vazão devido a assoreamento, modificação da geomorfologia fluvial e a destruição de áreas de recarga de aquíferos e de habitats marginais.

Rebouças (2005) diz que no Brasil os potenciais de água doce são extremamente favoráveis para os diversos usos, no entanto, as características de recurso natural renovável têm sido drasticamente afetadas em várias regiões do país. No entanto, os processos de urbanização, industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Para evitar a degradação contínua das águas, vê-se necessário um programa de análise contínuo das águas, com a finalidade de monitorar continuamente os recursos hídricos, servindo de instrumento essencial para se acompanhar as características atuais dos rios analisados. Por isso foi desenvolvido o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que tem como base de cálculo nove variáveis de fácil medição e que são consideradas relevantes para a avaliação da qualidade de um corpo d'água no qual se tem como objetivo principal, sua utilização para abastecimento público.

2 – OBJETIVOS

Este artigo visa a verificação da qualidade das águas do rio do Sal, afluente pertencente à bacia hidrográfica do rio Sergipe, através do Índice de Qualidade de Água (IQA), a fim de observar o impacto que a urbanização ocasionou na qualidade de suas águas.

3 – ÁREA DE ESTUDO

O rio do Sal é um afluente que pertence à bacia do rio Sergipe, localizado na sua margem direita, com uma distância de aproximadamente 10.000 metros da foz do Rio Sergipe. O rio em estudo banha os municípios de Aracaju e de Nossa Senhora do Socorro, ambos situados na mesorregião do leste sergipano e que ocupam uma área de aproximadamente 332 km² do território sergipano (Souza, 2003).

O processo de crescimento populacional desordenado ocorrido ao longo dos anos, como construção irregular ao longo da margem do rio, vem contribuindo para a mudança das características da qualidade da água do Rio do Sal.

O Rio do Sal, em sua área no município de Aracaju, tem na sua margem esquerda a periferia da região Norte, onde se encontram os bairros Porto Dantas, Lamarão e Soledade. Já em seus canais da margem direita, são localizados os bairros Santos Dumont e Bairro Bugio. Já na área do município de Nossa Senhora do Socorro, na margem esquerda, localizam-se os bairros João Alves Filho, Marcos Freire I, Marcos Freire II e o Loteamento São Braz.

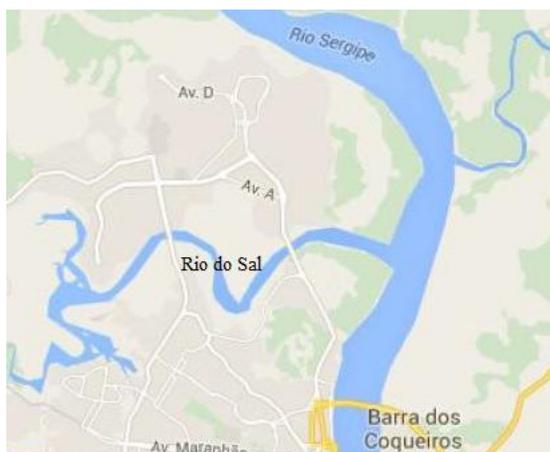


Figura 1 – Localização do rio do Sal e do rio Sergipe. Fonte: Google Maps.

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) define nove classes para enquadrar as águas doces, salobras e salinas, de acordo com o uso preponderante a que as águas se destinam.

De acordo com Souza (2003), o rio do Sal está enquadrado na Classe 3. Apesar da água deste rio ser classificada como água doce, suas características ao longo do seu curso são bruscamente alteradas, isto acontece devido à baixa vazão do rio com relação ao fluxo das marés que deságuam em seu corpo, tornando-se, desta forma, um rio com alta concentração de cloreto de sódio, ou seja, um rio de água salgada.

Na sub-bacia do rio do Sal, os manguezais ocupam uma posição de destaque na área estuarina, onde há diluição das águas do rio com as do mar. Neste ambiente mixohalino, o solo

lamacento, encharcado e úmido é rico em matéria orgânica e pobre em oxigênio. Esta vegetação é de suma importância porque funciona como um filtro de poluentes, equilibrando o ambiente, além de servir como abrigo para várias formas de vidas aquáticas e terrestres (Moura et al., 2010).



Figura 2 – Ocupação urbana nas margens do rio do Sal. Fonte: Google Maps.

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Entre 2011 a 2015, o rio do Sal foi monitorado em quatro pontos diferentes ao longo do seu percurso pelo órgão ambiental do Estado. A localização dos pontos encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1: Ponto e localização dos pontos de coletas

Ponto	Localização
S02001R	Rio do Sal, na Travessa Ana Cecília no Conjunto Bugio em Aracaju.
S02002R	Rio do Sal, na Ponte que dá acesso ao Conjunto João Alves no Bairro Lamarão em Aracaju.
Ponto 01	Rio do Sal, próximo ao Porto dos Barcos no Conjunto Bugio.
Ponto 02	Rio do Sal, nas proximidades da Ponte que dá acesso ao Conjunto João Alves em Nossa Senhora do Socorro e o Bairro Lamarão em Aracaju.

Fonte: Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA)

No ano de 2011 foram realizadas apenas duas coletas nos pontos S02001R e S02002R. Já nos anos 2013, 2014 e 2015, ocorreram, em cada ano, duas coletas de água em cada ponto de monitoramento: o ponto 01 (Situado no rio do Sal, próximo ao porto dos Barcos no conjunto Bugio) e no ponto 02 (Situado no rio do Sal, nas proximidades da ponte que dá acesso ao conjunto João Alves em Nossa Senhora do Socorro). Os resultados obtidos da análise da qualidade de água nas campanhas de 2011 a 2015 podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Qualidade do Rio do Sal

Parâmetro	Resultados obtidos de 2011 a 2015									
	2011				2013		2014		2015	
Data	27/04/2011		03/08/2011		31/10/2013		23/07/2014		23/04/2015	
Ponto de coleta	S02001R	S02002R	S02001R	S02002R	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 01	Ponto 02
Hora da coleta (h)	11:40	12:00	11:02	10:35	09:30	09:52	10:09	10:32	09:54	10:23
Nº da amostra	651	652	1.176	1.176	1.764	1.765	1.226	1.227	633	634
Nº de análise	651	652	1.176	1.176	1.764	1.765	1.226	1.227	633	634
Temperatura da água (°C)	30	30	26	27	28	24	27	28	31	31
Temperatura do ar (°C)	31	31	30	30	31	32	28	30	32	31
Chuvas nas últimas 24h	Amena	Amena	Isenta	Isenta	Ausentes	Ausentes	Amenas	Amenas	Ausente	Ausente
pH	6,96	7,15	7,39	7,02	7,2	7,8	7,1	7,9	7,0	7,1
Turbidez (NTU)	10,31	9,27	25,1	22,4	17,2	11,2	25,1	19,1	-	-
OD (mg/L)	0,0	3,0	5,3	1,4	5,8	8,0	3,2	4,5	4,0	4,6
DBO (mg/L)	12,0	7,0	5,1	40,2	2,7	1,0	40,6	8,7	54,7	14,8
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,016	0,024	0,10	1,44	0,44	0,11	1,41	0,30	2,71	0,07
Fósforo Total (mg/L)	0,18	0,17	0,17	0,68	0,69	0,05	1,96	0,18	1,28	0,17
Salinidade (ppmNaCl)	18.530	18.660	14.220	6.650	3.700	4.050	2.130	2.590	749,0	797,0
Resíduo Total (mg/L)	4.023	26.495	17.745	7.410	-	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	23.000	5.000	69.000	800.000	80.000	17.200	210.000	70.000	1.800.000	2.000

Fonte: Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA)

Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas, os indicadores da qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela National Sanitation Foundation (NSF) nos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água (IQA). Com isso nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações (MMA, 2005).

Conforme a Tabela 2, para cada parâmetro o Ministério do Meio Ambiente atribuiu um peso, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

Tabela 2: Peso dos Parâmetros para o cálculo do IQA.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Variação na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

Fonte: MMA (2005).

Com os pesos dos parâmetros, o IQA pode ser calculado, utilizando o produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, segundo a equação 1:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

- IQA: Índice de Qualidade de Água, número de 0 a 100;
- q_i : qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;
- w_i : peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na análise da qualidade, com variação de 0 a 1.

O resultado do IQA é comparado com uma tabela de qualidade, a fim de observar a interferência da qualidade da água por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos. As variações de faixa podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Variação do IQA em função da qualidade da água.

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: MMA (2005).

Entre os anos de 2013 a 2015, não foi realizada a medição do parâmetro de Resíduo Total. A fim de poder ser feita a análise da qualidade de água, sem perder a qualidade da análise, foi realizado um estudo de três possíveis cenários de Resíduo Total para que fosse possível o cálculo do IQA do rio do Sal sem perda de confiabilidade do resultado. Os cenários escolhidos para a análise foram: cenário pessimista, cenário mediano e cenário otimista. Em cada cenário os valores das variáveis serão distintos. No cenário positivo, foi considerado o melhor valor do parâmetro em relação ao CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005); já no cenário negativo, a consideração se deu pela pior representação de valor referente ao parâmetro e, por fim, o cenário mediano, que será composto pela média aritmética dos valores obtidos nas coletas.

Cada cenário é constituído de um valor de Resíduo Total do ano de 2011, de acordo com o seu valor, poderá ser classificado em cada um dos cenários apresentados de acordo com o Quadro 2

Quadro 2:Relação de cenários e valores de Resíduo Total correspondente

Tipo de Cenário	Resíduo Total (mg/L)	Turbidez (NTU)
Cenário Otimista	4023	9,27
Cenário Mediano	13918	17,46
Cenário Pessimista	26495	25,1

Para a demonstração dos cenários, foi escolhida a coleta do ponto 1 do ano de 2013. Na análise do IQA, foi utilizado o valor do Resíduo Total e de turbidez de acordo com a característica de cada cenário, com o intuito realizar uma comparação dos resultados a fim de demonstrar o comportamento dos resultados de IQA de acordo com a variação de valores dos cenários. Os resultados foram apresentados na Figura 3.

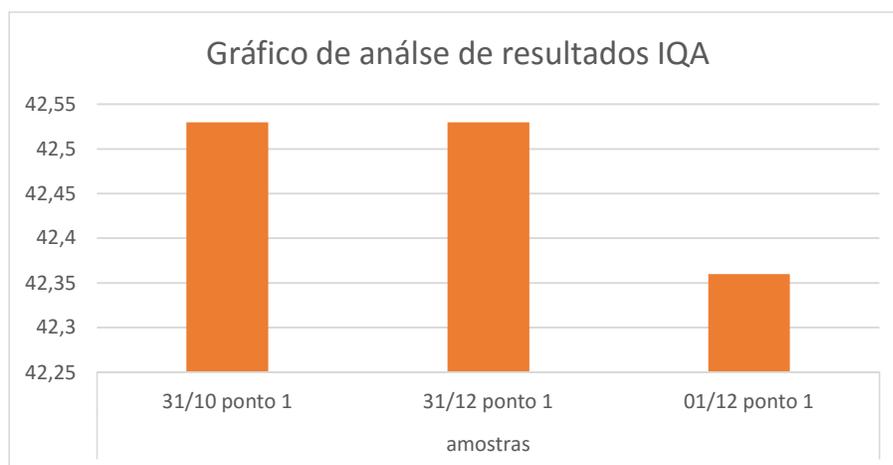


Figura 3 – Análise dos cenários

A variação do IQA do cenário pessimista em relação ao valor do IQA do cenário otimista foi de 0,4%. A variação encontrada foi extremamente baixa para o ponto 01, justificando assim, a utilização dos valores de Resíduo Total e de turbidez referentes aos possíveis cenários para a análise do IQA do rio do Sal, sem que ocorra a perda de qualidade das análises devido à falta de um parâmetro

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises anuais dos anos 2011, 2013, 2014 e 2015 utilizam o software IQA Data (POSSET,2005), calibrado para os parâmetros bases do Sistema de Cálculo da Qualidade de Água (SQCA) e utilizando o cenário pessimista estão apresentados na Figura 4.

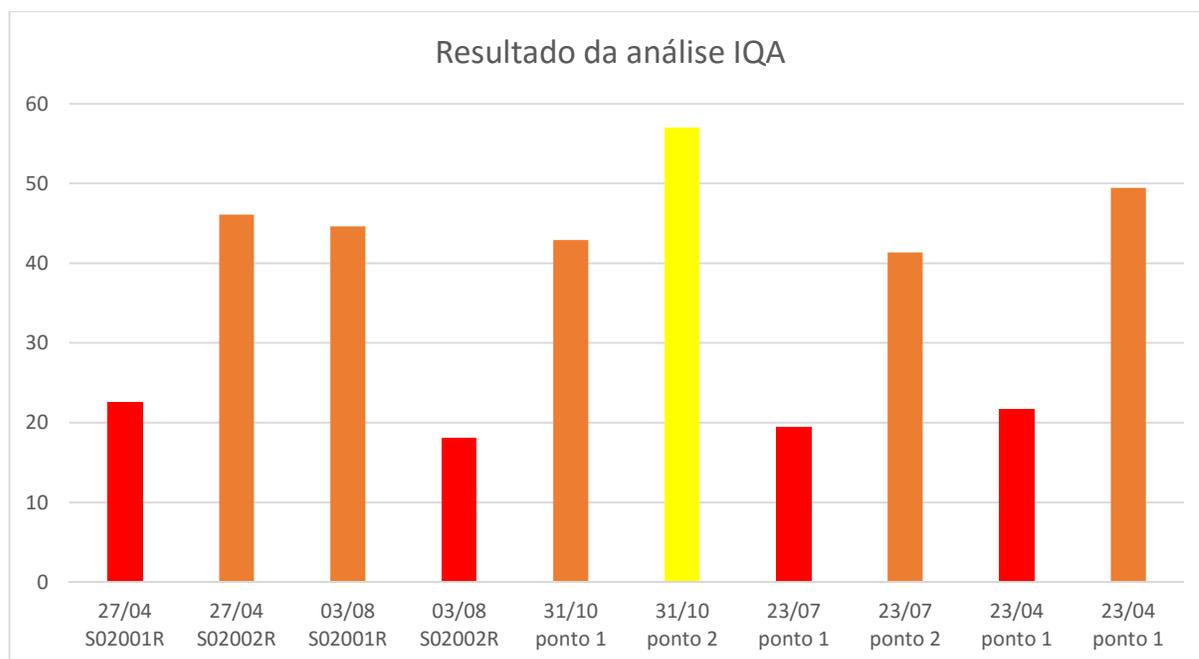


Figura 4: Índice de Qualidade da Água do rio do Sal

O índice de qualidade das águas tem como objetivo primordial traduzir através dos parâmetros de qualidade de um determinado corpo hídrico analisado em um número inteiro que equivale à classificação deste em relação aos valores pesos dos parâmetros a serem analisados de acordo com o IQA. Essa classificação visa facilitar a comunicação e demonstração da qualidade da água do corpo hídrico para um público que não possui conhecimento técnico aprofundado.

Os resultados de IQA, apresentados na Figura 4, mostram predominância da classificação ruim, enquadrando-se entre 25 e 50 e a classificação muito ruim, que vai de 0 a 25. Apenas um ponto apresentou classificação regular. Dessa forma, através do resultado do IQA, indica que a qualidade da água bruta nos pontos onde ocorreram as coletas apresentou características não apropriadas para o consumo humano.

Analisando separadamente os comportamentos dos parâmetros envolvidos no IQA, foi possível observar que apenas os parâmetros pH e turbidez obedeceram em todas as amostras coletadas os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Os demais parâmetros analisados sempre excederam os valores máximos estabelecidos.

A eutrofização consiste no aumento excessivo de nutrientes na água, podendo ser causada por drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros (BARRETO *et al*, 2013). Tal processo acontece principalmente em lagos e represas, embora possa ocorrer mais raramente em rios, uma vez que as condições ambientais destes são mais desfavoráveis para o crescimento de algas. Segundo Von Sperling e Barros (2007), o fósforo naturalmente é escasso, embora várias atividades humanas

conduzam ao aporte de fósforo nas águas naturais. A drenagem pluvial de áreas agricultáveis e as cargas veiculadas pelos esgotos (atividades fisiológicas e detergentes) podem contribuir para uma elevação dos teores de fósforo no meio aquático.

De acordo com a análise das coletas, o alto teor de Fósforo Total em todas as amostras ultrapassou o limite máximo estabelecido pela CONAMA 357 (BRASIL,2005). Estas concentrações elevadas de fósforo total podem ser fator decisivo para uma possível eutrofização em determinadas partes do rio do Sal.

Das dez coletas feitas no rio do Sal, a DBO estava acima do permitido pela resolução CONAMA 357 em cinco. No ponto de coleta S02002R9, obteve-se DBO de 40,2 mg/L; no PONTO 01, obteve-se 40,6 mg/L; e, por fim, no PONTO 01, 54,7 mg/L. Esses valores indicam um possível aumento do despejo de esgoto sem tratamento no rio do Sal, nos períodos em que foram realizadas as coletas.

Das 10 amostras coletadas, apenas duas estavam de acordo com o CONAMA 357 em relação à quantidade de coliformes termotolerantes. Em três pontos de coletas (os mesmos em que foram observados um alto valor de DBO), foram observados valores muito acima do máximo permitido pela CONAMA. No ponto de coleta S02002R9, o índice de coliformes termotolerantes foi de 800.000/100 mL; no ponto de coleta PONTO 01, foi de 210.000/100 mL e, por fim, no ponto 01, foi de 1.800.000/100mL. Com esses altos valores de coliformes termotolerantes, pode-se inferir que havia despejos de esgoto doméstico nos períodos em que se ocorreu a coleta de amostra nos pontos em estudo.

6 – CONCLUSÃO

Destarte a qualidade da água bruta nos pontos de coleta durante o período monitorado, foi classificada como ruim ou muito ruim para consumo humano.

Com base nos dados, pode-se observar que o Rio do Sal se encontra com um alto nível de poluição, possivelmente proveniente de lançamentos de despejos domésticos e industriais. Medidas de caráter de prevenção e de correção devem ser aplicadas ao longo de sua extensão, para que ocorra uma melhora da qualidade da sua água, de modo a diminuir os danos ambientais e possíveis problemas à saúde da população que faz uso de suas águas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO, L. V. et al. *Eutrofização em rios brasileiros*. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16; p. 2165, 2013

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Legislação Federal sobre Classificação das Águas (potabilidade/ Balneabilidade) e Poluição das Águas. Resolução CONAMA n° 357. Brasília, 2005

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Legislação Federal sobre Classificação das Águas (potabilidade/ Balneabilidade) e Poluição das Águas. Resolução CONAMA n° 274/2000. Brasília, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes para o seu Enquadramento bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes e Dá Outras Providências*. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa Nacional Do Meio Ambiente – PNMA II: Subcomponente Monitoramento Da Qualidade Da Água*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. Belo Horizonte, 2005.

MOURA, Ana Sheila Alves, et al. *Problemas Ambientais Do Sal (Se) Decorrente Da Ação Antropogênica*. São Cristóvão, 2010.

POSSET, E. L., Costa, A. B. Software IQA. Data 2010. Registro no INPI n° 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010. Disponível em: <http://www.unisc.br/ppgspi>

REBOUÇAS, A. C. Panorama da água doce no Brasil, 1997, p 59-107, apud CABRAL, Adriana Rodrigues; DANIEL, Mariely Helena Barbosa. *A Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano (Vigiagua) E Os Objetivos Do Desenvolvimento Do Milênio (Odm)*. São Paulo, 2005.

SILVA, Erico Fernando Lopes Pereira-, et al. *Avaliação Da Qualidade Da Água Em Microbacias Hidrográficas De Unidade De Conservação Do Nordeste Do Estado De São Paulo Brasil.*, 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1758>.

SOUZA, Roberto Rodrigues de. *Construção De Modelo Empírico Para Monitoramento De Recursos Hídricos: Rio Do Sal/Sergipe*. São Cristóvão, 2003.