

I-066 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIACHO ALGODOAIS EM PERNAMBUCO EMPREGANDO ACP

Danielle Pires de Souza⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestranda em Engenharia Química com ênfase em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Ana Maria Ribeiro Bastos da Silva

Mestre em Engenharia Civil pela UFPE, Técnica de Laboratório da UFPE

Paula Tereza de Souza e Silva

Doutora em Química pela UFPE, Pesquisadora da Embrapa Semiárido

Gilson Lima da Silva

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP-SP, Professor Adjunto do CA Agreste/UFPE

Valdinete Lins da Silva

Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP-SP, Professora Titular do Departamento de Engenharia Química da UFPE

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 50670-420. e-mail: daniellepiress@hotmail.com

RESUMO

A avaliação da qualidade da água de abastecimento, a nível mundial, tem sido estudada em todo o mundo, apresentando resultados que comprovam sua crescente contaminação dos recursos hídricos. As Organizações das Nações Unidas (ONU) tem alertado sobre o fato dessa crescente contaminação e da urgência para que se pesquise meios para que essas sejam minimizadas. Os efluentes industriais têm sido os grandes vilões da qualidade das águas e têm sido responsáveis pela contaminação de rios e solos. Uma forma eficiente de se otimizar as evidências de uma contaminação tem sido a otimização dos processos industriais existentes para que se possa minimizar essas contaminações. Uma técnica eficaz de se avaliar a qualidade das águas tem sido a aplicação de ferramentas estatísticas. A ACP (Análise de Componentes Principais) surge como uma das ferramentas estatísticas úteis quando se tem muitas variáveis. Neste trabalho foi realizada a avaliação da qualidade das águas do Riacho Algodóais, em setor industrial da Região de Suape, onde as empresas fazem o seu descarte após tratamento de seus efluentes. Foram analisados os parâmetros de qualidade das águas e realizado um estudo estatístico para que os pontos fora da especificação CONAMA 357 fossem detectados.

PALAVRAS-CHAVE: ACP, Qualidade, Água, Riacho Algodóais, Tratamento de Efluentes.

INTRODUÇÃO

Água potável tem sido objeto de preocupação de pesquisadores por todo o mundo, devido à escassez da mesma e à sua crescente contaminação. Diversos fatores são os responsáveis por essa poluição, como o mau uso dos recursos naturais, falta de consciência ambiental, sendo que o maior impacto e o que tem se tornado alvo de estudos são as contaminações provenientes de efluentes industriais.

Esses efluentes tem sido os responsáveis pela contaminação das águas, tornando-se objeto de preocupação das indústrias e dos órgãos ambientais, levando-se à indagação da eficiência e eficácia dos tratamentos de efluentes convencionais. A legislação ambiental tem se tornado cada vez mais restritiva levando-se ao desenvolvimento de novas tecnologias e otimização dos tratamentos convencionais.

Com as exigências dos órgãos competentes, parâmetros como DQO, DBO, Sólidos Totais, entre outros, necessitam ser avaliados de modo a entender o comportamento dos efluentes em estudados. Os parâmetros físico-químicos estudados são empregados em técnicas estatísticas e computacionais de modo a obter uma análise mais detalhada do comportamento desses parâmetros.

Aplicou-se a técnica estatística de Análise de Componentes Principais (ACP) para análise de projeções, onde é possível a visualização dos prováveis agrupamentos, dispersões e avaliação das variáveis escolhidas. A ACP é uma ferramenta estatística multivariada, na qual primeiramente se tem uma redução dos dados através de combinações lineares dos mesmos com características semelhantes. Esse método considera a correlação de vários resultados simultaneamente sendo possível obter uma quantidade maior de informações. Sua principal função é a verificação da responsabilidade das componentes principais frente ao conjunto original de variáveis, ou seja, separar a informação importante, redundante e aleatória, agrupando padrões de comportamento, simplificando a visualização e a interpretação dos resultados. O agrupamento das amostras é apresentado através de gráficos onde os eixos são representados pelos componentes principais (CP). Esses gráficos são chamados de *scores* e *loading*, sendo os *scores* CP versus amostras e *loadings*, CP versus variáveis. Através dos *scores* e *loadings*, é possível a estimativa da influência da cada variável sobre cada amostra.

A utilização da ACP é vista na literatura em diversos ramos de pesquisas. Faro Jr *et al* (2010) utilizou a ACP de espectros Nexafs de Molibdênio em catalisadores de Hidrotratamento; Borges *et al* (2007) estudou a capacidade de complexação e sua relação com algumas variáveis ambientais em cinco represas do rio Tietê/Brasil.

Outros exemplos do emprego da ACP são verificados no trabalho de Silva *et al* (2008), na determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí, bem como nas pesquisas realizadas por Moura *et al* (2006), em estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade das águas do Riacho Algodóais, que atravessa Suape e passa por grandes indústrias, empregando como ferramenta estatística a ACP, através do programa THE UNSCRAMBLER® versão 5.0. O Riacho Algodóais é classificado pelo órgão ambiental competente e pela legislação vigente, CONAMA 357, como água doce de classe 2.

Contou-se com o apoio da equipe de Meio-Ambiente do Complexo Portuário de Suape-PE para a realização desse trabalho.

METODOLOGIA

Foram realizadas duas coletas com pontos previamente definidos, no total cinco pontos, levando em consideração as amostras de água a jusante e montante das indústrias que lançam seus efluentes no Riacho Algodóais. Esses pontos foram localizados através de um equipamento GPS. Essas amostras foram acondicionadas em recipientes limpos de vidro âmbar e sob refrigeração adequada.

Estas amostras foram analisadas de acordo com a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Cor, Sólidos Totais (ST), Turbidez, Condutividade Elétrica (CE), Cloretos (Cl), Nitrogênio Amoniacal (NH₃), Nitrito (NO₂), Nitrito (NO₃) e Fósforo (P).

RESULTADOS OBTIDOS

Na Tabela 1 encontram-se os resultados das análises realizadas e os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005, dos cinco pontos de coleta.

Tabela 1. Resultados dos valores máximo, mínimo e a média das análises dos parâmetros de Qualidade das águas do Riacho Algodãois.

PARÂMETROS	VALORES						CONAMA 357/2005
	MÁXIMO		MÍNIMO		MÉDIA		
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	
pH	8,17	9,23	6,47	6,32	7,02	7,54	6,0 – 9,0
OD (mg/ LO ₂)	4,03	5,9	0,81	0,43	3,15	3,03	>5
DQO (mg/ LO ₂)	613,7	347,9	15,2	18,1	119,09	148,38	-
DBO (mg/ L O ₂)	55,4	105	7	8	19,34	46,2	< 5
Cor (HAZEN)	71	204	30	76	53,29	137,8	<75
ST (mg/L)	274,5	2319,3	80,25	127	164,55	674,6	<500
Turbidez (NTU)	64	49,7	17,7	23,7	42,53	42,3	<100
CE (µS/cm)	935	1476	43,8	57,7	282,67	510,74	-
Cl (mg/L)	50,2	49,7	14,6	6,96	29,07	22,07	<250
NH ₃ (mg/L)	188,2	2,82	53,5	1,41	102,22	1,41	pH ≤ 7,5 → <3,7 8,0 < pH ≤ 8,5 → <3,7
NO ₂ (mg/L)	0,085	0,089	0,038	0,069	0,05	0,07	<1,0
P (mg/L)	2,21	16,8	0,009	8,3	0,84	12,2	<0,05

De posse desses dados, os mesmos foram inseridos no programa THE UNSCRAMBLER ® versão 5.0. Na ACP, foram realizadas duas análises: a) Com o ponto 2 do Riacho; b) Sem o ponto 2. Foram escolhidas essas duas análises, pois os valores da amostra 2 nas duas coletas são discrepantes em relação às outras amostras.

A matriz total dos dados representada no espaço tem as seguintes dimensões: (a) 10 amostras e 13 variáveis e o melhor modelo obtido, neste caso, foi aquele com 2 componentes principais (CP), com uma variância total de 70 %, das variáveis originais, onde pela análise das CP, a CP1 e a CP2 explica respectivamente 48 % e 22% dessa variância; (b), 8 amostras e 13 variáveis. O melhor modelo obtido foi aquele com 2 componentes principais (CP), com uma variância total de 87 %, das variáveis originais, e pela análise das CP, a CP1 e a CP2 explica respectivamente 66 % e 21 % dessa variância.

Análise da CP 1 E CP 2 no caso (a)

As Tabelas 2 e 3 contêm os valores dos pesos dos parâmetros nas respectivas CP. Em negrito encontram-se os maiores valores dos parâmetros e a CP que é mais influenciada por eles. Os valores que estão negativos correspondem ao quadrante que os mesmos estão localizados.

Tabela 2. ACP dos dados das variáveis do Riacho Algodãois no caso (a)

Variáveis	CP1 (42%)	CP2 (28%)
pH	0,400	0,161
OD	-3,28. 10 ⁻²	0,367
DQO	0,367	0,220
DBO	0,311	-0,292
COR	0,175	-0,482
ST	0,336	0,319
TURB	0,290	8,28.10 ⁻³
CE	0,390	0,213
Cl	0,117	-0,111
NH ₃	-3,50. 10 ⁻²	0,368
NO ₂	0,418	-3,80. 10 ⁻²
P	0,195	-0,421

Tabela 3. ACP dos dados das amostras do Riacho Algodoados no caso (a)

Pontos	CP1 (42%)	CP2 (28%)
Alg1 c1	-2,90	1,380
Alg2 c1	2,861	2,582
Alg3 c1	-1,247	0,310
Alg5 c1	-2,112	0,284
Alg7 c1	-0,825	0,997
Alg1 c2	-2,028	-0,153
Alg2 c2	3,490	2,037
Alg3 c2	0,227	-2,005
Alg5 c2	0,364	-1,844
Alg7 c2	2,394	-3,014

A variabilidade total é correspondida por 42% da CP1, visualizado pela Figura 1. Os valores encontrados na Tabela 2 apresentaram as correlações mais fortes que nesse caso é: pH (0,4), DQO (0,367), DBO (0,311), ST(0,336), Turbidez (0,290), CE(0,390), Cloretos (0,117) e NO₂ (0,418). Foi possível observar pela figura 1 que os resultados da ACP apresentam-se coerente, visto que a amostra Alg 2 c1 e Alg2 c2 (à direita) possuem maior valor na maior parte dos parâmetros influenciáveis na CP1, levando a crer que o ocorrido deve-se a um despejo de efluente no momento das mesmas. Os pontos Alg1 c1, Alg1 c2, Alg5 c1 (à direita) são influenciados principalmente pelos parâmetros citados acima, porém de uma forma inversa, já que os mesmos possuem valores menores, sendo essa a razão deles se destacarem na CP1 e pouco destaque na CP2, como pode ser visto na Tabela 3.

A CP 2 é correspondida por 28% da variabilidade total, visualizado pela figura 1. Os valores encontrados na Tabela 2 apresentaram as correlações mais fortes que nesse caso são: OD (0,367), Cor (-0,482), NH₃ (0,368) e P (-0,421). Mostrando que as amostras Alg 2 c1 e Alg2 c2 são influenciadas também pela CP2, o que é coerente visto que essas têm maiores valores de OD e NH₃ e menores valores de Cor e P. A Alg 7 c2 é influenciada pela CP2 porém tem um comportamento inverso das Alg2 c1 e Alg2 c2, tem menores valores de OD e NH₃ e maiores valores de Cor e P, também sofre influência da CP1. As amostras Alg5 c2 e Alg3 c2 são influenciadas pela CP2 e sofrem pouca influência da CP1 conforme visualizamos na Tabela 3 e na Figura1.

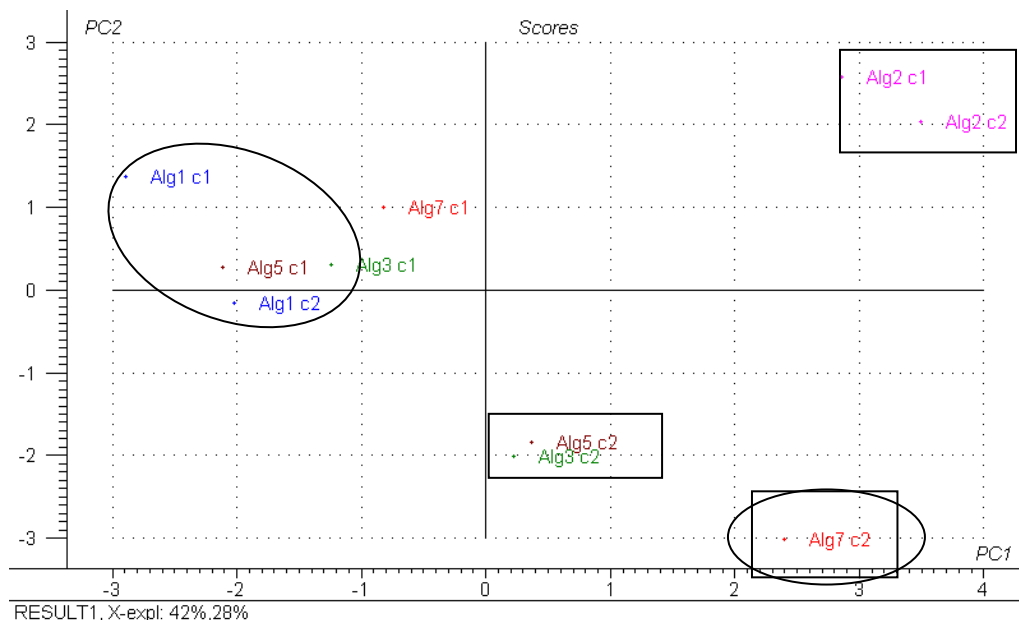


Figura 1: Escores das amostras das CP1 e CP 2 com os valores máximos e mínimos

Análise da CP 1 E CP 2 no caso (b)

As Tabelas 4 e 5 contêm os valores dos pesos dos parâmetros nas respectivas CP. Em negrito encontram-se os maiores valores dos parâmetros e a CP que é mais influenciada por eles. Os valores que estão negativos correspondem ao quadrante que os mesmos estão localizados.

Tabela 4. ACP dos dados das variáveis do Riacho Algodão no caso (b)

Variáveis	CP1 (66%)	CP2 (21%)
pH	0,314	0,156
OD	-0,280	-0,204
DQO	0,343	-1,94.10 ⁻²
DBO	0,336	-8,79.10 ⁻²
COR	0,315	-0,231
ST	0,286	0,166
TURB	0,223	0,362
CE	0,318	0,214
CI	0,270	0,397
NH3	-0,171	0,518
NO2	0,300	-0,284
P	0,262	-0,401

Tabela 5. ACP dos dados das amostras do Riacho Algodão no caso (b)

Amostras	CP1 66%	CP2
Alg1 c1	-3,430	-0,021
Alg3 c1	-0,389	1,300
Alg5 c1	-1,779	0,415
Alg7 c1	-0,382	2,874
Alg1 c2	-2,404	-2,332
Alg3 c2	1,213	-1,359
Alg5 c2	1,736	-0,734
Alg7 c2	5,402	-0,082

A variabilidade total é correspondida por 66% da CP1, visualizado pela Figura 2. Os valores encontrados na tabela 4 apresentaram as correlações mais fortes que nesse caso são: pH (0,314), OD (-0,280), DQO (0,343), DBO (0,336), Cor (0,315), ST (0,286), CE (0,318) e NO₂ (0,300). Analisando as amostras mais significativas apresentadas na Figura 2, temos o ponto Alg 1 c1, que é influenciada inversamente pela CP1 pois os valores dos parâmetros são os menores e isto é comprovado na Tabela 5, sendo apenas o OD de maior valor. A Alg7 c2 tem comportamento oposto ao da Alg 1 c1 e é diretamente influenciada pelos parâmetros da CP1, sendo o seu OD de menor valor. A Alg1 c2 é influenciada pelas duas CP, porém um pouco mais pela CP1, mas em ambas a influência é inversa.

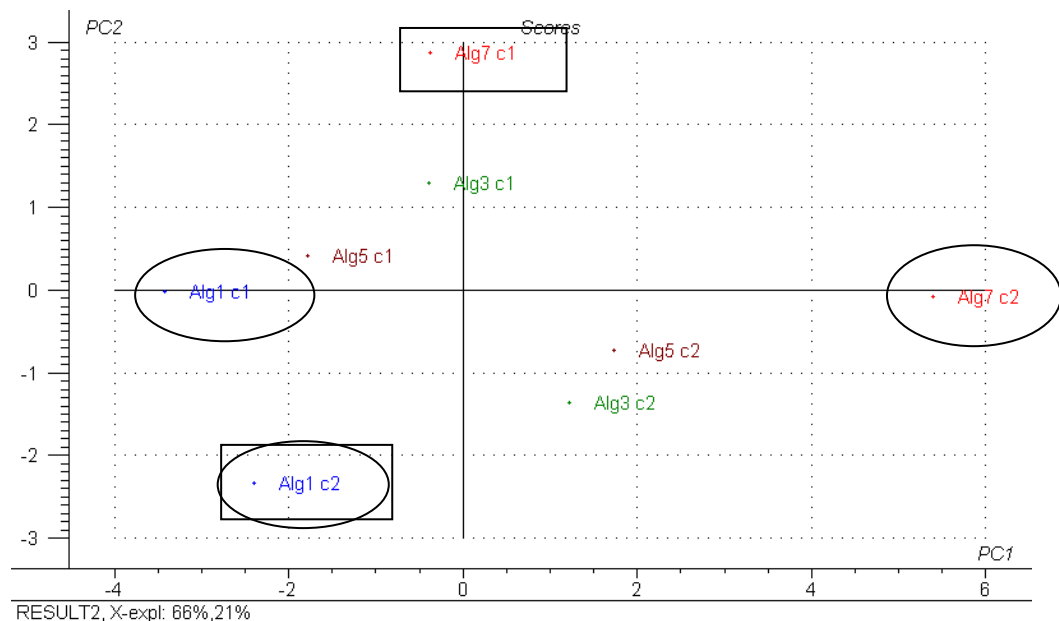


Figura 2: Escores das amostras das CP1 e CP2 sem os valores máximos

A variabilidade total é correspondida por 21% da CP2, visualizado pela Figura 2. Os valores encontrados na Tabela 4 apresentaram as correlações mais fortes para a CP2 que nesse caso são: Turbidez (0,362), Cl (0,397), NH_3 (0,518) e P (-0,401). Analisando as amostras apresentadas na figura 2, temos o ponto Alg 7 c1, que é influenciado diretamente pela CP2 e nenhuma influência da CP1, tendo os maiores valores dos parâmetros acima citados, exceto o Fósforo que é o inverso.

CONCLUSÕES

Da pesquisa realizada foi possível concluir que:

- As análises de qualidade realizadas tiveram resultados que se encontram em grande parte fora da especificação do CONAMA 357/05, o que indica uma ineficiência no tratamento dos efluentes lançados no Riacho pelas indústrias próximas;
- Através da ACP, foi possível observar que só houve similaridade entre as duas coletas na amostra 2, remetendo a hipótese do lançamento do efluente puro, sem a mistura da água do Riacho. A dispersão das amostras e os resultados das análises mostra que houve um aumento de valores fora da especificação na maioria das amostras. A ACP auxilia a visualização desses pontos que tiveram um aumento de valores e qual foi o parâmetro de qualidade que influenciou nesse aumento;
- O ponto Alg 7 mostra um aumento nos valores dos parâmetros de qualidade realizados entre as duas coletas, o que leva a concluir que o efluente não foi tratado de maneira eficiente, visto que os valores ficaram muito fora de especificação, o que é corroborado pela análise dos gráficos apresentados neste trabalho;

Esse estudo indica o quão importante são ferramentas estatísticas, como a ACP, facilitando a visualização de um conjunto de dados. Pela ACP foi possível observar estatisticamente quais parâmetros estão influenciando nas águas, porém, se faz necessário um acompanhamento dessas águas.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, à FACEPE, Projeto CNPQ/INCTAA e a equipe de Meio-Ambiente do Complexo Portuário de Suape-PE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA: American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21ª ed, New York, 2005.
2. BORGES, E. C. L., MOZETO, A. A., NEVES, E. F. A., NETO, W. B., BEZERRA, J. M., Estudo da Capacidade de Complexação e sua relação com algumas variáveis ambientais em cinco represas do rio Tietê / Brasil. Química Nova, v.30, n.7, 1505-1511, 2007.
3. BRITTO, J. M., RANGEL, M. C., Processos Avançados de Oxidação de Compostos Fenólicos em Efluentes Industriais. Química Nova, v.31, n.1, 2008.
4. FARO Jr, A.C., RODRIGUES, V.O., EON, J., ROCHA, A. S., Análise por Componente Principais de Espectros Nexafs na especiação do Molibdênio em Catalisadores de Hidrotratamento. Química Nova, v.33, n.6, 1342-1347, 2010.
5. MOTA, A. L. N., Desenvolvimento de um Reator Fotoquímico Aplicável no Tratamento de Efluentes Fenólicos presentes na Indústria do Petróleo. Natal, 2005. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
6. MOURA, M. C. S., LOPES, A. N. C., MOITA, G. C., NETO, J. M. M., Estudo Multivariado de Solos Urbanos da Cidade de Teresina, Química Nova, v.29, n.3, 2006.
7. SILVA, F. L. N., SANTOS Jr, J. R. S., NETO, J. M. M., SILVA, R. L. G. N., FLUMIGNAN, D. L., OLIVEIRA, J. E., Determinação de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, e Xilenos em Gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí. Química Nova, v. 32, n.1, 56-60, 2008.
8. TEIXEIRA, C. P. A. B., JARDIM, W. F., Processos Oxidativos Avançados, Caderno Temático v. 03, 2004.