

IV-161 - AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE PORANGABUSSU, FORTALEZA, CEARÁ, ATRAVÉS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Lyndervan O. de Alcântara⁽¹⁾

Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos do IFCE. Bolsista do PIBIC/FUNCAP.

Marcio Roberto P. dos Santos⁽²⁾

Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos do IFCE. Bolsista do PIBIC/FUNCAP.

Maria Jacqueline Nascimento Mendonça⁽³⁾

Engenheira de Alimentos pela UFC. Mestranda do PPG de Gestão e Tecnologia Ambiental do IFCE.

Raimundo Bemvindo Gomes⁽⁴⁾

Engenheiro de Alimentos pela UFC. Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Professor do Departamento de Química e Meio Ambiente, Campus Fortaleza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Hugo Leonardo de B. Buarque⁽⁵⁾

Engenheiro Químico pela UFC. Mestre em Engenharia Química pela UFRN. Doutor em Física pela UFC. Professor do Departamento de Química e Meio Ambiente, Campus Fortaleza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Endereço⁽⁵⁾: DQMA/IFCE. Av. Treze de Maio, 2081 – Benfica, CEP: 60040-531 – Fortaleza/CE - Fone: (85) 3307.3666 Fax: (85) 3307.3711 - E-mails: lyndervan@hotmail.com; hbuarque@ifce.edu.br.

RESUMO

A Lagoa de Porangabussu, um dos principais ecossistemas lacustres do Município de Fortaleza, Ceará, possui cerca de 7 hectares de espelho de água. O presente estudo objetivou determinar os fatores determinantes na qualidade da água do sistema lacustre de Porangabussu, utilizando métodos estatísticos multivariados: análise de componentes principais e análise de agrupamentos, bem como relacionar os resultados obtidos com os índices pluviométricos no período de agosto de 2006 a fevereiro de 2009. Para isso, foram compilados dados de amostras superficiais de água coletadas em três pontos distintos do corpo hídrico estudado. A partir do método de estudo proposto e de um conjunto de 26 parâmetros de qualidade, foram selecionados 15 variáveis físico-químicas: temperatura, condutividade elétrica, cor verdadeira, sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos suspensos voláteis, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, dureza total, pH, fósforo total, ortofosfato solúvel, sulfato, sulfeto e amônia total. A partir destas análises, três componentes principais foram obtidas do conjunto de dados, as quais traduziram os fatores influentes na qualidade do sistema lacustre de Porangabussu, bem como sua relevância nos pontos de coleta.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de Porangabussu, fatores de qualidade da água, análise estatística multivariada.

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da dinâmica de crescimento desordenado, as cidades brasileiras vêm sofrendo um acelerado processo de modificação da paisagem urbana e, conseqüentemente, trazendo sérios malefícios ao meio ambiente. Esse processo desordenado de uso e ocupação do espaço urbano, ausente de um estudo técnico-científico adequado, associado ao descumprimento das legislações urbanísticas e ambientais e a falta de fiscalização têm contribuído para o desaparecimento e para a degradação das lagoas urbanas do Município de Fortaleza, Ceará.

O processo de urbanização tem gerado sérios problemas ambientais, como o aterramento e a poluição de estruturas lacustres. Negligencia-se o fato de que as lagoas interferem no equilíbrio hídrico, microclima, valorização da paisagem urbana, constituídas também de potencial para desenvolvimento das atividades de pesca e lazer (VASCONCELOS et al., 1995 apud ALMEIDA et al., 1998).

A quantificação da carga poluidora que é aportada a um corpo d'água é um elemento fundamental para qualquer manejo que objetive a conservação e o uso sustentável da água. Através da análise integrada entre os fatores de qualidade da água e as características de uso e ocupação do solo em um ecossistema aquático,

juntamente com a distribuição da população urbana e a disponibilidade de infra-estrutura urbana, torna-se possível definir relações de causa e efeito entre as condições de ocupação do recurso hídrico e os fatores de qualidade da água (ZIMMERMANN et al., 2008).

Dentro desse contexto, o monitoramento da qualidade da água torna-se um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (LEMOS, 2010).

Por este motivo, o presente trabalho objetivou obter as relações e as influências dos fatores determinantes na qualidade da água da lagoa de Porangabussu, utilizando métodos estatísticos multivariados, bem como relacionar os resultados obtidos com os índices pluviométricos na região do ecossistema.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Lagoa de Porangabussu

A Lagoa de Porangabussu, um dos principais ecossistemas lacustres urbanos Município de Fortaleza, Ceará, faz parte da bacia hidrográfica do rio Cocó, mais especificamente da sub-bacia B1, e possui cerca de 7 hectares de espelho de água. Sua área de preservação não tem sido respeitada e as atividades antrópicas no seu entorno, bem como o lançamento de esgotos têm contribuído para a poluição desta lagoa. No ano de 2006, a Prefeitura Municipal de Fortaleza iniciou um trabalho de monitoramento e limpeza deste e de vários outros ecossistemas lacustres urbanos de Fortaleza, Ceará (FORTALEZA, 2006; FORTALEZA, 2008; IBI CONSULTORIA, 2010).

2.2. Obtenção dos Dados da Lagoa de Porangabussu

Para proposição e determinação dos fatores de qualidade da água do ecossistema lacustre estudado foram compilados dados de três pontos de coleta (entrada do tributário principal, centro e sangradoruro). Na Figura 1 é ilustrada a localização dos pontos de coleta selecionados. Os dados geográficos (georeferenciamento) dos pontos estão dispostos na Tabela 1.



Figura 1 – Localização dos pontos de coleta da lagoa de Porangabussu.
Fonte: GOOGLE, 2010.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta na Lagoa de Porangabussu.

PONTOS DE COLETA	REFERÊNCIA LOCAL	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
Ponto 1	Entrada do tributário principal	3°44'610"S / 38°33'127"O
Ponto 2	Centro	3°44'673"S / 38°33'002"O
Ponto 3	Sangradouro	3°44'639"S / 38°32'856"O

Nestes pontos, amostras superficiais (30 a 50 cm de profundidade) foram coletadas bimestralmente, no período compreendido entre agosto de 2006 a fevereiro de 2009, no âmbito de convênio entre a Prefeitura Municipal de Fortaleza, o Centro de Pesquisa e Qualificação Tecnológica e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. As amostras coletadas foram analisadas em relação a 33 parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. Todas as análises dos parâmetros foram determinadas seguindo metodologias do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

2.3. Tratamento dos Dados e Obtenção dos Fatores de Qualidade

O registro eletrônico e a formatação dos dados obtidos nas campanhas de coleta foram realizados utilizando o aplicativo computacional de planilhas eletrônicas Microsoft® Excel® 2003. Além disso, destaca-se que a obtenção dos fatores de qualidade, através de técnicas estatísticas multivariadas, deu-se através do programa computacional SPSS® 13.0 for Windows.

Inicialmente, antes da aplicação da análise de componentes principais (ACP) e da análise de agrupamentos (AA), realizou-se o tratamento prévio dos dados através de uma estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação, etc.), com o objetivo de observar a variabilidade (dispersão) destes para o corpo hídrico estudado, bem como a eliminação de dados discordantes.

Posteriormente, aplicou-se a ACP no intuito de reduzir o quantitativo de variáveis que representavam as as variações da qualidade da água do manancial estudado. O emprego desta se deu com 26 parâmetros físico-químicos, ausência e presença de metais, respectivamente. Nesta análise estatística multivariada, para os parâmetros considerados eram determinadas o teste de adequabilidade de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), suas matrizes correlação, matrizes anti-imagem, a medida de adequação da amostra (MAS), bem como a porcentagem de variância total explicada pelas componentes. Estes indicadores foram utilizados como critério de redução e seleção dos parâmetros mais relevantes.

Assim, a partir do conjunto de dados utilizados, foram excluídos aqueles cuja adequabilidade com os demais fosse inferior a 0,50. Ao mesmo tempo, os valores obtidos para o KMO eram verificados, evitando prioritariamente que o mesmo ficasse inferior a 0,7, garantindo dessa forma uma ACP satisfatória. Além disso, a MAS pode ser calculada tanto para toda a matriz de correlação quanto para cada variável individual e que permite avaliar o quanto é adequada à aplicação da análise ao sistema. Acrescenta-se, que os fatores comuns foram extraídos e rotacionados (método varimax), possibilitando uma melhor interpretação destes fatores. Ainda, a rotação pelo método varimax possibilita uma distribuição mais equilibrada das porcentagens de variância explicada entre as componentes principais (HAIR JR, 2005).

Então, após a realização dos testes de pré-tratamento e a aplicação dos critérios de redução e seleção dos parâmetros, prosseguiu-se com o estudo com 15 variáveis físico-químicas para determinar os fatores de qualidade da água, pois este conjunto, além de fornecer um KMO satisfatório (KMO = 0,771), também fornecia uma variância explicada, para as três componentes, de aproximadamente 77,03%.

As variáveis selecionadas foram as seguintes: temperatura (T), condutividade elétrica (CE), cor verdadeira (CV), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos dissolvidos totais (SDT), alcalinidade (ALC), dureza total (DT), potencial hidrogeniônico (pH), fósforo total (PT), ortofosfato solúvel (OPS), sulfato (SO₄), sulfeto (S) e amônia total (NH₃).

A Análise de Agrupamento (AA) também foi aplicada aos três pontos de amostragem para o sistema lacustre de Porangabussu. Esta foi obtida através da média dos valores inteiros no período inteiro para os parâmetros selecionados no intuito de se avaliar a similaridade entre os pontos. A análise de agrupamentos empregada baseou-se método de Ward utilizando o quadrado da distância euclidiana e a norma z-escore.

3. RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 2 nos mostra as estatísticas descritivas (mínimo, máximo, desvio padrão, coeficiente de variação e média) dos dados experimentais obtidos. Acrescenta-se que diagramas de caixa foram feitos para todas as variáveis analisadas.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos parâmetros selecionados.

Parâmetros	Dados	Média	Desvio Padrão	Coef. de Var.	Mínimo	Máximo	Ampl. Total
T (°C)	45	28,8	1,6	6%	24,0	33,0	9,0
CE (uS/cm)	45	444	166	37%	216	680	464
CV (uH)	45	28	13	46%	15	62	47
ST (mg/L)	45	740	1186	160%	224	6282	6058
STV (mg/L)	45	407	1117	274%	6	5838	5832
SSV (mg/L)	45	22	12	53%	3	53	50
SDT (mg/L)	45	700	1189	170%	121	6255	6134
ALC (mg CaCO ₃ /L)	45	163	86	53%	83	362	279
DT (mg CaCO ₃ /L)	45	161	57	35%	84	250	166
pH	45	8,58	0,57	7%	7,63	9,60	1,97
PT (mg/L)	45	0,776	1,273	164%	0,143	6,657	6,514
OPS (mg/L)	45	0,088	0,107	122%	0,006	0,444	0,438
SO ₄ (mg/L)	45	31,3	13,6	43%	14,0	72,0	58,1
S (mg/L)	45	1,03	0,71	69%	0,10	2,93	2,83
NH ₃ (mg/L)	45	0,612	0,805	132%	0,042	3,790	3,748

Ao analisar a Tabela 2 pode-se observar que alguns parâmetros como: ST, STV, SDT, PT, OPS e NH₃ apresentaram seus desvios padrões relativamente elevados. Isso pode ser explicado pela significativa influência das atividades antrópicas nos parâmetros em alguns períodos de coleta. Pode-se citar, por exemplo, as frações sólidas (ST, STV e SDT), as quais tiveram alterações destacáveis nos três pontos de amostragem na coleta de dezembro de 2006 (início do período chuvoso). Podemos inferir ainda que, os parâmetros ALC, DT e pH apresentam as médias superiores aos seus respectivos desvios padrões e coeficientes de variações, o que provavelmente implica numa boa capacidade de tamponamento do ecossistema estudado.

Nas Tabelas 3 e 4 estão representadas a matriz de correlação e a matriz anti-imagem, os quais garantiram, respectivamente, a importância das variáveis selecionadas e a aplicação satisfatória da análise fatorial para o corpo hídrico estudado.

Tabela 3 – Matriz de correlação dos parâmetros selecionados.

	T	CE	CV	ST	STV	SSV	SDT	ALC	DT	pH	PT	OPS	SO ₄	S	NH ₃
T	1,000														
CE	-0,042	1,000													
CV	0,261	0,400	1,000												
ST	<u>0,594</u>	0,413	<u>0,590</u>	1,000											
STV	<u>0,587</u>	0,318	<u>0,558</u>	<u>0,985</u>	1,000										
SSV	-0,026	0,335	0,189	-0,064	-0,107	1,000									
SDT	<u>0,589</u>	0,413	<u>0,586</u>	<u>1,000</u>	<u>0,985</u>	-0,066	1,000								
ALC	-0,320	<u>0,639</u>	-0,104	-0,044	-0,117	0,252	-0,042	1,000							
DT	-0,256	<u>0,888</u>	0,412	0,237	0,167	0,354	0,238	<u>0,585</u>	1,000						
pH	-0,176	<u>0,534</u>	-0,180	-0,141	-0,197	0,320	-0,141	<u>0,824</u>	0,472	1,000					
PT	0,079	0,375	0,059	0,051	0,019	0,421	0,049	0,149	0,385	0,108	1,000				
OPS	0,271	0,483	0,177	0,356	0,303	0,336	0,354	0,262	0,442	0,172	<u>0,756</u>	1,000			
SO ₄	-0,052	<u>0,833</u>	0,271	0,312	0,232	0,284	0,312	<u>0,508</u>	<u>0,819</u>	0,359	<u>0,639</u>	<u>0,756</u>	1,000		
S	-0,105	<u>0,505</u>	0,280	0,170	0,117	0,134	0,167	<u>0,654</u>	0,431	0,502	-0,101	0,037	0,278	1,000	
NH ₃	<u>0,627</u>	0,203	<u>0,538</u>	<u>0,861</u>	<u>0,819</u>	-0,039	<u>0,860</u>	-0,213	0,012	-0,347	0,009	0,302	0,150	0,022	1,000

Os valores sublinhados representam as correlações mais relevantes dos parâmetros selecionados

Ao analisar a Tabela 3, percebe-se que as variáveis SDT, ST, STV e NH₃ estão significativamente correlacionados, sobretudo esses dois primeiros parâmetros, os quais apresentam uma correlação unitária. Esses resultados corroboram os dados da Tabela 2, o que torna relevante a influência destas variáveis para o comportamento desse manancial. Pode-se inferir ainda que os parâmetros CE, ALC, DT, pH mostram-se bem relacionados, assim como as variáveis PT e OPS.

Tabela 4 – Matriz anti-imagem dos parâmetros selecionados.

	T	CE	CV	ST	STV	SSV	SDT	ALC	DT	pH	PT	OPS	SO4	S	NH3
T	0,735														
CE	-0,045	0,814													
CV	0,065	0,000	0,749												
ST	-0,358	0,031	-0,324	0,747											
STV	0,192	0,369	0,090	-0,145	0,847										
SSV	-0,005	-0,173	-0,204	0,051	-0,102	0,682									
SDT	0,319	-0,102	0,308	-0,984	-0,029	-0,023	0,751								
ALC	0,342	-0,058	0,277	0,091	0,117	0,050	-0,111	0,729							
DT	0,265	-0,431	-0,423	0,062	-0,084	-0,116	-0,053	-0,033	0,832						
pH	-0,357	-0,241	0,147	-0,078	0,049	-0,210	0,070	-0,583	-0,045	0,709					
PT	-0,122	-0,170	0,006	0,006	-0,144	-0,265	0,022	0,009	0,100	0,179	0,785				
OPS	-0,175	0,391	0,021	-0,064	0,010	-0,201	0,058	-0,175	0,012	-0,097	-0,433	0,734			
SO4	0,122	-0,434	0,160	-0,108	0,099	0,299	0,096	0,001	-0,320	0,189	-0,166	-0,600	0,786		
S	-0,012	-0,101	-0,301	-0,255	-0,027	0,011	0,261	-0,548	0,106	0,101	0,120	0,087	0,026	0,705	
NH3	-0,030	0,096	-0,091	-0,005	0,621	-0,224	-0,121	-0,074	0,171	0,341	0,078	-0,123	0,059	0,047	0,830

Os valores em negrito indicam a Medida de Adequação da Amostra (MAS)

Já na Tabela 4, observa-se que as MAS (os valores em negrito na diagonal principal) indicam uma adequabilidade do conjunto de parâmetros à análise de componentes principais, haja vista que todos os valores são superiores a 0,5.

Os dados também foram dispostos em gráficos de colunas para os parâmetros selecionados com o intuito de relacionar a variabilidade das variáveis reduzidas obtidas e sua relação com a precipitação pluviométrica (sazonalidade), disposta na forma de um gráfico de linhas. As figuras seguintes ilustram esta aplicação.

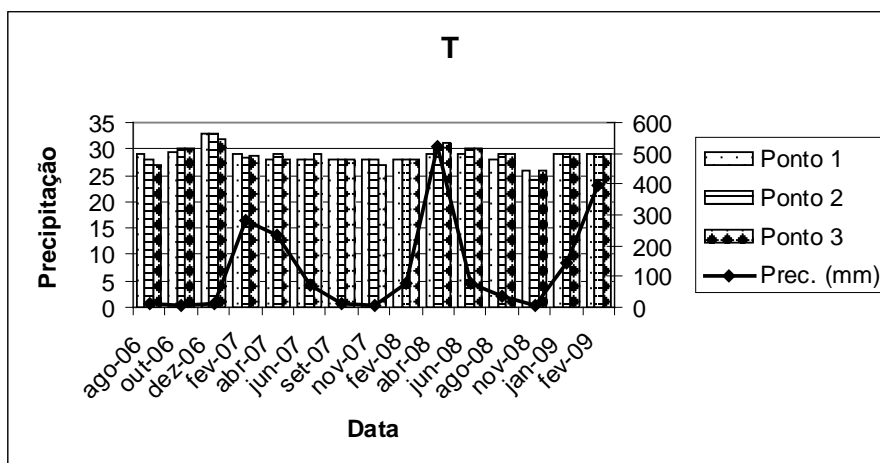


Figura 3 – Comportamento da temperatura ao longo do período de estudo.

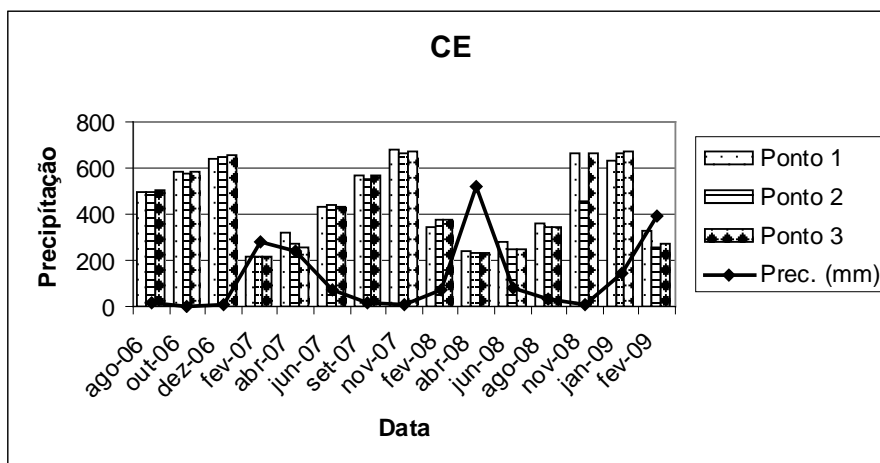


Figura 4 – Comportamento da condutividade elétrica ao longo do período de estudo.

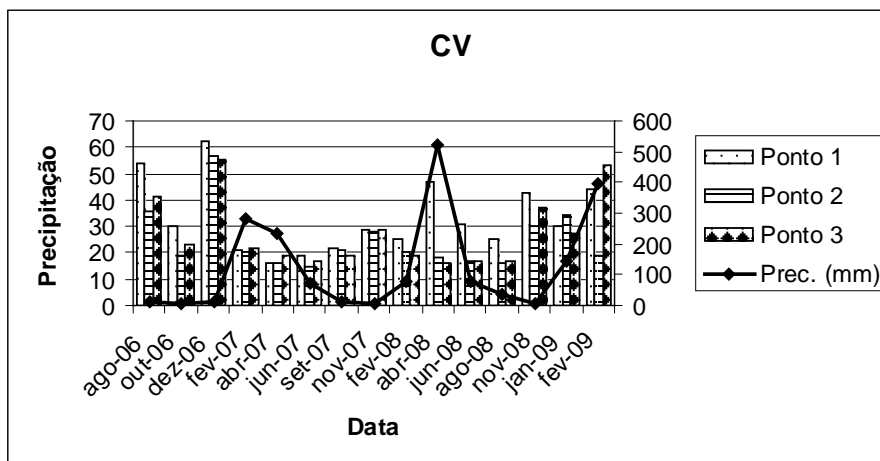


Figura 5 – Comportamento da cor verdadeira ao longo do período de estudo.

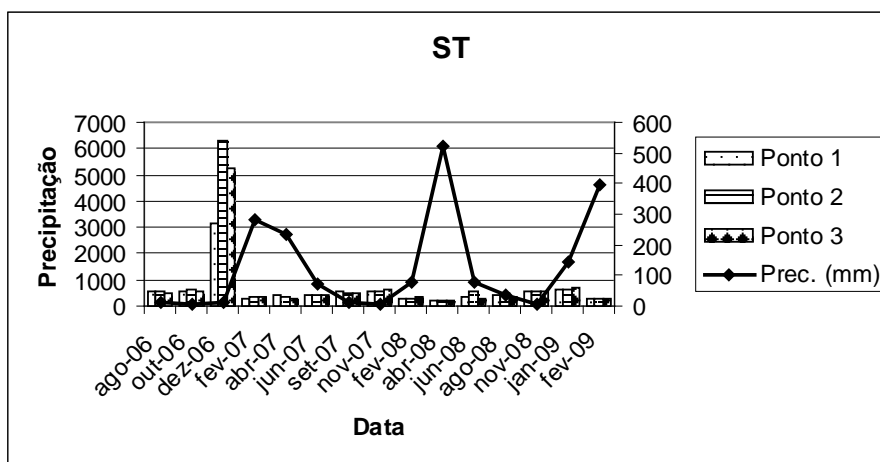


Figura 6 – Comportamento dos sólidos totais ao longo do período de estudo.

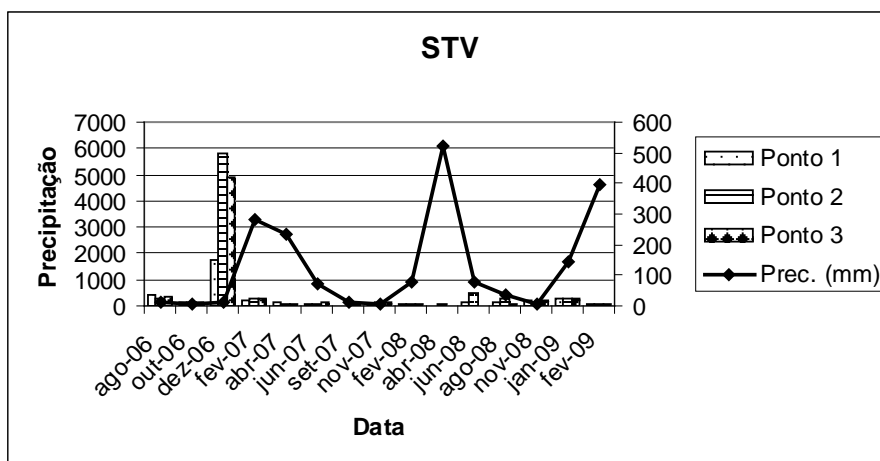


Figura 7 – Comportamento dos sólidos totais voláteis ao longo do período de estudo.

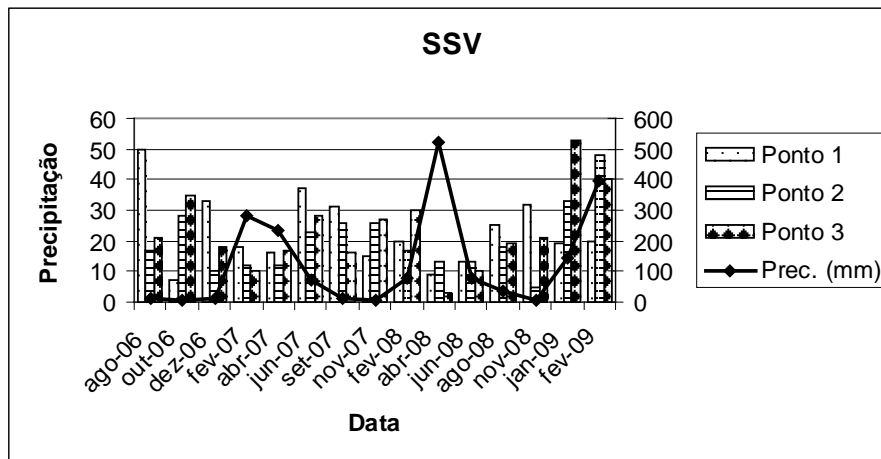


Figura 8 – Comportamento dos sólidos suspensos voláteis ao longo do período de estudo.

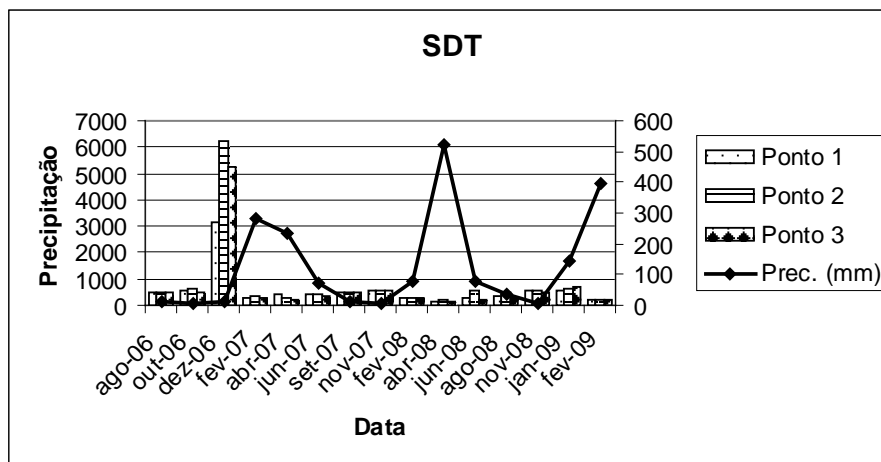


Figura 9 – Comportamento dos sólidos dissolvidos totais ao longo do período de estudo.

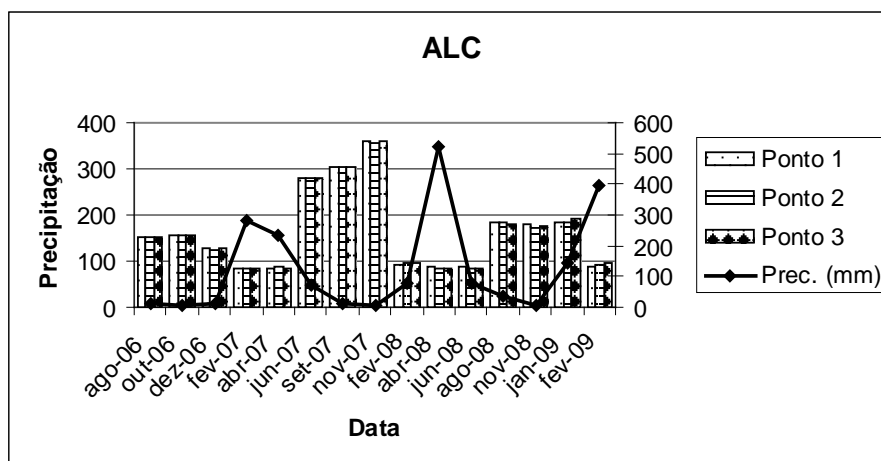


Figura 10 – Comportamento da alcalinidade total ao longo do período de estudo.

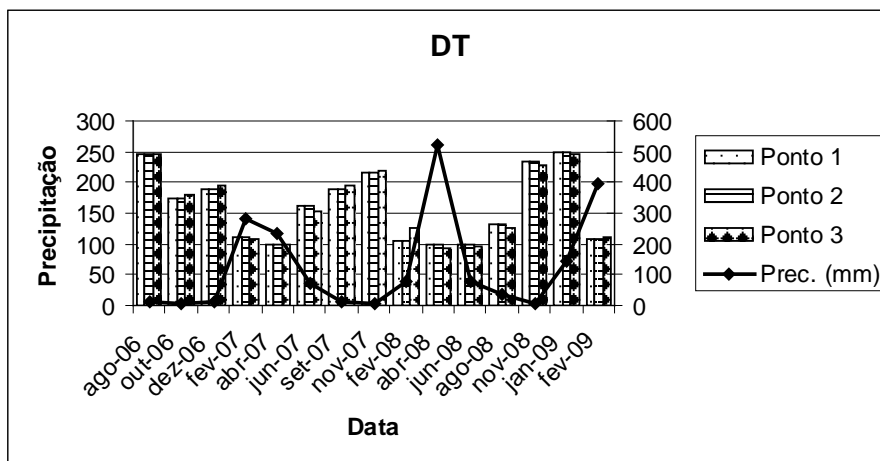


Figura 11 – Comportamento da dureza total ao longo do período de estudo.

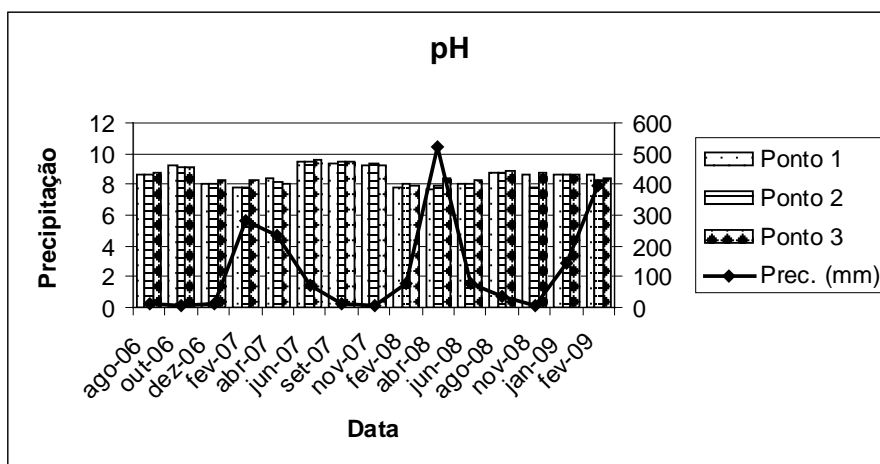


Figura 12 – Comportamento do potencial hidrogeniônico ao longo do período de estudo.

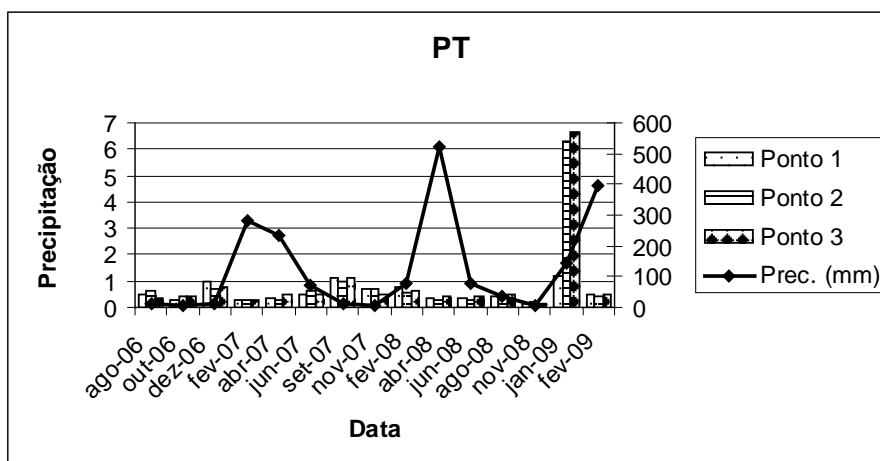


Figura 13 – Comportamento do fósforo total ao longo do período de estudo.

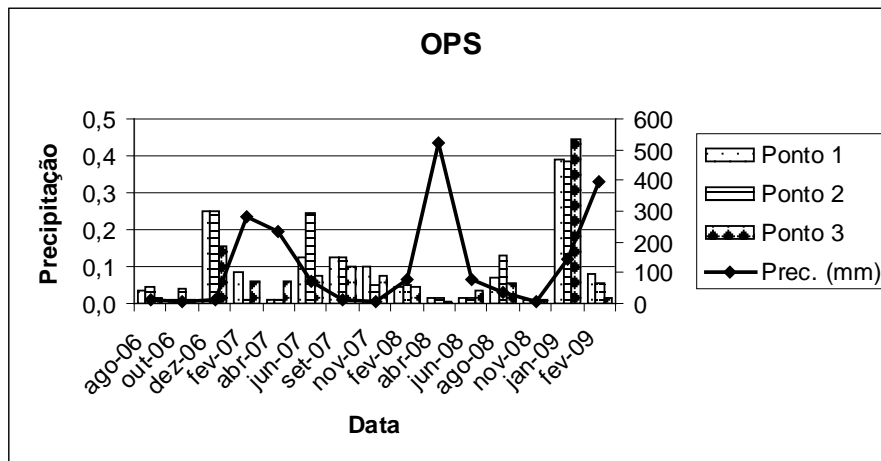


Figura 14 – Comportamento do ortofosfato solúvel ao longo do período de estudo.

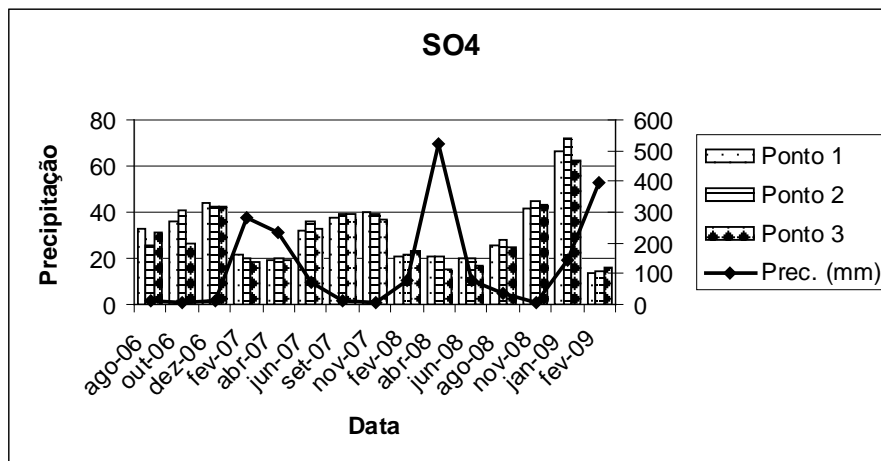


Figura 15 – Comportamento do sulfato ao longo do período de estudo.

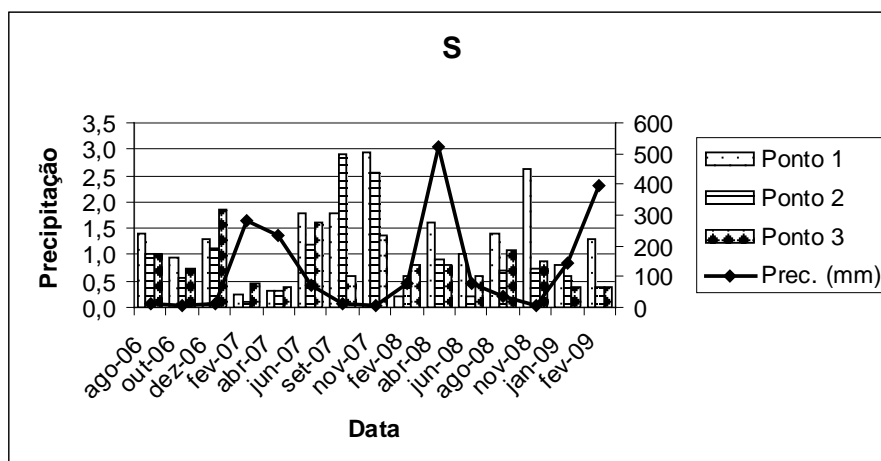


Figura 16 – Comportamento do sulfeto ao longo do período de estudo.

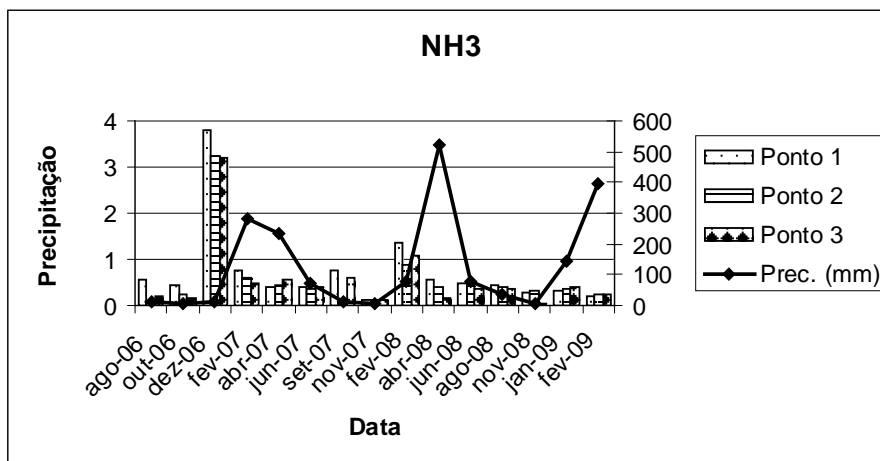


Figura 17 – Comportamento da amônia total ao longo do período de estudo.

Ao fazer a análise dos dados a partir das Figuras 6, 7, 9, 17, observa-se que os parâmetros ao longo do período apresentam comportamentos semelhantes. Nas coletas de agosto de 2006 e outubro de 2006, estação seca, praticamente não houve alterações no quantitativo de matéria orgânica (ST, STV, SDT) em todos os pontos de amostragem, enquanto que o teor de amônia total foi elevado na entrada do tributário principal, em relação aos demais pontos, porém o mesmo atendeu a legislação vigente (CONAMA). Nesse período, não houve variações significativas de temperatura (Figura 3). Além disso, o ecossistema apresentou boa capacidade de tamponamento (Figuras 10, 11, 12). Porém, no período de dezembro de 2006, início da estação chuvosa, o aporte de matéria orgânica lançado no interior do corpo hídrico (Figuras 6, 7, 9) e o teor dos componentes fosfatados (Figuras 13 e 14) foram bastante significativos em todos os pontos de amostragem. Nesse mesmo período, a lagoa de Porangabussu apresentou boa capacidade de tamponamento. No entanto, de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2009, houve uma redução significativa dos teores de ST, STV e SDT.

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16, em termos gerais, os teores de PT, OPS, SO₄ e S foram elevados. No mês de Janeiro de 2009, a quantidade de PT e OPS no interior deste manancial foram bastante elevadas.

De acordo com o mencionado, observa-se, que a variabilidade (dispersão) das variáveis reduzidas obtidas, Tabela 2, e sua relação com os seus índices pluviométricos refletem o comportamento do corpo hídrico. Isso pode explicar as correlações obtidas na Tabela 3.

Subsequentemente, de acordo com os critérios já anteriormente mencionados, foram obtidas e consideradas três componentes principais para explicar os fatores de qualidade da água, conforme apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Componente principal e suas porcentagens totais de variância explicada.

Componente	Variância Explicada	T	CE	CV	ST	STV	SSV	SDT	ALC	DT	pH	PT	OPS	SO ₄	S	NH ₃
1	32,815%	0,657	0,323	0,670	0,977	0,961	-0,104	0,976	-0,166	0,154	-0,260	-0,017	0,289	0,221	0,150	0,907
2	23,722%	-0,341	0,743	0,180	0,088	0,019	0,201	0,089	0,874	0,713	0,770	-0,063	0,068	0,481	0,821	-0,144
3	20,494%	0,062	0,483	0,092	0,073	0,023	0,543	0,072	0,198	0,513	0,170	0,926	0,856	0,760	-0,147	0,040

Pode ser observado que a primeira componente principal (CP1) pode representar as variações nas características do corpo aquático devido ao aporte recente de esgotos, ricos em frações orgânicas, bem como em sólidos, haja vista as mais elevadas cargas fatoriais para os parâmetros CV, ST, STV, SDT e NH₃.

A segunda componente principal (CP2) está associada especificamente ao aporte de íons minerais dissolvidos na água, alterando suas características, possivelmente resultado de assoreamento e lançamento de resíduos sólidos inorgânicos, como se pode perceber nas cargas fatoriais mais elevadas para os parâmetros CE, ALC, DT, pH e S.

Com relação à terceira componente principal (CP3), esta relaciona-se aos nutrientes no meio, mais especificamente aos compostos fosfatados, podendo caracterizar a eutrofização do ambiente.

Também, A partir do dendograma de similaridade, obtido na análise de agrupamento e representado na Figura 18, foram identificadas duas regiões distintas com características similares cada uma: uma região central do corpo hídrico (Ponto 2) e outra região de entorno incluindo a entrada do tributário principal e o sangradouro da lagoa (Pontos 1 e 3).

Os distintos comportamentos estão relacionados à capacidade de autodepuração e ao aporte de esgotos no interior desse corpo hídrico; isto é, na região de entorno onde há constante lançamento clandestino de esgotos através das saídas da rede de drenagem pluvial as características da água são fortemente influenciadas pelo aporte dos efluentes e resíduos carreados, enquanto que na região central, mais distante destes lançamentos, as características retratam uma água menos degradada devido à capacidade de autodepuração da lagoa que consegue reduzir os impactos no ecossistema.

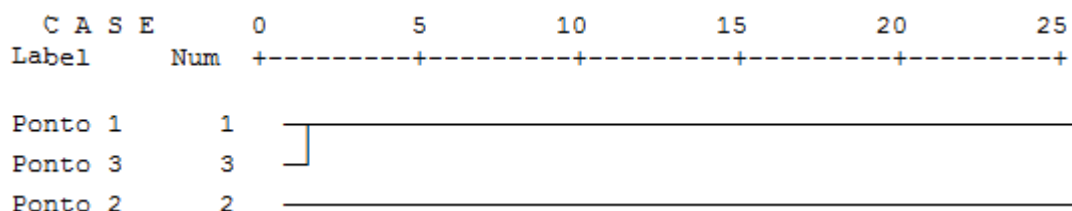


Figura 18 – Dendograma de similaridade dos pontos de coleta.

4. CONCLUSÕES

A partir do emprego da análise de componentes principais, foi possível reduzir o quantitativo de parâmetros que traduzem as variações no comportamento do ecossistema lacustre estudado. Além disso, as variações observadas nos parâmetros selecionados e a precipitação pluviométrica mostraram-se relacionados e coerentes com a tendência esperada, o que ressalta de maneira evidente a importância do acompanhamento das variáveis selecionadas num plano de monitoramento do corpo aquático. Finalmente, os distintos comportamentos estão associados ao aporte de esgotos e resíduos, ao assoreamento e à capacidade de autodepuração do sistema lacustre de Porangabussu.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa PROAPP/IFCE pelo apoio acadêmico através da bolsa de produtividade, ao PIBIC/FUNCAP/IFCE pela concessão das bolsas de iniciação científica e à equipe do LIAMAR do Campus Fortaleza do IFCE pelo suporte analítico e acadêmico na realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, M.M.M.; SILVA, F.J.A.; CARVALHO, R.L.U. **Sobre os sistemas lacustres litorâneos do município de Fortaleza.** In: Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; AIDIS. Gestión ambiental en el siglo XXI. Lima, APIS, 1998. p.1-6, Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98), Lima, 1-5 nov. 1998.
2. FORTALEZA. **Decreto n.º 12.450 de 14 de novembro de 2008, que define os perímetros das áreas de preservação constantes da Planta 1 a que se refere o 1º do art. 10 da Lei n.º 7.987, de 23 de dezembro de 1996.** Diário Oficial do Município n.º 13.946, 18 de novembro de 2008.
3. FORTALEZA. Prefeitura Municipal de Fortaleza - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano. **Projeto Lagoas de Fortaleza.** Fortaleza: SEMAM/PMF, 2006.
4. GOOGLE. **Google Earth Software** versão 5.0.11733.9347. Programa Computacional gratuito disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt/download-earth.html>>. Uso do programa e cópia digital da imagem em 16 de outubro de 2010.
5. HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados.** 5ª ed. Reimpr. 2007. Porto Alegre: Bookman, 2005.
6. IBI CONSULTORIA LTDA. **Revisão do plano de gerenciamento das águas das bacias metropolitanas e elaboração dos planos de gerenciamento das águas das bacias do litoral, acaraú e coreaú, no Estado do Ceará.** Relatório de tarefas 2 - RT2 Bacias Metropolitanas. Fortaleza-CE: Contrato 029/2009/COGER, 2010.

7. LEMOS, M.; NETO, M. F.; DIAS, N. da S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na lagoa do apodi, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 2, p.155-154, 2010.
8. ZIMMERMANN; C. M.; GUIMARÃES; O. M.; ZAMORA; P. G. P. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). Ponta Grossa, PR, Brasil. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732; 2008.