

**SIMILARIDADE DE EUTROFIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO ALTO JAGUARIBE, CEARÁ**Eldir Bandeira da Silva¹, José Ribeiro de Araújo Neto² & Berthyer Peixoto Lima³

1 - Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando, UFC/Fortaleza, Departamento de Engenharia Agrícola, eldir_2005@hotmail.com

2 - Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Técnico do Laboratório de Solo, Água e Tecido Vegetal – IFCE/Iguatu, Doutorando, UFC/Fortaleza, Departamento de Engenharia Agrícola, juniorifcelabas@gmail.com

3 - Agrônomo, Gerente da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), Doutor, UFC/Fortaleza, Departamento de Engenharia Agrícola

Palavras-chave:

qualidade de água
reservatórios
semiárido

RESUMO

A pressão antrópica sobre os corpos hídricos vêm gerando sérios problemas, desde o assoreamento à eutrofização. Portanto, objetivou-se investigar a similaridade da trofia dos reservatórios da bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, Ceará, por meio da aplicação da Análise de Agrupamento Hierárquico. Foram considerados os atributos Clorofila 'a', Nitrogênio Total, Fósforo Total, e *Razão de Redfield* (N:P), durante o período de 2001 a 2015, em 10 reservatórios (Arneiroz II, Bengué, Broco, Coronel, Favelas, Forquilha II, Orós, Pau Preto, Trici e Trussu), totalizando 600 amostras. Empregou-se a técnica de Estatística Multivariada - Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) para identificação da similaridade da qualidade das águas dos reservatórios investigados. Os resultados mostraram que as águas dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe foram rearranjadas em 4 grupos de acordo com suas similaridades. Os reservatórios da região noroeste e sul da bacia apresentaram as piores classificações, sendo enquadrados como hipereutrófico. Além destes, os reservatórios ao leste e central da bacia foram classificados como eutrófico e supereutrófico. Dentre os reservatórios, o Pau Preto obteve a maior concentração de Clorofila 'a', evidenciando a existência de algas e fitoplâncton nas águas superficiais, e um processo de eutrofização avançado. As águas da bacia do Alto Jaguaribe apresentam um grau de trofia elevado, tendo em vista os indicadores avaliados.

Keywords

quality water
reservoirs
semiarid region

SIMILARITY DURING EUTROPHICATION OF SURFACE WATERS FROM THE ALTO JAGUARIBE BASIN, CEARÁ**ABSTRACT**

Anthropogenic pressure on water bodies has been causing serious problems, such as silting and eutrophication. The objective of this study was to investigate similarities in during eutrophic events in reservoirs of the upper Jaguaribe basin, in the state of Ceará, through the application of Hierarchical Grouping Analysis. The attributes 'Chlorophyll a', Total Nitrogen, Total Phosphorus, and Redfield Reason (N:P) were assessed during the period of 2001 to 2015 in 10 reservoirs (Arneiroz II, Bengué, Broco, Coronel, Favelas, Forquilha II, Orós, Pau Preto, Trici and Trussu), totaling 600 samples. The technique of Multivariate Analysis (MVA) - Hierarchical Cluster Analysis was used to identify the similarity between the water qualities of the reservoirs investigated. Results permitted the water quality of the reservoirs in the Upper Jaguaribe basin to be rearranged in 4 groups according to their similarities. The reservoirs of the northwest and south of the basin presented as worse water quality, being consulted as hypereutrophic. In addition, the east and central reservoirs of the basin were classified as eutrophic and hypereutrophic. Among the reservoirs, Pau Preto obtained the highest concentration of 'a' Chlorophyll, evidencing the existence of algae and phytoplankton in surface waters, and presented an advanced eutrophication process. The water from Alto Jaguaribe presented a high level of eutrophication, in view of the indicators assessed.

INTRODUÇÃO

A sobrevivência do homem depende fundamentalmente da quantidade e qualidade da água (BUENO *et al.*, 2005). Portanto, a análise da qualidade das águas se torna uma ferramenta essencial para uma correta utilização (ELOI; BARRETO, 2011). Estudos atuais estão sendo conduzidos para uma perspectiva quanto aos processos que ocasionam risco de deterioração ao ambiente, visando entender o nível de suporte dos recursos naturais para desenvolverem metodologias sustentáveis de uso e ocupação do solo e qualidade de água (SHRESTHA; KAZAMA, 2007).

Estes processos, atrelados à escassez dos sistemas hídricos como eventos extremos de seca, vem sendo um grande desafio para os gestores desses recursos (KUSANGAYA *et al.*, 2014). Esta peculiaridade, no que se refere a sustentabilidade do solo e da qualidade da água, está sendo constantemente alterada por processos físicos, químicos e biológicos, de origem natural ou antrópica (GIRÃO *et al.*, 2007).

Dentre os processos biológicos, o que vem causando degradação da qualidade dos corpos hídricos no semiárido tropical brasileiro é a eutrofização. Este processo se dá por meio do enriquecimento dos corpos hídricos por nutrientes oriundos de poluições em gerais, aumentando a floração de algas e cianobactérias (SCHINDLER, 2012). Estas são responsáveis por liberarem cianotoxinas que atingem a biota aquática e se acumulam nos tecidos dos peixes, podendo afetar os homens por intermédio da ingestão dessa água ou até mesmo desses animais contaminados, causando problemas como dermatites, intoxicações simples e agudas (CARMICHAEL, 1994).

Além dessas consequências, traz consigo diversos problemas indesejáveis, tais como contaminação da água destinada ao abastecimento público, diminuição do oxigênio dissolvido, maus odores e crescimento de macrófitas (SCHINDLER, 2012; BARBOSA *et al.*, 2012). A adição do nitrogênio (N) e fósforo (P) em ecossistemas aquáticos, além de causarem o aumento da produção

primária e floração de algas e cianobactérias tóxicas, promovem também a elevação da turbidez, a mortandade dos peixes, perda do habitat natural e riscos à saúde humana (XU, 2013).

Nesta perspectiva objetivou-se com este trabalho avaliar a similaridade da trofia dos reservatórios da bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, Ceará, mediante a aplicação da Análise de Agrupamento Hierárquico.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo localiza-se na porção sudoeste do Estado do Ceará (Figura 1) e as características da bacia estão descritas na Tabela 1. A mesma drena uma área de 24.538 km², o equivalente a 16% do território cearense. O rio principal, Jaguaribe, percorre uma extensão de aproximadamente 325 km até encontrar o açude Orós, principal reservatório da referida bacia.

A bacia do Alto Jaguaribe possui altitudes variando entre 250 m e 400 m, em média, e o clima é semiárido quente, com precipitações médias anuais entre 500 mm e 700 mm, de janeiro a maio, e com acentuada irregularidade no tempo e no espaço. A temperatura média anual fica em torno de 28°C.

Geologicamente a região é constituída de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano (81,28%), com um menor percentual composto por depósitos sedimentares (18,72%) como as bacias sedimentares do Araripe e do Iguatu. A cobertura vegetal predominante é a savana arbórea ou savana, caatinga, a qual se apresenta fortemente degradada e em parte destituída de suas condições originais. Nas planícies aluviais se encontram as matas ciliares, também bastante degradadas, já sendo evidenciado em alguns pontos da bacia processos de desertificação.

A bacia do Alto Jaguaribe apresenta elevada capacidade de acumulação de águas superficiais (2476,5 hm³) com um total de 4.604 reservatórios (COGERH, 2016). Vinte e três municípios pertencem integralmente a esta bacia, sendo 11,1 hm³ ano⁻¹ destinado ao abastecimento humano, 3,4

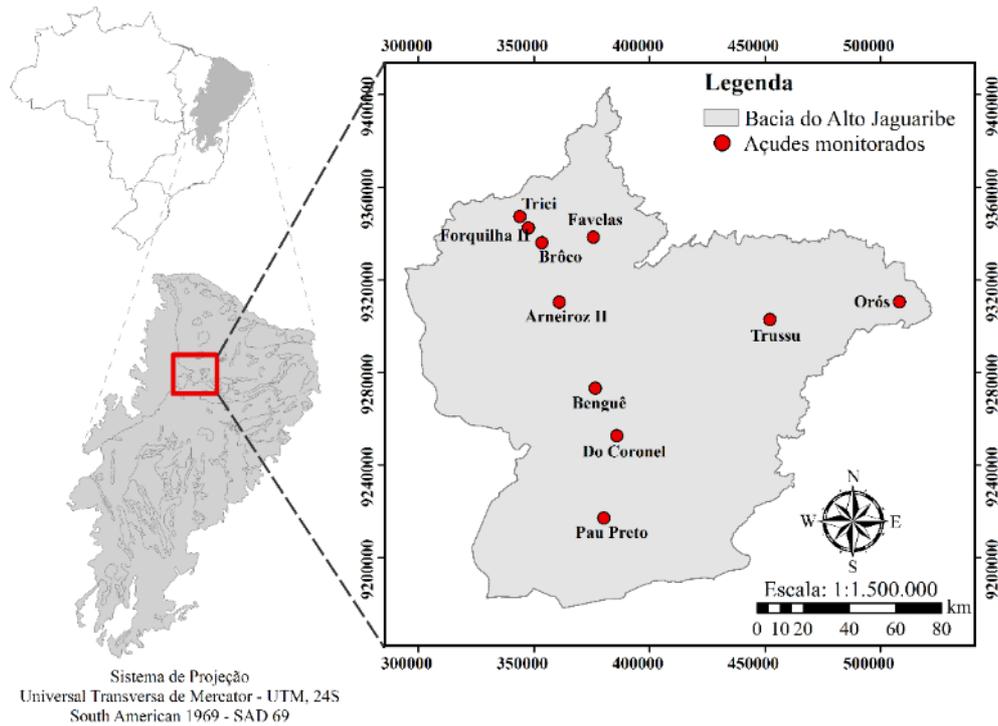


Figura 1. Localização dos reservatórios na bacia do Alto Jaguaribe, Ceará.

Tabela 1. Características gerais dos reservatórios analisados

Reservatórios	Capacidade (hm ³)	Precipitação Anual (mm)	Municípios	Localização	
				Latitude	Longitude
Arneiroz II	187,7	634,8	Arneiroz	6°16'04"	40°13'13"
Bengué	18,0	577,2	Aiuaba	6°35'46"	40°08'22"
Broco	8,4	549,6	Tauá	6°00'19"	40°19'28"
Coronel	1,7	549,6	Antonina do Norte	6°38'53"	40°03'17"
Favelas	30,1	549,6	Tauá	5°57'35"	40°12'36"
Forquilha II	3,4	549,6	Tauá	5°56'31"	40°23'58"
Orós	1940,0	800,4	Orós	6°14'10"	38°55'22"
Pau Preto	1,9	702,0	Potengi	7°04'50"	40°05'06"
Trici	16,5	549,6	Tauá	5°54'55"	40°24'47"
Trussu	268,8	1009,2	Iguatu	6°18'32"	39°25'47"

Fonte: Autor.

hm³ ano⁻¹ o para uso nas indústrias e 14,2 hm³ ano⁻¹ para irrigação.

Os dados das concentrações químicas das águas dos reservatórios para o período de 2001/2015 foram provenientes do banco de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Os atributos analisados foram Clorofila 'a' (Cl

'a'), Nitrogênio Total (N-Total) e Fósforo Total (P-total), além da *razão de Redfield* (N:P). Para a classificação quanto ao estado trófico dos reservatórios foi utilizado a classificação proposta por Lamparelli (2004), sendo considerado apenas o atributo Clorofila 'a' para fins de classificação (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação quanto ao índice de estado trófico por Lamparelli (2004)

Estado Trófico	Clorofila 'a' ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\leq 1,17$
Oligotrófico	$1,17 \leq 3,24$
Mesotrófico	$3,24 \leq 11,03$
Eutrófico	$11,03 \leq 30,55$
Supereutrófico	$30,55 \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\geq 69,05$

Fonte: Adaptado (Lamparelli, 2004).

Foi aplicada a técnica de análise de agrupamento hierárquico (AAH) para investigar a similaridade entre as coletas no período de monitoramento por meio da formação de grupos sendo processada no software SPSS® 16.0. 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), tendo em vista que são variáveis reais.

Muito embora não exista critério pré-estabelecido para a determinação do número de grupos a serem considerados, adotou-se a técnica empírica descrita por Hair Júnior *et al.* (2005), que consiste em considerar a existência de um grupo similar quando ocorrer uma grande variação entre seus níveis de fusão na distância reescalada do dendrograma. Para identificar-se a significância da similaridade entre os grupos, aplicou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon ($P \leq 0,05$). Todas as comparações foram realizadas utilizando o software SPSS® 16.0. for Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O arranjo da similaridade da eutrofização das águas superficiais de reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe é expressa pelo dendrograma (Figura 2). O mesmo evidencia que o ponto ótimo de corte da distância reescalada se encontra entre 4,01 e 7,45, pois a partir desta faixa há um maior distanciamento na medida de similaridade para a formação de posteriores agrupamentos.

O grupo 1 foi formado pelos reservatórios Arneiroz, Do Coronel, Bengué e Trici (Tabela 3). Os atributos determinantes para formação desse

grupo foram clorofila 'a', fósforo total e razão de Redfield (N:P) que diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância dos demais grupos. Trata-se de um grupo que apresentou concentração média de clorofila 'a' de $40,7 \mu\text{g L}^{-1}$, e que, de acordo com classificação proposta por Lamparelli (2004), as águas dos reservatórios que compõem o grupo 1 foram classificadas como supereutrófico (clorofila 'a' $> 30,55 \mu\text{g L}^{-1}$). Destaca-se ainda que segundo a Resolução CONAMA 357/05 para que um curso d'água seja enquadrado na classe 2 são necessários, entre outras avaliações, que as concentrações de clorofila 'a' sejam inferiores $30 \mu\text{g L}^{-1}$.

Outra característica do grupo 1 está relacionada as concentrações de fósforo total e a razão N:P, que apresentaram respectivamente valores médios de $0,26 \text{ mg L}^{-1}$ e 8,26. Concentração superior a $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de fósforo total em águas superficiais é estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 como não apropriada para o consumo humano. Essas concentrações de fósforo total elevadas são definidas na literatura como indicadores de atividades antrópicas (LUNA *et al.*, 2013).

A relação nitrogênio total e fósforo total estabelece o fator limitante no processo de eutrofização. Quando a relação N:P > 16 a limitação é dada por fósforo, quando N:P < 16 a limitação ocorre pelo nitrogênio (REDFIELD, 1958). Para Smith (1995), quando essa relação for inferior a 22, há uma grande ocorrência de cianobactérias nas águas; porém, quando for superior a 22, não há uma grande floração das mesmas. Como o valor da relação N:P do grupo foi inferior a 16, a limitação é dada pelo atributo nitrogênio, que de acordo com Smith *et al.* (1995) apresenta uma alta densidade de cianobactérias, causando problemas no odor e sabor das águas (SCHINDLER, 2012).

O grupo 2 foi formado pelos reservatórios Orós, Trussu e Forquilha II caracterizados por apresentarem águas com menores valores de clorofila 'a', nitrogênio total e razão N:P. Essa baixa concentração constatada nas águas superficiais dos reservatórios Orós e Trussu se deve ao fato do poder de autodepuração dos mananciais (SANTI *et al.*, 2012), tendo em vista a sua grande capacidade de acumulação. Já o reservatório Forquilha II possui uma pequena capacidade volumétrica e um

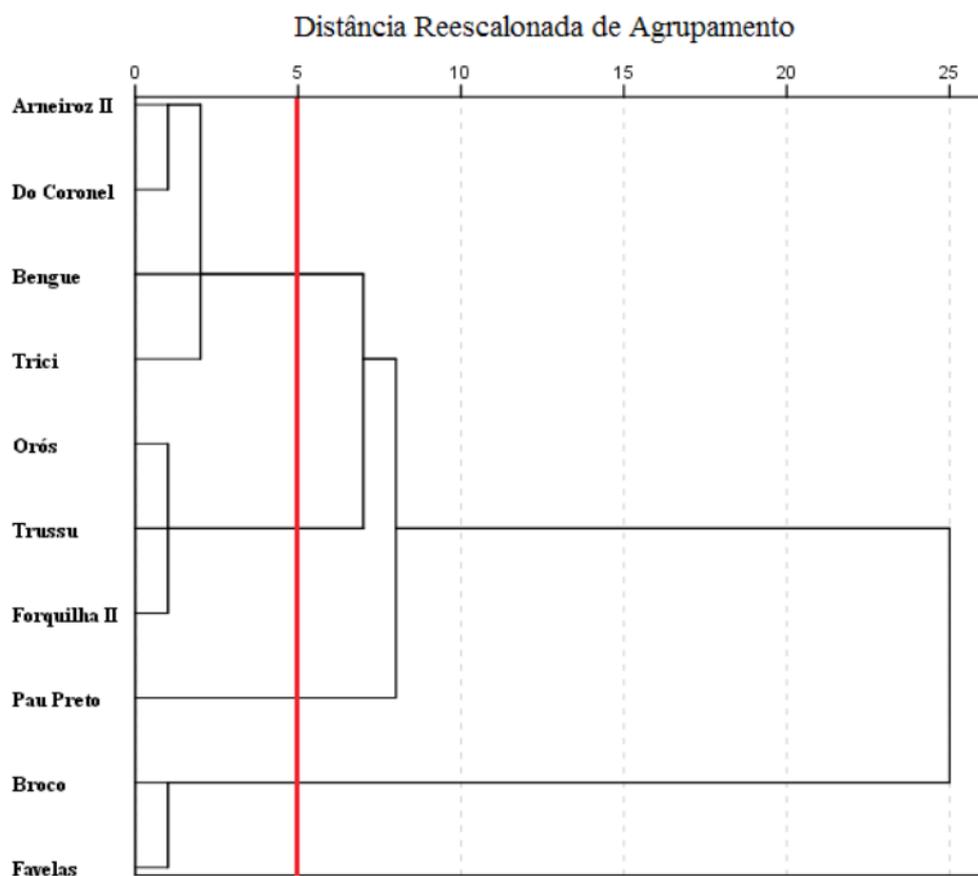


Figura 2. Grupos homogêneos quanto ao processo de eutrofização das águas superficiais de reservatórios na bacia Alto Jaguaribe, Ceará.

Tabela 3. Valores médios das variáveis relacionadas ao processo de eutrofização para os grupos similares definidos pela técnica da AAH nas águas superficiais de reservatórios na bacia do Alto Jaguaribe, Ceará

Grupos	Estatística	Cl 'a' ($\mu\text{g L}^{-1}$)	P-Total (mg L^{-1})	N-Total (mg L^{-1})	N:P				
1	Média \pm D. P.	40,70 \pm 82,30	ab	0,26 \pm 0,58	ab	2,05 \pm 1,55	b	8,26 \pm 2,16	b
	Mínimo	0,50		0,01		0,02		6,85	
	Máximo	431,3		4,53		8,76		11,46	
2	Média \pm D. P.	13,6 \pm 16,20	b	0,30 \pm 0,50	a	0,94 \pm 0,97	c	2,25 \pm 1,55	c
	Mínimo	0,00		0,01		0,00		0,46	
	Máximo	111,00		2,40		4,77		3,12	
3	Média \pm D. P.	139,80 \pm 190,30	a	0,37 \pm 0,82	a	1,27 \pm 0,68	b	3,43 \pm 2,12	c
	Mínimo	0,70		0,01		0,06		1,23	
	Máximo	469,6		3,64		3,10		5,85	
4	Média \pm D. P.	91,0 \pm 126,80	a	0,14 \pm 0,10	b	3,68 \pm 3,66	a	26,34 \pm 5,17	a
	Mínimo	2,40		0,02		0,28		22,68	
	Máximo	798,40		0,45		19,25		29,99	

Fonte: Autor.

tempo de sangria em torno de 2 anos considerando eventos climáticos normais (COGERH, 2016), o que acarreta uma elevada frequência de extravasamento.

Dentre os grupos gerados o grupo 2 foi o que se obteve o menor estado trófico, no entanto, foi classificado ainda como eutrófico segundo a classificação proposta por Lamparelli (2004), que estabelece que corpos lênticos com concentração de clorofila 'a' entre $3,24 \mu\text{g L}^{-1}$ e $11,03 \mu\text{g L}^{-1}$ são classificados como eutróficos.

O reservatório Orós, um dos que compõem o grupo 2, vem sofrendo com o aumento da prática de piscicultura em suas águas nos últimos anos, onde vem sendo diagnosticado como eutrófico devido ao excesso de nutrientes (BATISTA *et al.*, 2013); o manejo inadequado desta prática é prejudicial tanto para a qualidade das águas como também para os animais.

Este grupo apresenta como fator limitante no processo de eutrofização do nitrogênio total, com valor médio da razão N:P = 2,25. O nitrogênio é um elemento altamente requerido pelas plantas (ENGELS & MARSCHNER, 1995), sendo o segundo fator mais importante para o desenvolvimento das mesmas, perdendo apenas para a água (JARVIS *et al.*, 1995). Além de que estes reservatórios são favorecidos com aporte de fósforo em decorrência da retirada da mata ciliar e conseqüentemente, do efeito do escoamento superficial com uma carga de sedimentos oriundos das áreas agrícolas com contribuição de esgotos e resíduos sólidos dispostos, inadequadamente, próximos às margens dos cursos d'água (VANZELA *et al.*, 2010).

O grupo 3 é composto apenas pelo reservatório Pau Preto, cujo fator determinante para a formação deste grupo foi a alta concentração de Clorofila 'a' nas águas superficiais do reservatório. Observa-se que a média de Cl 'a' é de $139,8 \mu\text{g L}^{-1}$ (Tabela 3), o qual difere estatisticamente ao nível de 5% dos demais grupos. Tal concentração o classifica como hipereutrófico. Como o valor da razão N:P foi inferior a 16 há uma propensão que nesse reservatório ocorra um aumento da quantidade de cianobactérias e macrófitas (SMITH *et al.*, 1995; XU *et al.*, 2013), corroborando com o elevado teor de Cl 'a' encontrado.

Quanto ao estado trófico deste reservatório, destaca-se a concentração média de fósforo total, que para este grupo apresentou valor médio de $0,37 \text{ mg L}^{-1}$. Concentração de fósforo total superior a $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ em ambientes lênticos não são classificados como classe 1 segundo a resolução CONAMA 357/05 e, portanto, não estão aptos para consumo humano.

A baixa capacidade do reservatório associado a características da região semiárida, como elevadas taxas de evaporação e baixa precipitação pluviométrica, tende a tornar o reservatório seco anualmente e, por conseguinte, elevar a concentração dos elementos por não haver diluição. Este agravante, da baixa capacidade volumétrica e tempo de residência da água superior a 2 anos, é um fator bem característico da região semiárida, fato comprovado por Barros (2013) estudando o estado trófico para os sistemas lênticos do semiárido cearense, em que encontrou valores semelhantes, em especial, no reservatório Acarape do Meio por possuir características semelhantes ao reservatório Pau Preto quanto às condições hidráulicas.

O grupo 4 é composto pelos reservatórios Broco e Favelas, caracterizados por possuírem elevadas concentrações de Cl 'a', N-total e alta relação N:P. Ambos estão localizados no município de Tauá e possuem características similares quanto à concentração dos atributos analisados. A concentração média destes atributos e o valor da razão N:P são, respectivamente, $91,0 \mu\text{g L}^{-1}$, $3,68 \text{ mg L}^{-1}$ e 26,34. A baixa precipitação na região, com média de 529,8 mm (GONÇALVES *et al.*, 2008) associado a pequena capacidade volumétrica dos reservatórios deste grupo, ocasiona secas periódicas e elevação da concentração dos sais.

Outro fator importante também é a degradação das áreas naturais e, conseqüentemente, processos erosivos desaguando nos reservatórios. Andrade e Oliveira (2004) constataram que o município de Tauá vem sofrendo processos progressivos de degradação das áreas no decorrer de uma década. Smith & Schindler (2009) destacam a ação antrópica como o principal vetor responsável pela eutrofização em águas superficiais da atualidade.

Com uma média de 26,34 para a relação de N:P, os reservatórios diferiram estatisticamente ($P \leq 0,05$) dos demais grupos. Este valor representa o fósforo

como agente limitante no desenvolvimento da vida microbiana em ambientes aquáticos, tendo em vista que o valor resultante foi superior à unidade 16 (N:P>16).

CONCLUSÕES

- As águas dos reservatórios da bacia do Alto Jaguaribe apresentaram um grau de trofia elevado, não estando aptas para consumo humano quanto ao estado trófico.
- Pela AAH foi possível identificar quatro grupos, sendo o grupo 1 classificado como supereutrófico, o grupo 2 como eutrófico, e os grupos 3 e 4 como hipereutrófico.
- Os reservatórios da região do município de Tauá e Potengi vêm sofrendo forte degradação ambiental, o que pode acarretar danos à saúde da população da região que faz uso daquela água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.B.; OLIVEIRA, T.S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semiárido cearense. **Revista Brasileira de Ciência no Solo**, v.28, p.393-401, 2004.

BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, E.S.F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R.S.; CRISPIM, M.C.B.; SILVA, G.H.G. Aquatic systems in semiarid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.24, n.1, p.103-118, 2012.

BARROS, L.R. **O índice do estado trófico e sua adaptação para os sistemas lênticos do semiárido cearense**. 85f. Dissertação. Universidade Federal do Ceará, 2013.

BATISTA, A.A.; MEIRELLES, A.C.M.; ARAÚJO NETO, J.R.; ANDRADE, E.M.; PALÁCIO, H.A.Q. Parâmetros interferentes na eutrofização das águas superficiais do açude Orós, Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.2, p.1-8, abr.-jun., 2013.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J.

Monitoramento de variáveis de qualidade de água no horto Ouro Verde-Conchal-SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, 2005.

CARMICHAEL, W.W. The toxins of Cyanobacteria. **Scientific American**, v.270, n.1, p.78-86, 1994.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – COGERH. **Portal hidrológico – Nível dos Açudes**. Disponível em: < <http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: 22 de Julho de 2016.

ELOI, W.M.; BARRETO, F.M.S. Qualidade microbiológica da água. In: Nildo da Silva Dias; Márcia Regina Farias da Silva; Hans Raj Gheyi. (Org.). **Recursos Hídricos: usos e manejos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p.129-148, 2011.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: M. Dekker, p.41-81, 1995.

GIRÃO, E.G.; ANDRADE, E.M.; ROSA, M.F.; ARAÚJO, L.F.P.; MEIRELES, A.C.M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.17-24, 2007.

GONÇALVES, A.M.; OLIVEIRA, V.P.V.; BEZERRA, C.L.F. Estudo fitoecológico da mata ciliar nas bacias dos riachos cipó e carrapateiras no município de Tauá – CE. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v.07, n.13, 2008.

HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant’Anna e Anselmo Chaves Neto, 5.ed. Porto Alegre: Bookman, p.593, 2005.

JARVIS, S.C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: BACON, P. E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: M. Dekker, p.381-420, 1995.

- KUSANGAYA, S.; WARBURTON, M.L.; VAN GARDEREN, E.A.; JEWITT, G.P.W. Impacts of climate change on water resources in southern Africa: a review. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.67, p.47–54, 2014.
- LAMPARELLI, M.C. 2004. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. 207f. Tese. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LUNA, N.R.S.; ANDRADE, E.M.; CRISÓSTOMO, L.A.; MEIRELES, A.C.M.; AQUINO, D.N. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.7, n.1, p.53-62, 2013.
- REDFIELD, A.C. The biological control of chemical factors in the environment. **American Scientist**, v.46, n.3, p.205-221, 1958.
- ROCHA, F.C.; ANDRADE, E.M.; LOPES, F.B. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.187, n.4, 163p. 2015.
- 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.
- SCHINDLER, D.W. The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. **Royal Society B: Biological sciences**, v.279, n.1746, p.4322-4333, 2012.
- SHRESTHA, S.; KAZAMA F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling & Software**, v.22 n.04, p.464-475, 2007.
- SMITH, V.H.; BIERMAN, V.J.; JONES, B.L.; HAVENS, K.E. Historical trends in the Lake Okeechobee ecosystem IV. Nitrogen: phosphorus ratios, cyanobacterial dominance, and nitrogen fixation potential. **Archivfür Hydrobiologie**, v.107, p.71-88, 1995.
- SMITH, V.H.; SCHINDLER, D.W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, v.24, p.201-207, 2009.
- VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.55-64, 2010.
- XU, J. Transport and retention of nitrogen, phosphorus and carbono in North America's Largest river Swamp Basin, the Atchafalaya River Basin. **Water**, v.5, p.379-393, 2013.