

Eixo Temático ET-05-013 - Recursos Hídricos

ESTADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS RESERVATÓRIOS EM UMA REGIÃO DE CLIMA SEMIÁRIDO TROPICAL

Matheus Magalhães Silva Moura¹, Helba Araújo de Queiroz Palácio²,
Marcos Makeison Moreira de Sousa³, José Ribeiro de Araújo Neto⁴, Diego Pereira Araújo⁵

¹Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu – Ceará, E-mail: matheusmsm@hotmail.com.br;

²Doutora em Engenharia Agrícola, Professora do IFCE, Iguatu – Ceará;

³Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu – Ceará;

⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – Ceará;

⁵Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu – Ceará.

RESUMO:

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais em regiões de clima semiárido são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas. Objetivou-se neste trabalho analisar a qualidade de água dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, através do Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB), e os parâmetros de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução N° 357/2005 do CONAMA. O estudo realizado está localizado na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, Brasil. Os reservatórios que deram suporte para esta pesquisa foram: Arneiroz II, Benguê, Brocô, Do Coronel, Favelas, Forquilhas II, Orós, Pau Preto, Trici e Trussu. Os dados das concentrações químicas das águas dos reservatórios para o período de 2001/2015, num total de 750 amostras utilizados no presente estudo, foram provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Os atributos físicos, químicos e biológicos foram analisados baseando-se nos atributos indicadores de qualidade da água sugeridos pela National Sanitation Foundation (NSF), ou seja: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (CTT), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez e sólidos totais (ST). Para determinar o índice de qualidade das águas (IQA) nos reservatórios, foi aplicada a metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). A qualidade das águas brutas dos reservatórios estudados da sub-bacia do Alto Jaguaribe, foram classificadas como boa qualidade conforme o IQA-CETESB, indicando que podem ser utilizadas para o abastecimento público após tratamento adequado.

Palavras-chave: IQA; Multivariada; Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro encontra-se em uma região de clima semiárido, caracterizada principalmente por apresentar índices pluviométricos baixos, irregulares e mal distribuídos ao longo do ano, e ainda altas taxas de evaporação (ARAÚJO et al., 2015). Por causa da baixa confiabilidade da disponibilidade natural de água e a alta demanda exigida, historicamente, autoridades lidaram com o problema através da construção de barragens, uma política que começou no século XIX e ainda está sendo praticada (MALVEIRA et al., 2011).

Estes reservatórios são destinados para os usos múltiplos, entre eles o consumo humano, a dessedentação animal, a irrigação e a piscicultura, sendo elementos fundamentais do desenvolvimento econômico e social da região (LIMA et al., 2012). O crescimento populacional e o uso e ocupação do solo de forma desordenada limita a disponibilidade de água para usos múltiplos (VIALLE et al., 2011). Esse fato é mais agravante em regiões secas onde a limitação da disponibilidade hídrica é um processo natural. Segundo Andrade e Nunes (2014), a

sobrevivência da população no semiárido e o seu potencial de produção vinculam-se diretamente à disponibilidade hídrica.

O monitoramento de águas superficiais e subterrâneas pode ser definido como a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, de forma contínua ou periódica (CONAMA, 2005) sendo um fator primordial para a adequada gestão dos recursos hídricos, já que permite a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas (ANA, 2017). De acordo com Araújo Neto et al. (2014), para se acompanhar a qualidade das águas é necessário o monitoramento, através de métodos simples, objetivos e interpretáveis que utilizem características peculiares de cada corpo hídrico.

A determinação de índices de qualidade da água facilita este entendimento, pois permite a agregação das muitas variáveis em um determinado valor numérico, o qual informa a classe qualitativa que está enquadrado o corpo hídrico para determinada finalidade (Zamberlan et al., 2013). A avaliação da qualidade da água através de índices é vantajosa em função de ser facilmente assimilável, Araújo Neto et al. (2014), além de serem importantes na proteção dos recursos hídricos superficiais que são de interesse para as autoridades e decisões políticas (Misaghi et al., 2017).

Em 1970 foi realizado um estudo pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, a partir do qual a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA-CETESB, um índice composto por nove parâmetros com objetivo de avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2016). A resolução normativa nº 357/2005 do CONAMA estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional em treze classes, segundo a sua utilização, definindo os parâmetros de qualidade a serem atendidos para cada classe.

Portanto, objetivou-se neste trabalho analisar a qualidade de água dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, através do Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB), e os parâmetros de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução Nº 357/2005 do CONAMA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo realizado está localizado na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, entre as latitudes 5° 54' 55" e 7° 04' 50" S e as longitudes 38° 55' 22" e 40° 24' 47" W (Tabela 1). Os 10 reservatórios que deram suporte para esta pesquisa foram: Arneiroz II, Benguê, Brocô, Do Coronel, Favelas, Forquilha II, Orós, Pau Preto, Trici e Trussu (Figura 1).

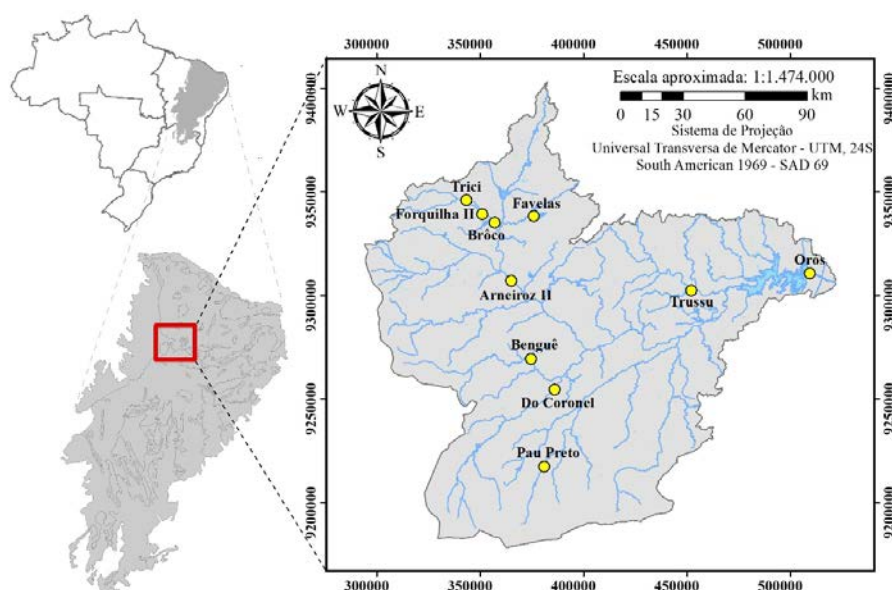


Figura 1. Localização dos reservatórios na sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará

O clima da região é do tipo BSh' (semiárido quente), de acordo com a classificação climática de Köppen. A evapotranspiração potencial da região oscila entre 1.500 e 2.000 mm ano⁻¹ e as temperaturas médias anuais registram valores de 23 a 27 °C. A umidade relativa média é de 50% e o período de insolação chega a 2.800 h ano⁻¹ (ARAÚJO NETO et al., 2014). A precipitação pluviométrica na região varia entre 549,6 a 1009,2 mm ano⁻¹ de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) entre os anos de 1974 a 2015 (Tabela 1). O Alto Jaguaribe é composto por 24 municípios com aproximadamente meio milhão de habitantes. Sua área de influência se estende por mais de 24.000 km², caracterizado por uma ampla distribuição de reservatórios, variando de 2.500 m³ para 2 bilhões de m³ de capacidade (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos reservatórios estudados na sub-bacia do Alto Jaguaribe.

Reservatório	Capacidade (hm ³)	Precipitação média anual (mm)	Município	Localização (UTM)	
				Longitude	Latitude
Arneiroz II	187,7	634,8	Arneiroz	360907,75	9310390,26
Benguê	18,0	577,2	Aiuaba	376499,79	9273182,29
Brôco	8,4	549,6	Tauá	353421,47	9336006,57
Do Coronel	1,7	549,6	Antonina do Norte	385881,01	9252598,83
Favelas	30,1	549,6	Tauá	375680,88	9338476,01
Forquilha II	3,4	549,6	Tauá	345101,57	9342929,58
Orós	1940,0	800,4	Orós	508241,81	9310502,77
Pau Preto	1,9	702,0	Potengi	380205,59	9217148,82
Trici	16,5	549,6	Tauá	343379,66	9345953,22
Trussu	268,8	1009,2	Iguatu	452107,66	9302836,62

Os dados das concentrações químicas das águas dos reservatórios para o período de 2001/2015, num total de 750 amostras utilizados no presente estudo, foram provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) disponibilizados ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado do Ceará, *campus* Iguatu. Os atributos físicos, químicos e biológicos foram analisados de acordo com American Public Health Association (2005), baseando-se nos atributos indicadores de qualidade da água sugeridos pela National Sanitation Foundation (NSF), ou seja: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (CTT), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez e sólidos totais (ST).

Para determinar o índice de qualidade das águas (IQA) nos reservatórios, foi aplicada a metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com base na National Sanitation Foundation – NSF. O IQA-CETESB é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice. A seguinte equação é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Eq.(1)}$$

Em que:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100 (Tabela 2);

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade (Tabela 3), sendo que (Equação 2):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Eq.(2)

Em que:

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Tabela 2. Categorias de classificação do IQA.

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (2016).

Tabela 3. Parâmetros e pesos relativos do IQA.

Parâmetros	Unidade	Peso (wi)
OD	% saturação	0,17
CTT	NMP 100 mL ⁻¹	0,15
pH	-	0,12
DBO ^{5,20}	mg.L ⁻¹	0,10
Nitrogênio total	mgN.L ⁻¹	0,10
Fósforo total	mgPO ₄ .L ⁻¹	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Sólidos totais	mg.L ⁻¹	0,08

Fonte: CETESB (2016).

De posse dos resultados, foi gerado um mapa de espacialização para valores de IQA dos reservatórios pelo *software* ArcGIS 10.1, empregando o método da Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW).

Empregou-se a técnica estatística multivariada, através da análise de agrupamento hierárquico (AAH), para formação de grupos de similaridade entre os reservatórios, quanto as médias dos parâmetros utilizados, processada no *software* SPSS 20.0. Como as variáveis classificatórias adotadas neste estudo são reais e, portanto, são mensuradas em uma escala de intervalo, foi adotada a combinação da distância Euclidiana ao quadrado para a formação da matriz de similaridade e o algoritmo do método de ligação Ward (método da variância mínima).

Para avaliação dos dados médios dos grupos formados pela AAH, aplicou-se o teste de média não-paramétrico pelo método de Kruskal Wallis a nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando o programa SPSS 20.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se no dendrograma (Figura 2) a similaridade das águas superficiais dos reservatórios definidos pela análise de agrupamento hierárquico (AAH) dos reservatórios pelos atributos indicadores de qualidade de água (OD, CTT, pH, DBO, nitrato, fósforo total, temperatura, turbidez e sólidos totais). Observa-se que há presença de 3 grupos, formado a partir

do ponto de corte, definido pelo segundo maior salto da distância reescalada, assim efetuou-se, ponto de corte no valor 12,5 da distância reescalada.

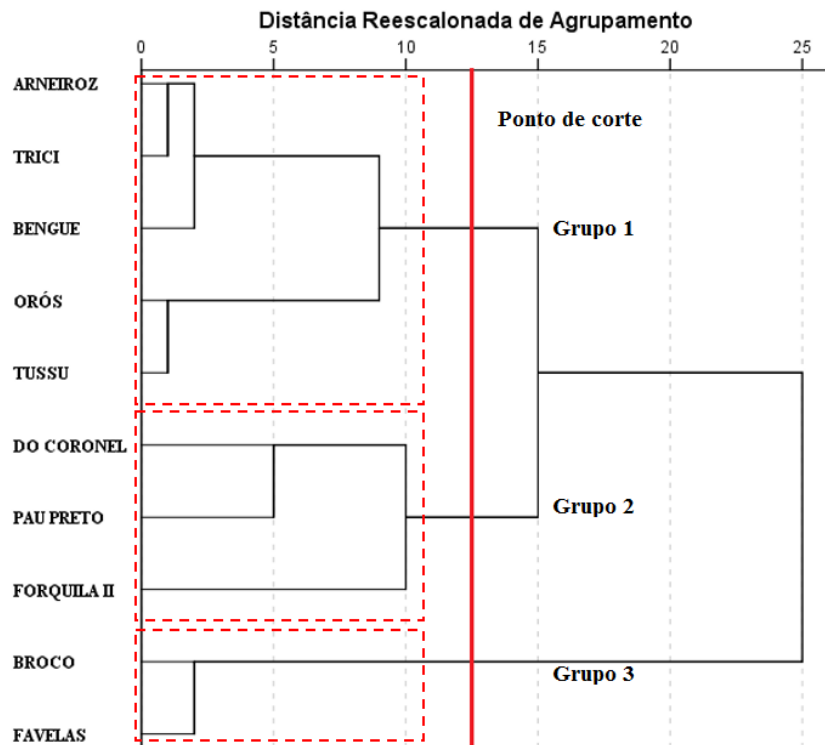


Figura 2. Dendrograma da AAH quanto à similaridade entre os reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará

A partir da análise das variáveis, para o oxigênio dissolvido (OD) os grupos 1 e 2, os valores médios são 6,20 e 6,59 mg L⁻¹, respectivamente, classificadas como águas doces de Classe 1, que define como limite o OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg L⁻¹ conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005. O grupo 3 apresentou OD médio de 5,77 mg L⁻¹, classificado como Classe II (não inferior a 5 mg L⁻¹), assim como valores mínimos apresentados em algumas amostras nos grupos 1 e 2. Assim, sabendo-se que a medida de OD deve sempre estar associada à temperatura, Vieira (2017), podemos considerar que os valores são representativos, uma vez que a temperatura, para os três grupos permaneceram em um percentual admissível.

As temperaturas para os três grupos apresentaram alta homogeneidade, seus valores médios variaram de 27,16 e 27,67 °C (Tabela 4), não diferindo estatisticamente, além da baixa variabilidade nos valores de temperatura. Desta forma, os valores de temperatura corroboram com os valores das demais variáveis, uma vez que essa, é um fator que influencia em praticamente todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água, principalmente parâmetros como o pH, condutividade elétrica, OD e DBO, de acordo com Vieira (2017). Para os valores das amostras do pH em todos grupos não diferiram estatisticamente (Tabela 4), com valores entre 8,0 e 8,6 não ultrapassando os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 (pH entre 6,0 e 9,0). Porém, as águas tiveram valores ligeiramente alcalinas, conforme Ceará (2009), a sub-bacia do Alto Jaguaribe é constituída de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, representado por gnaisses e migmatitos diversos, quartzitos e metacalcários, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica. Segundo Ferreira et al. (2015) os metacalcários liberam carbonatos, conferindo uma condição alcalina aos reservatórios. Além disso, pode-se

concluir que o pH não sofreu influência das outras variáveis físicas, químicas ou climáticas nos reservatórios.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros em estudo para os grupos definidos pela AAH dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe.

Grupos	Estatística	Temperatura (°C)	pH	OD (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	Nitrogênio Total (mg L ⁻¹)
1	Média ± D.	27,67 ±	8,17 ±	6,20 ±		1,59 ±
	P.	1,15	0,13	0,36	8,41 ± 3,25	0,57
	Mínimo	26,63	8,03	5,65	3,20	0,88
	Máximo	29,02	8,28	6,55	11,41	2,10
2	Média ± D.	27,16 ±	8,28 ±	6,59 ±	18,04 ±	1,10 ±
	P.	1,23	0,11	1,25	3,74	0,90
	Mínimo	26,28	8,18	5,17	13,75	0,12
	Máximo	28,57	8,39	7,53	20,67	1,90
3	Média ± D.	27,28 ±	8,58 ±	5,77 ±	12,09 ±	2,42 ±
	P.	0,18	0,09	0,15	3,40	0,32
	Mínimo	27,15	8,52	5,66	9,69	2,20
	Máximo	27,41	8,65	5,88	14,49	2,64

*D.P: Desvio Padrão; *Médias seguidas de letra minúscula diferente diferem entre si na coluna pelo teste de Kruskal Wallis ao nível de 5% de significância.

As cargas atribuídas ao DBO nos grupos 2 e 3 foram superiores ao limite da Classes III, com DBO 5 dias a 20 °C > 10 mg L⁻¹ O₂, somente as águas do grupo 1 (Tabela 4) seguem o padrão das águas doces da Classe III de acordo a Resolução do CONAMA nº 357/2005. Essas alterações podem ter sido provocadas predominantemente por despejos de origem orgânica (CETESB, 2016) fazendo com que ocorra fertilização da água, com proliferação de organismos aeróbios, que consomem também o oxigênio dissolvido. Segundo Lucas et al. (2014), a contaminação dos recursos hídricos é causada por diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola, que comprometem o uso dessas águas. Para Zamberlan et al. (2013), a ocupação urbana e a agricultura são usos que interferem de maneira direta na qualidade da água, principalmente devido ao deflúvio superficial.

Para os valores de nitrogênio total houveram diferenças estatísticas, o grupo 3 apresentou o maior valor médio (2,42 mg L⁻¹). No entanto, todos os grupos ultrapassaram o valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1,0 mg L⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5) para as águas doces da Classe 1. A respeito do fósforo total, o grupo 3 (Brôco e Favelas) apresentou a menor média, 0,14 mg L⁻¹, enquanto os grupos 1 e 2 obtiveram 0,26 e 0,34 mg L⁻¹ (Tabela 5), respectivamente. Conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005 ultrapassaram limite estabelecido para as águas doces de Classe 1 (0,02 mg L⁻¹) O processo de eutrofização acelerado em reservatórios e lagos, sofre influência direta com o aumento do uso de fertilizantes em áreas agrícolas situadas nas bacias hidrográficas, além do aumento da população humana e o elevado grau de urbanização das cidades, contribuindo com o aporte de nutrientes, fósforo e nitrogênio, e matéria orgânica. Entender o funcionamento de lagos e reservatórios significa entender o comportamento de suas atividades físicas, químicas e biológicas, bem como, compreender os processos que governam o desenvolvimento dessas atividades, de modo a permitir a avaliação precisa nos parâmetros que determinam os aspectos da qualidade da água dos mesmos (RIBEIRO, 2007).

Tabela 5. Valores médios dos parâmetros em estudo para os grupos definidos pela AAH dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe.

Grupos	Estatística	Fósforo Total (mg L ⁻¹)	CTT (NPM/100ml)	Turbidez (UNT)	Resíduo Total (mg L ⁻¹)				
1	Média ± D.	0,26 ±							
	P.	0,07	ab	26,76 ± 20,26	ab	10,61 ± 6,51	a	263,87 ± 83,76	a
	Mínimo	0,18		6,53		1,40		189,03	
	Máximo	0,35		56,80		16,65		373,71	
2	Média ± D.	0,34 ±						406,56 ±	
	P.	0,06	b	103,29 ± 22,84	b	15,42 ± 10,01	a	113,93	ab
	Mínimo	0,27		82,00		9,38		303,12	
	Máximo	0,38		127,41		26,98		528,67	
3	Média ± D.	0,14 ±							
	P.	0,02	a	13,23 ± 7,88	a	31,84 ± 15,65	a	938,68 ± 62,09	b
	Mínimo	0,13		7,65		20,78		894,78	
	Máximo	0,15		18,80		42,91		982,58	

*D.P: Desvio Padrão; *Médias seguidas de letra minúscula diferente diferem entre si na coluna pelo teste de Kruskal Wallis ao nível de 5% de significância.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005, para o parâmetro coliformes termotolerantes (CTT), os usos de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 NPM/100ml. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. No grupo 2 a média foi de 103,3 NPM/100ml, já os grupos 1 e 3 foram de 26,6 e 27,3 NPM/100ml, respectivamente, grupos que diferiram estatisticamente, esta diferença pode ser explicada pelo o fato de que os reservatórios deste grupo 2 estarem recebendo maiores níveis, no entanto, as águas superficiais dos reservatórios avaliados na sub-bacia do Alto Jaguaribe, são águas sem restrições para os diversos usos com valores inferiores à 200 NPM/100ml.

Os reservatórios Brôco e Favelas (Grupo 3) apresentaram maiores valores médios de turbidez e resíduo total, 31,8 UNT e 938,6 mg L⁻¹, respectivamente. Para a turbidez, os valores obtidos em todos os grupos (Tabela 5) são aceitáveis levando em consideração a Resolução do CONAMA nº 357/2005, os valores toleráveis devem ser inferiores a 40 UNT para as águas doces de Classe 1. Porém, os grupos diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade no parâmetro resíduo total (sólidos dissolvidos totais), sendo o grupo 3 com a maior média 938,7 mg L⁻¹, enquanto os grupos 1 e 2, com valores médios nas amostras de 263,8 e 406,5 mg L⁻¹, inferiores ao valor máximo permitido (500 mg L⁻¹), conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005.

Segundo o IBGE (2008), dos 24 municípios que compõe a sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, apenas 11 municípios possuem tratamentos dos efluentes domésticos, sendo que representa apenas 11% dos esgotos domésticos com tratamento. Para Massoud (2012), a qualidade das águas reflete os efeitos agregados de vários processos ao longo do caminho percorrido pela mesma e é influenciada pelas características da bacia hidrográfica. Elevadas concentrações de resíduo total (Grupo 3), evidenciam a existência da influência de agentes externos, como local da coleta ou provavelmente associado à drenagem terrestre relacionado com o manejo do solo na região estudada (Lucas et al., 2014).

De maneira geral, conforme o índice de qualidade de água proposta pela CETESB (2016), as águas dos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe se enquadraram na classe de boa qualidade (51 < IQA ≤ 79). A figura 3 apresenta o mapa de espacialização dos valores de IQA-CETESB pelo método IDW. Os reservatórios, Orós, Arneiroz II, Bêngue e Trussu apresentaram maiores valores (71 < IQA ≤ 75), abrangendo a região central e leste da bacia,

destes 4 reservatórios, 3 são os maiores em capacidade de volume armazenado, são eles, Orós (1940 hm³), Trussu (268,8 hm³), Arneiroz II (187,7 hm³). Os demais reservatórios, Forquilha II (3,4 hm³) e Do Coronel (1,7 hm³) no intervalo de $51 < IQA \leq 62$, Pau Preto (1,9 hm³), Brôco (8,4 hm³), Favelas (30,1 hm³) e Trici (8,4 hm³) no intervalo de $62 < IQA \leq 71$.

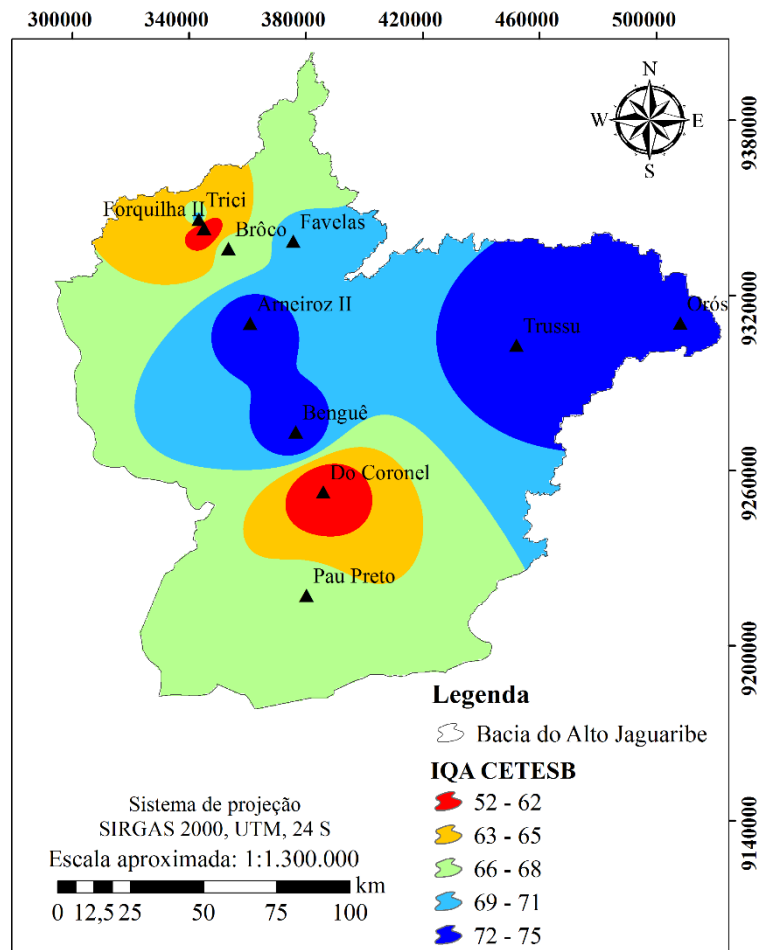


Figura 3. Espacialização do IQA-CETESB nos reservatórios da sub-bacia do Alto Jaguaribe, Ceará, Brasil.

Moura et al. (2017) constataram que durante o período de estudo 2011 a 2015, a partir do ano de 2012 os parâmetros (CE, Cl, Na⁺ e Mg²⁺) das amostras das águas superficiais dos reservatórios localizados na região dos Sertão Central e Inhamuns do Ceará, apresentaram aumento crescente nas concentrações de sais, em razão do baixo regime pluviométrico, no entanto, os reservatórios de menor volume armazenado, apresentaram menor qualidade da água em relação aos maiores reservatórios. Segundo Santi et al. (2012), a variação constatada nas águas superficiais se deve ao fato do poder de autodepuração dos mananciais, ou seja, a capacidade de se recuperar mesmo após receber grandes recargas. Portanto, quanto maior o reservatório em volume armazenado, maior será seu poder de autodepuração.

CONCLUSÕES

A qualidade das águas brutas dos reservatórios estudados da sub-bacia do Alto Jaguaribe, foram classificadas como boa qualidade conforme o IQA-CETESB, indicando que podem ser utilizadas para o abastecimento público após tratamento adequado.

É indispensável a adoção de políticas públicas que visem não somente a qualidade dos mananciais, mas também adotar medidas de preservação dos solos na bacia hidrográfica,

principalmente em regiões de clima semiárido, que são mais vulneráveis as mudanças antrópicas e naturais.

O emprego da técnica estatística multivariada pelo método da análise de agrupamento hierárquico (AAH) é uma ferramenta eficiente para observação da similaridade das águas superficiais dos reservatórios.

A utilização de dados georreferenciados e de ferramentas de geoprocessamento, são ideais para observação espaço-temporal, sendo possível elaborar um gerenciamento dos recursos hídricos em menor tempo, além de serem úteis para as tomadas de decisões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FUNCAP pelo apoio financeiro e pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ANA - Agencia Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas. 2017. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: Water Environment Federation, 2005.

ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; GUERREIRO, M. J. S. PALÁCIO, H. A. Q. Proposta de índice da salinidade das águas superficiais de reservatórios do Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 184-193, 2014.

ARAÚJO, C. B. C.; NETO, S. A. D.; SOUZA FILHO, F. A. Previsão de vazões para o Açude Orós/CE a partir de dados hidrometeorológicos utilizando perceptrons. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 37-46, 2015.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe/Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, **Assembleia Legislativa do Estado do Ceará**. Fortaleza: INESP, 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Publicações e Relatórios. **Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas**. 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões sobre o lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. 23 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015.

IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico. Rio de Janeiro: Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2008. 218p.

LIMA, S. M. S.; BARBOSA, L. G.; CRUZ, P. S.; WANDERLEY, S. L.; CEBALLOS, B. S. O. Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/Paraíba-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 18-25, 2012.

LUCAS, A. A. T.; MOURA, A. S. A.; NETTO, A. O. A.; FACCIOLI, G. G.; SOUSA, I. F. Qualidade da água no Riacho Jacaré, Sergipe Brasil usada para irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 2, p. 98-105, 2014.

MALVEIRA, V. T. C.; ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A. Hydrological impact of a high-density reservoir network in semiarid Northeastern Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 17, n. 1, p. 109-117, 2011.

MASSOUD, M. A. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 7, p. 4151-4160, 2012.

MISAGHI, F.; DELGOSHA, F.; RAZZAGHMANESH, M.; MYERS, B. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. **Science of The Total Environment**, v. 589, p. 107-116, 2017.

MOURA, M. M. S.; PALÁCIO, H. A. Q.; BRASIL, J. B.; RIBEIRO FILHO, J. C.; SANTOS, J. C. N. Variabilidade temporal da salinidade das águas superficiais dos reservatórios na sub-bacia do Alto Jaguaribe. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. Anais do IV Inovagri International Meeting, 2017.

RIBEIRO, I. V. A. S. **Estudo do estado trófico do reservatório Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; MENEZES, R. S.; KEPPELER, E. C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M. C.; MONTRÉJAUD-VIGNOLES, M. Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. **Water Research**, v. 45, n. 12, p. 3765-3775, 2011.

VIEIRA, M. R. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. **Agência Nacional de Águas**. 2017. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ZAMBERLAN, J. F.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; FERRAZ, R. C.; PINTO, L. M. Índices sazonais de qualidade da água de irrigação via análise multivariada na região central do Rio Grande do Sul. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 376-386, 2013.