

## II-049 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS AFLUENTES E EFLUENTES DE ETE DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA UTILIZANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

**Daniella Carla Napoleão<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, DEQ-UFPE

**Danielle Pires de Souza**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, DEQ-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

**Valdinete Lins da Silva**

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

**Endereço<sup>(1)</sup>:** 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: danicarlan@gmail.com

### RESUMO

O emprego de técnicas estatísticas e computacionais vem sendo utilizado cada vez mais, objetivando encontrar as melhores condições operacionais do que se tem estudado. É com essa visão que se busca empregar técnicas como Análise de Componentes Principais (ACP), a qual se baseia em combinações lineares das variáveis originais. Neste trabalho foi possível utilizar a técnica de ACP para avaliar as condições dos afluentes e efluentes de uma indústria farmacêutica. Inicialmente foram coletadas amostras dos afluentes e efluentes da ETE da indústria e em seguida analisados os seguintes parâmetros: DQO, DBO, Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Fixos, Óleos e Graxas, Sólidos Sedimentáveis e pH. A análise de componente obteve um modelo de variância total de 90% das variáveis originais, com a CP1 representando 72% e a CP2 18% da variância total. A CP1 obteve como parâmetros de maior influência: DQO (0,363), ST (0,397), STV (0,377), STF (0,396), pH (0,403). Por outro lado, a CP2 foi responsável pela correlação dos seguintes parâmetros: DBO (-0,429), OG (0,571), SSed (-0,506). Esse estudo permitiu verificar uma coerência entre as amostras de entrada e saída, bem como perceber que a ETE analisada conseguiu tratar seus afluentes quanto aos sólidos de modo satisfatório.

**PALAVRAS-CHAVE:** ACP, Efluentes, Farmacêutico.

### INTRODUÇÃO

A Engenharia Química Ambiental tem se preocupado com a qualidade das águas, quer sejam superficiais ou subterrâneas, bem como com as águas provenientes das estações de tratamentos químicos ou biológicos. Sendo assim, é importante antes de propor qualquer tipo de tratamento a esses afluentes caracterizá-los de modo a identificar qual o melhor a tratamento a ser empregado. É nesse sentido que o emprego de técnicas estatísticas e computacionais surge como uma ferramenta capaz de indicar as melhores condições de trabalho.

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais várias variáveis são medidas de modo simultâneo. Estas variáveis apresentam uma correlação entre si, apresentando um aumento na complexidade da análise quanto maior for o número de variáveis. A aplicação dessa técnica tornou-se possível graças ao grande avanço da tecnologia computacional e ao grande número de *softwares* estatísticos com módulos de análise multivariada.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada baseada nas combinações lineares das variáveis originais. O novo conjunto de variáveis, denominadas componentes principais, são ortogonais entre si e, portanto, não correlacionadas. As primeiras componentes principais explicam a maior

parte da variância total contida no conjunto de dados e podem ser usadas para representá-lo, que contém  $m$  variáveis, de modo que é possível compactar grande parte da informação linear desse sistema em apenas  $k$  novas variáveis, onde  $k < m$ . Assim, a  $i$ -ésima componente principal de um conjunto de  $m$  variáveis é definida segundo a equação 1, onde  $Z_i$  é a componente principal, os  $a_{ij}$  são os loadings e  $X_j$  são as variáveis originais.

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{im}X_m \quad \text{equação (1)}$$

A preocupação da análise de componentes principais é o entendimento do modo e ação ou comportamento dos componentes de um sistema ou subsistema. a análise de PCA, a qual é muito utilizada em estudos de modelagem em ambientes aquáticos e estudos ecológicos, oferece um método objetivo para manusear uma grande parcela de dados abióticos e bióticos e ainda é um redutor de complexidade de sistemas multidimensionais pela maximização dos carregamentos dos componentes principais e eliminação de componentes inválidos.

Existem na comunidade científica diversos trabalhos publicados que mostram a utilização dos componentes principais na estimativa da qualidade da água, a Tabela 1 relaciona alguns trabalhos que merecem destaque.

**Tabela 1: Resumo de Trabalhos Científicos que empregam a Técnica de ACP em trabalhos de qualidade da água**

Trabalho (Referência)	Utilização do PCA
Parinet et al. (2004)	Lago eutrófico: confirmação que os valores de todas as variáveis analíticas estão ligados ambos as causas e efeitos da eutrofização (efeito de validação). Os autores concluíram que nenhum dos valores estudados pode descrever com precisão um estado trófico sozinho.
Primpas et al. (2007)	Os autores investigam o desenvolvimento de um índice multivariável de eutrofização utilizando nutrientes e valores de clorofila $\alpha$ , concentrações de fosfato, nitrato, nitrito, amônia do Golfo de Saronikos.
Noori et al. (2010)	Aplicou-se a análise de componentes principais para determinar as estações de monitoramento e parâmetros importantes da qualidade de águas superficiais do Rio Karoon com base nos parâmetros físicos e químicos.
Zimmermann et al. (2008)	O trabalho avaliou as alterações na qualidade da água do Rio Tibagi causados pelas atividades urbanas e industriais na região de Ponta Grossa. O estudo envolveu o monitoramento físico-químico e microbiológico da massa de água, utilizando uma rotina de análise de componentes principais.

O presente trabalho visa avaliar as condições dos afluentes da Estação de Tratamento e dos efluentes lançados por uma indústria farmacêutica empregando como ferramenta estatística Análise de Componentes Principais (ACP). Nesta indústria são fabricados os mais diversos tipos de medicamentos como: antiinflamatórios, antipiréticos, analgésicos e antibióticos.

## METODOLOGIA

Foram coletadas amostras na entrada e saídas do sistema de tratamento físico-químico e biológico da Indústria. As amostras foram coletadas, armazenadas sob refrigeração e analisadas num prazo de 24h.

Os parâmetros de análise para o presente estudo foram os seguintes: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Totais Fixos (STF), Óleos e Graxas (OG), Sólidos Sedimentáveis (SSed) e pH. A metodologia empregada seguiu o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Os dados de análise obtidos foram utilizados para a ACP, onde foi possível avaliar as variáveis escolhidas. O programa utilizado para essa análise foi o THE UNSCRAMBLER ® versão 5.0.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros de qualidade, juntamente com os parâmetros da resolução adotada, o CONAMA 357, água doce classe 2. É importante salientar que o pH da amostra da ETE na entrada não atende os valores estabelecidos para classe 2 (pH entre 6 e 9), contudo os valores de saída estão de acordo com o padrão de lançamento (pH entre 5 e 9).

**Tabela 1. Resultados das análises dos parâmetros de qualidade dos afluentes e efluentes da indústria farmacêutica de agosto e setembro de 2010**

Amostras	03/08/10		18/08/10		26/08/10		31/08/10		14/09/10		19/10/10		CONAMA 357
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )	2029,3	389,6	1703,6	293,2	1481,4	309,1	1223,4	434,3	3908,6	298,8	4058,5	246,2	---
DBO (mg/L de O <sub>2</sub> )	538,7	<b>190,0</b>	1206,3	<b>109,8</b>	739,1	<b>109,9</b>	981,2	<b>421,3</b>	2280,2	<b>168</b>	1307,9	<b>83,8</b>	<5
ST (mg/L)	1007,0	392,5	941,0	242,0	712,0	251,0	666,5	218,5	749,5	199,8	794,0	264,2	<500
STV (mg/L)	385,5	134,5	260,5	98,5	244,5	95,3	201,5	102,0	226,5	79,8	286,5	94,8	-
STF (mg/L)	621,5	258,0	680,5	143,5	467,5	155,8	465,0	116,5	523,0	120,0	507,5	169,5	-
OG (mg/L)	20,1	15,4	10,9	8,9	18,2	12,1	17,1	8,1	9,2	7,8	13,5	5,9	-
SSed (mL/L)	0,5	0,2	0,9	0,8	0,8	0,5	4,0	1,0	4,0	0,2	3,0	0,2	-
pH	10,7	<b>5,7</b>	11,4	6,0	11,7	<b>5,8</b>	11,6	<b>5,0</b>	12,0	<b>5,2</b>	11,3	6,0	6,0-9,0

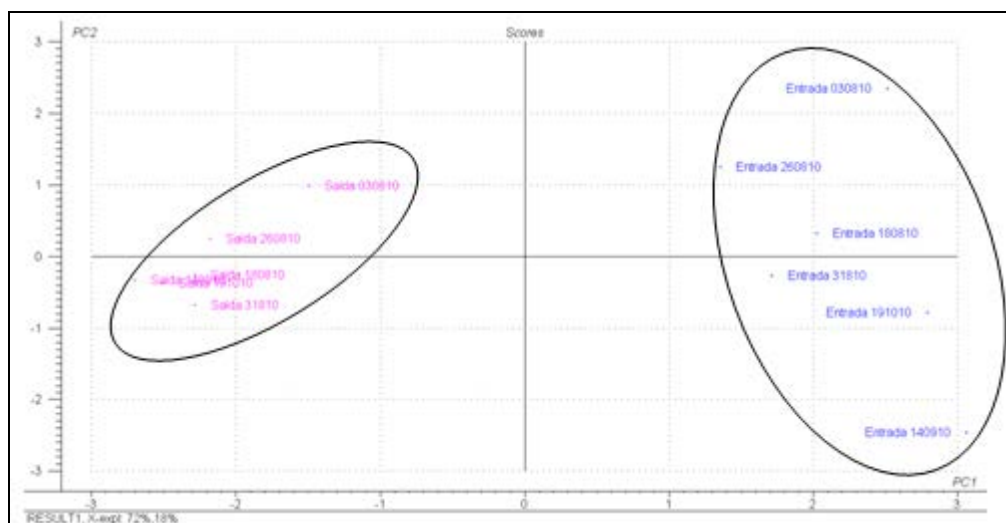
E = entrada e S = saída

As análises realizadas no ACP contém uma matriz total dos dados com doze amostras e oito variáveis, obtendo um modelo de variância total de 90% das variáveis originais, na qual pela análise das Componentes Principais (CP), a CP1 representa 72% e a CP2 18% da variância total. A Tabela 2 contém os valores dos pesos dos parâmetros nas respectivas CP. Esta mesma tabela apresenta em destaque os maiores valores dos parâmetros e a respectiva CP que possui maior influência sob o parâmetro analisado.

**Tabela 2: Resultados da ACP**

	CP1 (72%)	CP2 (18%)
DQO	<b>0.363</b>	-0.281
DBO	0.347	<b>-0.429</b>
ST	<b>0.397</b>	0.205
STV	<b>0.377</b>	0.296
STF	<b>0.396</b>	0.158
OG	0.235	<b>0.571</b>
SSed	0.273	<b>-0.506</b>
Ph	<b>0.403</b>	-1,16x10 <sup>-3</sup>

A Figura 1 apresenta o resultado dos escores das amostras na CP1 *versus* a CP2 caracterizando 90% das amostras de acordo com os parâmetros físico-químicos.



**Figura 1: Escores das amostras nas duas primeiras componentes**

A CP1 corresponde a 72% da variabilidade total dos dados apresentado pela Figura 1, a Tabela 2 proporciona a visualização da correlação dos parâmetros de maior influência: DQO (0,363), ST (0,397), STV (0,377), STF (0,396), pH (0,403). A análise da Figura 1 mostra ainda que o resultado da ACP apresenta-se coerente, visto que as amostras referentes à entrada (à direita) possuem maior influência da CP1, as quais apresentam os seus valores mais altos. No mesmo gráfico pode-se ver à esquerda que as amostras da saída por possuírem valores mais baixos se destacam nessa análise de componente. A análise da CP1 permite verificar ainda que durante o período de estudo embora os efluentes da ETE possuam uma variação, que se deve a variação de produção dos produtos farmacêuticos, a ETE consegue remover os sólidos contidos nos afluentes.

A CP2 apresentou uma variabilidade igual a 18%, sendo responsável pela correlação dos seguintes parâmetros: DBO (-0,429), OG (0,571), SSed (-0,506). A análise dessa componente mostra apenas uma pequena influência sobre os dados de entrada, não sendo representativa para os valores de saída. Esta componente mostra ainda que o afluente apresentava uma maior quantidade de amostras biodegradáveis, ou seja, fáceis de serem degradados pelos microorganismos, o que confirma o fato de que a DBO apresenta-se diferenciada em algumas amostras da entrada. O estudo da DBO do efluente não está em conformidade com o CONAMA classe 2.

## CONCLUSÕES

A técnica estatística de Análise da Componente Principal (ACP) permitiu a seleção de duas componentes indicadoras da qualidade do afluente e do efluente da Estação de Tratamento de uma indústria farmacêutica, explicitando 90% da variância total. Logo, foi possível verificar uma coerência entre as amostras de entrada e saída. Foi possível verificar que durante o período de estudo independente do fármaco produzido pela companhia a ETE conseguiu tratar seus afluentes quanto aos sólidos de modo satisfatório.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, à FACEPE, Projeto CNPQ/INCTAA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA: *American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, 21ª ed, New York, 2005.
2. MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Horizonte: Editora UFMG, 2005.
3. NOORI, R.; Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*, v. 260, n.1, p.129-136, 2010.

4. PARINET, B.; LHOTE, A.; LEGUBE, B.; Principal Components analysis: An appropriate tool for water quality evaluation and management application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*, v.178, p.295-311, 2004.
5. PRIMPAS, I.; TSIRTSIS, G.; KARYDIS, M.; Quantitative assessment of eutrophication: A proposed multivariate index. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Environment Science and Technology*, Kos Island, Greece, n.5, 2007.
6. ZIMMERMANN, Ciro Maurício; GUIMARAES, Orliney Maciel; PERALTA-ZAMORA, Patricio Guillermo. Evaluation of the quality of the water body of the Tibagi river in the region of Ponta Grossa using principal components analysis (PCA). *Química Nova*, v.31, n.7, p. 1727-1732, 2008.