

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

SIMILARIDADE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE UM GRANDE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO

José Ribeiro Araújo Neto¹; Ana Célia Maia Meireles²; Helba Araújo Queiroz Palácio³; Eunice Maia de Andrade⁴; Maria Monaliza de Sales⁵

RESUMO - Este trabalho foi desenvolvido objetivando-se identificar, através da técnica de estatística multivariada (Análises de Agrupamento Hierárquico, AAH), a similaridade nas águas superficiais do açude Orós, Ceará. A capacidade total de acumulação do reservatório é de aproximadamente 1.940.000.000 m³, e politicamente, a bacia hidráulica (35.000 ha) faz parte de três municípios cearenses Iguatu, Quixelô e Orós. Para avaliar a qualidade das águas foram realizadas coletas bimestrais no período de abril/08 a abril/10, em sete pontos distintos na superfície do reservatório e analisaram-se 32 parâmetros de qualidade de água de natureza física, química e microbiológica. A análise de agrupamento hierárquico aplicada formou dois grupos, distintos com relação a variação dos parâmetros relacionados à eutrofização das águas e ao aporte de sedimentos no reservatório. Para formação do grupo 1, foram determinantes as maiores concentração de clorofila "a" e os maiores valores de temperatura da água, estes parâmetros apresentaram respectivamente, para esse grupo, médias de 15,38 ug L⁻¹ e 29,20 °C, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância do grupo 2 (7,06 ug L⁻¹ e 28,50 °C). Enquanto para a formação do grupo 2, os atributos determinantes foram as maiores concentrações das variáveis físicas ligadas ao aporte de sedimento no reservatório.

ABSTRACT: This work was developed aiming to identify, through multivariate statistical (Hierarchical Cluster Analysis, AAH), the similarity in surface water of the weir Orós, Ceará. The total accumulation capacity of the reservoir is approximately 1.94 billion m³, and politically, the hydraulic basin (35,000 ha) is part three municipalities of Ceará Iguatu, Quixelô and Orós. To assess the quality of water bimonthly samplings were carried out from the April/08 April/10 at seven different points on the surface of the reservoir and analyzed 32 quality parameters of physical, chemical and microbiological water. The hierarchical cluster analysis applied formed two groups, distinct with respect to variation related to eutrophication of waters and the accumulation of sediments in the reservoir parameters. To form the group 1 were determining the highest concentration of chlorophyll "a" and the highest values of water temperature, these vestments presented respectively in this group , mean 15.38 ug L⁻¹ and 29.20 ° C , statistically different at the 5% level of significance in group 2 (7.06 ug L⁻¹ and 28.50 °C) . As for the formation of group 2, the determinant attributes were the highest levels of physical variables from the input of sediment in the reservoir.

Palavras-chave: reservatório, análise multivariada, semiárido.

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC, Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem pelo IFCE, Campus Iguatu, Rodovia Iguatu/V. Alegre Km 05, S/N, Caixa Postal 38, Vila Cajazeiras, CEP 63500-000, Iguatu, CE, Fone (088) 3582.1000, ramal 252. E-mail: juniorifcelabas@gmail.com;

² Enga. Agrônoma, D.Sc., Bolsista PNPd - Capes, DENA/CCA/UFC – ameireles2003@yahoo.com.br

³ Doutora em Agronomia, DENA/CCA/UFC, Profa. do IFCE, Campus Iguatu – helbaraujo23@yahoo.com.br

⁴ Enga. Agrônoma, Ph.D. em Recursos Naturais, Profa. do DENA/CCA/UFC – eandrade@ufc.br

⁵ Graduada em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Campus Iguatu – monnallysa2011@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Na situação usual de determinação da qualidade de água, adotam-se medidas de múltiplos parâmetros relacionados a diferentes características (físicas, químicas e biológicas ou microbiológicas) das águas, feitos em diferentes épocas e originados de diferentes estações de monitoramento (FRANCO et al., 2009; VANZELA et al., 2010). Por esta razão, uma matriz complexa de dados é, frequentemente, gerada na avaliação da qualidade das águas (SINGH et al., 2005; ANDRADE et al., 2009; ZHAO; CUI, 2009; MOURA et al., 2010; PALÁCIO et al., 2011).

Intuitivamente o ser humano tende a analisar as variáveis de um fenômeno qualquer isoladamente e a partir desta análise fazer inferências sobre a realidade. Esta simplificação tem vantagens e desvantagens. Quando um fenômeno depende de muitas variáveis, geralmente este tipo de análise falha, pois não basta conhecer informações estatísticas isoladas, mas é necessário também conhecer a totalidade destas informações fornecidas pelo conjunto das variáveis. Quando os fenômenos são estudados a partir de dados coletados ou mensurados em muitas variáveis, os métodos estatísticos delineados para obter informações a partir destes conjuntos de informações são denominados de métodos de análises multivariadas (HAIR JR., 2005).

Um dos métodos de análise multivariada mais utilizado para se classificar objetos em categorias de similaridade, é a análise de agrupamento (*cluster analysis*). Essa técnica é um processo de partição de uma população heterogênea em vários subgrupos mais homogêneos. No agrupamento, não há classes pré-definidas, os elementos são agrupados de acordo com a semelhança, o que a diferencia da tarefa de classificação. A análise de agrupamento busca agrupar elementos de dados baseando-se na similaridade entre eles. Os grupos são determinados de forma a se obter homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre eles. A maioria dos métodos de análise de agrupamento requer uma medida de similaridade entre os elementos a serem agrupados, normalmente expressos como uma função de distância ou métrica. As medidas de similaridade são utilizadas na análise de cluster, de forma a determinar a distância entre elementos. Essa distância é normalmente representada na forma de matriz, ou seja, em uma matriz de similaridade (HAIR JR., 2005). A matriz de similaridade é simétrica e utiliza, na maioria dos casos, a distância Euclidiana ou Euclidiana Quadrática (MOURA et al., 2010; PALÁCIO et al., 2011).

Nesse contexto, o presente trabalho, tem como objetivo empregar a técnica de estatística multivariada (Análise de Agrupamento Hierárquico, AAH), com o propósito de identificar a similaridade nas águas superficiais do açude Orós, Ceará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no açude Orós (Barragem Presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira), barramento sobre o rio Jaguaribe. A bacia hidrográfica do reservatório corresponde a aproximadamente 96% da sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe (CE, Brasil), que por sua vez integra a grande bacia do rio Jaguaribe. A área da bacia do rio Jaguaribe possui 73.688 km², correspondendo a 51% da área total do Estado do Ceará, sendo que o Alto Jaguaribe representa 35% do sistema de drenagem deste rio, ou seja, aproximadamente 27.000 km². A capacidade total de acumulação do reservatório é de aproximadamente 1.940.000.000 m³ (ARRAES, 2010). As coletas das águas foram realizadas em caráter bimestral durante o período abril de 2008 a abril de 2010. As amostragens foram realizadas em seis pontos de entrada de água no reservatório, correspondentes aos principais afluentes, e em mais um ponto localizado a montante da barragem. Na Figura 1 pode-se verificar a localização do s respectivos pontos de coletas no reservatório.

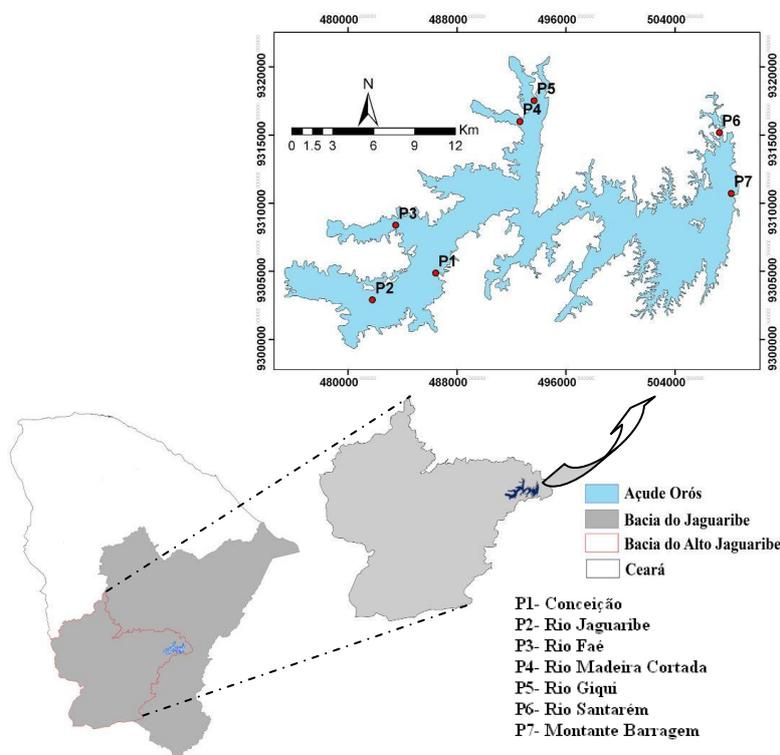


Figura 1- Localização do açude Orós na bacia do Alto Jaguaribe, Ceará e dos pontos de coleta nas águas superficiais do reservatório

O clima da região é do tipo BSw'h' – semiárido quente com precipitações de outono e temperaturas médias mensais do mês mais frio sempre superiores a 18°C. A região se caracteriza pela definição de duas estações distintas: uma estação chuvosa, com precipitações irregulares, e outra seca. A pluviosidade média anual nos últimos 30 anos para a sub-bacia do Alto Jaguaribe apresenta valores variando entre 562,5 a 1.007,6 mm, com estação chuvosa ocorrendo geralmente de janeiro/fevereiro a maio/junho, concentrando-se 80% nos meses de março e abril. A

evapotranspiração média anual, estimada por tanque classe “A” é de 1.900 mm. Predominam na bacia solos como argissolo vermelho-amarelo eutrófico, juntamente com os neossolos litólicos.

As coletas foram realizadas na superfície d’água, na profundidade máxima de 0,30 m, extensão limite da zona fótica. Foram analisadas 32 variáveis de natureza física, química e microbiológica: temperatura da água (T), transparência (TA), turbidez (TB), cor aparente (CA), cor verdadeira (CV), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos dissolvidos totais (SDT), potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), ortofosfato solúvel (OS), nitrogênio total kjeldahl (NTK), amônia (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), razão de adsorção de sódio (RAS), coliformes termotolerantes (CTT), escherichia coli (EC) e clorofila "a" (Cl-a).

Todos os procedimentos de coleta foram realizados conforme a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) do Estado do Ceará. A preservação das amostras e as análises dos parâmetros estudados foram efetuadas utilizando a metodologia analítica descrita no Standard Methods (APHA, 2005). As análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuais – LIAMAR do IFCE, Campus Fortaleza-CE e no Laboratório de Análises de Água e Solo – LABAS, do IFCE, Campus Iguatu-CE.

Para reunir os pontos de coletas com características de qualidade de água semelhantes e separar os mais distantes, recorreu-se à análise de agrupamento. Dentre as diversas técnicas de análise de agrupamento (CA, *Cluster Analysis*), a hierárquica (K-médias) foi usada neste trabalho. O agrupamento hierárquico unifica os parâmetros em classes ou grupos, cuja variação das observações é semelhante. Com K-médias é possível determinar o número de grupos/classes (*clusters*) a serem diferenciados, com a maior distinção possível entre eles (MOURA *et al.*, 2010). Para representar os dados de diversas ordens de grandeza e unidades específicas de medida, em valores compatíveis, passíveis de comparação, recorreu-se à técnica da padronização (*Z-scores*). Os novos valores são compatíveis com uma distribuição com média zero e desvio padrão 1. Os dados foram tratados pelo método de ligação de Ward, com o quadrado da distância Euclidiana como medida de similaridade, conforme Singh *et al.* (2005); Andrade *et al.* (2009); Zhao e Cui (2009); Palácio *et al.* (2011). Muito embora não exista critério pré-estabelecido para a determinação do número de grupos a serem considerados, o número de agrupamentos similares foi definido com base na técnica empírica descrita por Hair Jr. *et al.* (2005), que consiste em analisar a diferença entre os níveis de fusão dos grupos no dendrograma e considerar a existência de um grupo similar quando ocorrer uma grande variação entre seus níveis de fusão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a identificação da similaridade da qualidade das águas superficiais do açude Orós, empregou-se a técnica de análise multivariada, análise de agrupamento hierárquico (AAH). A formação dos grupos foi realizada em função das características semelhantes possuídas entre as 32 variáveis de natureza física, química e microbiológica de qualidade de água dos pontos de coleta. A Figura 3 apresenta o dendrograma de similaridade dos pontos de coletas. A análise de agrupamento hierárquico classificou a qualidade das águas do reservatório em dois grupos distintos, compostos por pontos com características similares na qualidade das águas. Resultado semelhante em reservatório foi encontrado por Andrade *et al.* (2009) utilizando a AHH para conhecer a similaridade na qualidade das águas superficiais do açude Ayres de Souza, Ceará.

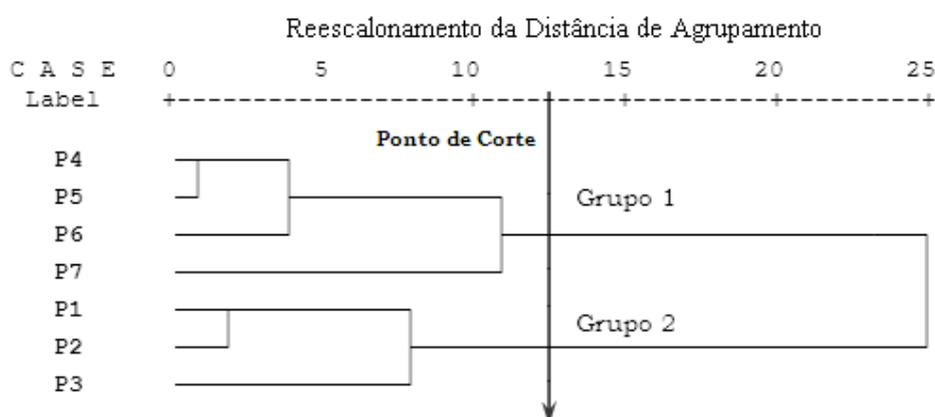


Figura 2- Dendrograma dos pontos de coleta nas águas superficiais do açude Orós, Ceará

A composição média, desvio padrão, valores máximos e mínimos dos atributos indicadores da qualidade das águas de cada grupo de pontos de coletas do açude Orós, podem ser vistos na Tabela 1. Verifica-se que a maior parte das variáveis não apresentou diferenças estatísticas significativas a um nível de 5% de significância, pois somente os parâmetros: ortofosfato solúvel (OS), clorofila “a” (Cl-a), temperatura da água (T), turbidez (TB), cor verdadeira (CV), cor aparente (CA) sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos suspensos totais (SST) e transparência (TA) apresentaram diferenças significativas, indicando serem estes os parâmetros mais importantes para a formação dos grupos. As baixas variações espaciais dos sais e da poluição orgânica, devido os elevados processos de diluição, no qual as águas do reservatório foram submetidas durante o estudo, apresentando extravasamento nos períodos chuvosos de 2008 e 2009, resultaram em pouca influência destes elementos na definição dos grupos formados.

Tabela 1 – Valores médios e comparação de médias das variáveis em estudo para os grupos das águas superficiais do açude Orós, Ceará, definidos pela técnica da análise de agrupamento hierárquico.

Parâmetros	Estatística	Grupo 1	Grupo 2
pH	Média ± DP	8,37 ± 0,48 a	8,18 ± 0,34 a
	Mínimo	7,40	7,37
	Máximo	9,4	8,76
CE (dS m ⁻¹)	Média ± DP	0,277 ± 0,091 a	0,285 ± 0,077 a
	Mínimo	0,180	0,188
	Máximo	0,687	0,532
Ca²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	1,54 ± 0,55 a	1,57 ± 0,47 a
	Mínimo	0,88	0,72
	Máximo	3,01	2,48
Mg²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	0,69 ± 0,29 a	0,72 ± 0,23 a
	Mínimo	0,04	0,24
	Máximo	1,71	1,36
Na⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	0,65 ± 0,24 a	0,63 ± 0,28 a
	Mínimo	0,32	0,19
	Máximo	1,11	1,14
K⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	0,12 ± 0,05 a	0,11 ± 0,05 a
	Mínimo	0,04	0,04
	Máximo	0,20	0,20
Cl⁻ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	1,13 ± 0,72 a	1,02 ± 0,59 a
	Mínimo	0,50	0,44
	Máximo	3,00	3,00
HCO₃⁻ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	2,24 ± 0,89 a	2,35 ± 0,90 a
	Mínimo	0,75	1,15
	Máximo	4,45	4,80
SO₂⁻ (mmol _c L ⁻¹)	Média ± DP	0,04 ± 0,04 a	0,05 ± 0,04 a
	Mínimo	0,001	0,01
	Máximo	0,13	0,14
RAS	Média ± DP	3,44 ± 1,37 a	3,23 ± 1,49 a
	Mínimo	1,75	1,30
	Máximo	6,77	6,12
NH₄⁺ (mg L ⁻¹)	Média ± DP	0,116 ± 0,084 a	0,103 ± 0,066 a
	Mínimo	0,010	0,010
	Máximo	0,349	0,253
NO₃⁻ (mg L ⁻¹)	Média ± DP	0,120 ± 0,095 a	0,126 ± 0,184 a
	Mínimo	0,006	0,002
	Máximo	0,450	1,062
NTK (mg L ⁻¹)	Média ± DP	0,748 ± 0,276 a	0,694 ± 0,224 a
	Mínimo	0,230	0,305
	Máximo	1,506	1,192
FT (mg L ⁻¹)	Média ± DP	0,091 ± 0,117 a	0,103 ± 0,110 a
	Mínimo	0,003	0,020
	Máximo	0,623	0,695
OS (mg L ⁻¹)	Média ± DP	0,028 ± 0,032 a	0,053 ± 0,055 b
	Mínimo	0,003	0,004
	Máximo	0,154	0,237
DBO (mg L ⁻¹)	Média ± DP	8,84 ± 6,87 a	7,11 ± 3,26 a
	Mínimo	2,01	2,50
	Máximo	40,75	13,88
OD (mg L ⁻¹)	Média ± DP	6,59 ± 1,85 a	5,86 ± 1,1,78 a
	Mínimo	2,05	2,31
	Máximo	10,13	8,93
Cl-a (ug L ⁻¹)	Média ± DP	15,38 ± 11,94 a	7,06 ± 6,70 b
	Mínimo	2,00	1,30
	Máximo	45,12	26,70
CTT (NMP/100 ml)	Média ± DP	11,83 ± 22,38 a	16,59 ± 40,66 a
	Mínimo	1,80	1,80
	Máximo	130,00	210,00
EC (NMP/100 ml)	Média ± DP	9,40 ± 20,29 a	9,21 ± 22,91 a
	Mínimo	1,80	1,80
	Máximo	130,00	133,00
TB (uT)	Média ± DP	5,21 ± 2,72 a	16,89 ± 11,62 b
	Mínimo	1,12	6,00
	Máximo	13,00	58,70

CV (uH)	Média ± DP	14,15 ± 8,17 a	43,07 ± 24,76 b
	Mínimo	4,00	11,00
	Máximo	34,00	128,00
CA (uH)	Média ± DP	31,41 ± 14,01 a	71,96 ± 33,41 b
	Mínimo	11,00	34,50
	Máximo	73,00	181,00
ST (mg L ⁻¹)	Média ± DP	172,96 ± 26,74 a	192,42 ± 32,89 b
	Mínimo	132,00	135,00
	Máximo	274,00	298,00
STF (mg L ⁻¹)	Média ± DP	114,27 ± 42,91 a	139,86 ± 34,17 b
	Mínimo	8,00	67,00
	Máximo	242,00	208,00
STV (mg L ⁻¹)	Média ± DP	58,27 ± 30,05 a	52,56 ± 29,61 a
	Mínimo	12,00	2,00
	Máximo	148,00	160,00
SST (mg L ⁻¹)	Média ± DP	11,62 ± 13,35 a	20,98 ± 24,44 b
	Mínimo	2,00	3,30
	Máximo	88,00	100,00
SSF (mg L ⁻¹)	Média ± DP	6,11 ± 12,40 a	11,45 ± 13,91 a
	Mínimo	0,25	1,30
	Máximo	82,00	78,00
SSV (mg L ⁻¹)	Média ± DP	5,90 ± 4,44 a	7,66 ± 14,84 a
	Mínimo	0,40	0,40
	Máximo	25,00	89,00
SDT (mg L ⁻¹)	Média ± DP	161,58 ± 27,25 a	172,28 ± 47,75 a
	Mínimo	117,40	38,00
	Máximo	264,00	275,75
T (°C)	Média ± DP	29,20 ± 1,43 a	28,50 ± 1,01 b
	Mínimo	26,72	25,78
	Máximo	33,00	31,00
TA (m)	Média ± DP	1,04 ± 0,67 a	0,65 ± 0,20 b
	Mínimo	0,16	0,18
	Máximo	2,47	1,08

Os atributos determinantes para a formação do grupo 1 foram, certamente, as maiores concentração de clorofila “a”, os maiores valores de temperatura da água e os menores aportes de sedimentos. A clorofila “a” e a temperatura da água apresentaram, para esse grupo, médias de 15,38 ug L⁻¹ e 29,20 °C, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância do grupo 2 (7,06 ug L⁻¹ e 28,50 °C). Esses elevados valores encontrados de clorofila “a” podem ser justificados principalmente pela hora de amostragem nos pontos de coletas que compõem esse grupo, que influencia diretamente nas maiores temperaturas das águas favorecendo um maior metabolismo e desenvolvimento das algas e, conseqüentemente, o incremento na concentração de clorofila “a”. A influência da temperatura das águas foi observada, principalmente, nos pontos P4 e P5 que compõem este grupo.

Em estudos sobre a variação nictemeral da clorofila “a” no estuário do rio Botafogo em Itamaracá, Pernambuco, Lacerda *et al.* (2004) observaram que há uma clara variação em um ciclo nictemeral das concentrações de clorofila “a”, com maiores valores durante o período do dia de maior intensidade de luz, sugerindo que a intensidade de radiação é um dos fatores limitantes para maior produção de clorofila “a”. A influência da temperatura e da radiação solar na maior produção de clorofila “a” no grupo 1 deve ser a mais provável, visto que as concentrações de fósforo total e

sua fração ortofosfato solúvel, que muitas vezes são os principais nutrientes limitantes para eutrofização das águas, foram menores do que as observadas no grupo 2, chegando a apresentar diferença estatística significativa ao nível de 5% de significância entre as médias de ortofosfato solúvel dos dois grupos.

Além dos maiores valores de clorofila “a” e de temperatura da água, o grupo 1 também apresentou as menores concentrações de sedimentos, com os valores de cor aparente, cor verdadeira, sólidos totais, fixos, suspensos e a transparência das águas, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância do grupo 2. Esse menor aporte de sedimentos podem ser atribuídos à maior preservação da vegetação (densa e rala) no entorno dos pontos que compõem esse grupo, principalmente para o ponto P6 e P7 e ainda, para a parte leste dos pontos P4 e P5 (Figura 2). Este fato também foi observado por Vanzela *et al.* (2010), analisando a influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis, São Paulo. Os referidos autores relatam que as áreas com vegetação são mais cobertas e estáveis, com maior capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo, aumentando, assim, o tempo de caminhamento da água ao leito do manancial. Com isto, as áreas com essas ocupações tendem a reduzir o escoamento superficial e conseqüentemente os menores aportes de sedimentos para os corpos hídricos. Ainda com relação ao P7, verifica-se que este sofre influência por estar localizado à montante da barragem, distante dos principais afluentes ao reservatório, apresentando maior diluição das águas e as maiores profundidades, maior processo de decantação. Para o grupo 2, os atributos determinantes para sua formação foram as maiores concentrações das variáveis físicas ligadas ao aporte de sedimento nas águas. Os indicadores turbidez, cor verdadeira e cor aparente apresentaram valores médios de respectivamente 16,89 uT; 43,07 uH e 71,96 uH, diferindo estatisticamente a 5% de significância do grupo 1 (5,21 uT; 14,15 uH e 31,41 uH). Também nesse grupo, observou-se as maiores concentrações médias de sólidos totais ($196,67 \text{ mg L}^{-1}$), sólidos suspensos ($20,98 \text{ mg L}^{-1}$) e os menores valores médios de transparência da água (0,62 m), diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância do primeiro grupo.

O resultado de maior aporte de sedimento no grupo 2 deve estar ligado aos materiais carregados, principalmente pelo rio Jaguaribe (P2), que são transportados para o reservatório (WIENGAND, 2011). Outra forte influência é a degradação da mata ciliar devido às ações antrópicas como plantações, principalmente de milho, feijão, arroz, pastagens e a criação intensiva de animais no entorno dos pontos de coletas que formam esse grupo 2 (Figura 2). Com a ausência da mata ciliar não há a retenção de parte dos sedimentos carregados via erosão hídrica, que acabam por se depositarem no reservatório. Esse transporte e a deposição de materiais sólidos (areia, silte, argila), além de detritos orgânicos de origem alóctone carregados por escoamento superficial, estão

de acordo com os encontrados para áreas de pastagens degradadas (FRANCO e HERNANDEZ, 2009) e lavoura de milho (GOMES *et al.*, 2007).

O grupo 2 também apresentou as menores concentrações médias de clorofila “a”, com valor de 7,06 ug L⁻¹, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância do grupo 1. Esse resultado pode ser explicado porque quando há um grande volume de sedimento em suspensão, ocorre uma diminuição da infiltração dos raios solares nas águas, minimizando a zona fótica, alterando a atividade fotossintética das algas. Fato também verificado por Azevedo *et al.* (2008). Os sedimentos em suspensão no corpo hídrico, além de causar acentuada compressão da camada iluminada, propiciam também a ocorrência de alta frequência da flutuação da luz. Outra explicação para os baixos valores de clorofila “a” nesse grupo são as menores temperaturas médias da água observadas, com valor médio de 28,50 °C diferindo estatisticamente ao nível de 5% do grupo 1 (29,20 °C), como citado anteriormente, a temperatura da água e a incidência de radiação solar, podem influenciar diretamente nas concentrações de clorofila “a” nas águas do reservatório.

4. CONCLUSÕES

1. A análise de agrupamento hierárquico permitiu aglomerar em dois grupos homogêneos os setes pontos de coletas monitorados, sendo determinante para formação dos grupos: a variação espacial dos sedimentos na água e as variáveis relacionadas ao processo de eutrofização;
2. Para formação do grupo 1, foram determinantes as maiores concentração de clorofila “a” e os maiores valores de temperatura da água. Enquanto para o grupo 2, os atributos determinantes foram as maiores concentrações das variáveis físicas ligadas ao aporte de sedimento no reservatório.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, E. A.; GIRÃO, E. G.; ROSA, M. F.; CHAVES, L. C. G.; MENDONÇA, M. A. B.; MEIRELES, A. C. M. (2009). “*Avaliação da qualidade das águas no açude Ayres de Souza pelo emprego da estatística multivariada*”. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. 2009. Anais... Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

APHA. (2005). “*STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER*”. 21.ed. Washington, DC, EUA: American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF).

ARRAES, F. D. D. (2010). “*Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências*”. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. (2008). “*Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil*”. Acta Botânica Brasílica, São Paulo, v. 22, n. 3, pp. 870-877.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. (2009). “*Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 6, pp. 772-780.
- GOMES, N. M.; FARIA, M. A. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. (2007). “*Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 4, pp. 427-435.
- HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. (2005). “*Análise multivariada de dados*”. Tradução de Adonai Schlup Sant’Anna e Anselmo Chaves Neto, 5. ed. Porto Alegre: Bookman, pp.593.
- LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; LEITÃO, L.; FLORES-MONTES, M. J. (2004). “*Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil)*”. Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 64, n. 1, pp. 81-94.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. (2010). “*A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal*”. Química Nova, São Paulo, v. 33, n. 1, pp. 97-103.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G. (2011). “*Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.4, pp.395-402.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S. (2005). “*Water quality and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study*”. Analytica Chimica Acta, v. 538, pp. 355-374.
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T; FRANCO, R. A. M. (2010). “*Influencia 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, pp. 55-64.
- WIEGAND, M. C. (2009). “*Proposta metodológica para estimativa da produção de sedimentos em grandes bacias hidrográficas: estudo de caso Alto Jaguaribe, CE*”. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ZHAO, Z. W.; CUI, F. Y. (2009) “*Multivariate statistical analysis for the surface water quality of the Luan River, China*”. Journal of Zhejiang University SCIENCE A, Hangzhou, v.10, n. 1, pp. 142-148.