



Utilização de Métodos Estatísticos Multivariados no Monitoramento de Qualidade da Água da Lagoa Mirim

Andressa Drose¹, Marlon Heitor Kunst Valentini^{2*}, Victória Huch Duarte³, Gabriel Borges dos Santos⁴, Willian César Nadaleti⁵, Bruno Vieira⁶

¹Engenheira Sanitarista e Ambiental, Universidade Federal de Pelotas

²Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Brasil (*Autor correspondente: Marlon.valentini@hotmail.com)

³Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

⁴Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

⁵Doutor em Engenharia Ambiental, professor da Universidade Federal de Pelotas, Brasil

⁶Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, professor da Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 14/06/2020 – Revisado em: 16/08/2020 – Aceito em: 18/08/2020

RESUMO

O monitoramento ambiental de corpos hídricos gera uma grande quantidade de dados, e avaliá-los através de uma visão global é de extrema importância. Uma ferramenta muito utilizada para auxiliar no monitoramento ambiental são os métodos estatísticos multivariados, que permitem uma melhor compreensão do sistema aquático, avaliando os parâmetros analisados em conjunto com base em critérios objetivos. Nesse trabalho aborda-se o método multivariado de Análise de Componentes Principais (ACP). Esse método permite que se compreenda a interação dos parâmetros de qualidade do corpo hídrico sem maior perda de explicabilidade de dados. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de identificar os grupos de poluição presentes na Lagoa Mirim, através da utilização da Análise de Componentes Principais. Com os resultados obtidos pode-se averiguar que os principais grupos de poluição da Lagoa Mirim são oriundos da ação antrópica, além do fato de que os parâmetros relacionados com poluição orgânica (difusa e de origem antropogênica) e os parâmetros relacionados a componentes físicos do solo e rochas (como sólidos e nutrientes, como o fósforo) são os que devem receber atenção especial em planos de monitoramento.

Palavras-Chaves: Monitoramento ambiental; qualidade hídrica; poluição; análise de componentes principais

Use of Multivariate Statistical Methods to Monitor Water Quality of Mirim Lagoon

ABSTRACT

Environmental monitoring of water bodies generates a large amount of data and assessing them through an overview is extremely important. A widely used tool to assist in environmental monitoring is multivariate statistical methods, that allow a better understanding of the aquatic system, evaluating the parameters analyzed together based on objective criteria. This paper addresses the multivariate method of Principal Component Analysis (PCA). That method allows understanding of the interaction of water body quality parameters without further loss of data explicability. Thus, the present work objectified to identify the collection points and the pollution groups present in Mirim Lagoon, through the use of Principal Component Analysis. With the obtained results it can be verified that the main pollution groups of the Mirim Lagoon come from the anthropic action, besides that the parameters related to organic pollution (diffuse and anthropogenic origin) and parameters related to soil and rock physical components (solids and nutrients, like phosphorus) they should receive special attention in monitoring plans.

Keywords: Environmental monitoring; water quality; pollution; principal component analysis

Drose, A., Valentini, M., Duarte, V., Santos, G., Nadaleti, W., Vieira, B (2020). Utilização de Métodos Estatísticos Multivariados no Monitoramento da Lagoa Mirim. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.4, p.58-67.



1. Introdução

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode – se dizer que a qualidade de um determinado recurso hídrico é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (Freitas & Freitas, 2005).

A preocupação mundial está voltada para a qualidade da água para consumo humano, uma vez que o desenvolvimento das cidades e o crescimento populacional acabaram influenciando diretamente no aumento da poluição e degradação dos recursos naturais (Junior, 2005). Uma água de má qualidade pode resultar em fatores nocivos para a saúde, se consumida fora dos padrões de potabilidade pré-estabelecidos, além de afetar o ecossistema aquático e, também, o ecossistema terrestre (Merten & Millena, 2002; Razzolini & Günther, 2008).

Diante desse contexto, é primordial monitorar a qualidade da água, de forma a possibilitar o acompanhamento dos processos evolutivos/estacionários de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, proporcionando ações de controle ambiental (Guedes et al., 2012; Souza, 2015).

A utilização de métodos estatísticos é bastante empregada como auxiliar no monitoramento e análise da qualidade de corpos hídricos. Segundo Zhao et al. (2012) para uma melhor compreensão dos sistemas aquáticos é imprescindível o uso de ferramentas estatísticas multivariadas, já que apresentarem uma visão mais global dos fenômenos ambientais envolvidos, os quais, na maioria das vezes, não são percebidos por ferramentas convencionais.

De acordo com Simeonov et al (2003), um programa de monitoramento ambiental inclui, em geral, coletas frequentes nos mesmos pontos de amostragem e análise em laboratório de grande número de variáveis, resultando em matriz de grandes dimensões e complexa interpretação. Muitas vezes, um pequeno número dessas variáveis contém as informações mais relevantes enquanto a maioria adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados, em termos qualitativos, pois as relações entre esses parâmetros são de grande complexidade (Liao et al., 2008).

Deste modo, abordagens multivariadas como a Análise de Componentes Principais (ACP), têm sido empregadas por muitos pesquisadores em estudos de processos multivariados na busca de redução das variáveis sem perda da explicabilidade da variância dos dados (Carneiro neto et al., 2008; Palácio et al., 2008). Segundo Helena et al (2000) a ACP permite a redução de dimensões de um conjunto de dados muito extenso explicando a correlação de um grande número de variáveis através de um número menor de fatores explicativos, sem grandes perdas de informação. A Análise de Componentes Principais (ACP), além de permitir uma redução do número de variáveis, tem a vantagem de facilitar a extração de informações relevantes na avaliação da qualidade da água (Andrade et al., 2007).

Segundo Bernardi, Fowler e Landim (2001), esta análise consiste numa transformação linear de “m” variáveis originais em “m” novas variáveis, de tal modo que a primeira nova variável computada seja responsável pela maior variação possível existente no conjunto de dados, a segunda variável pela maior variação possível restante e assim por diante até que toda a variabilidade do conjunto tenha sido explicada.

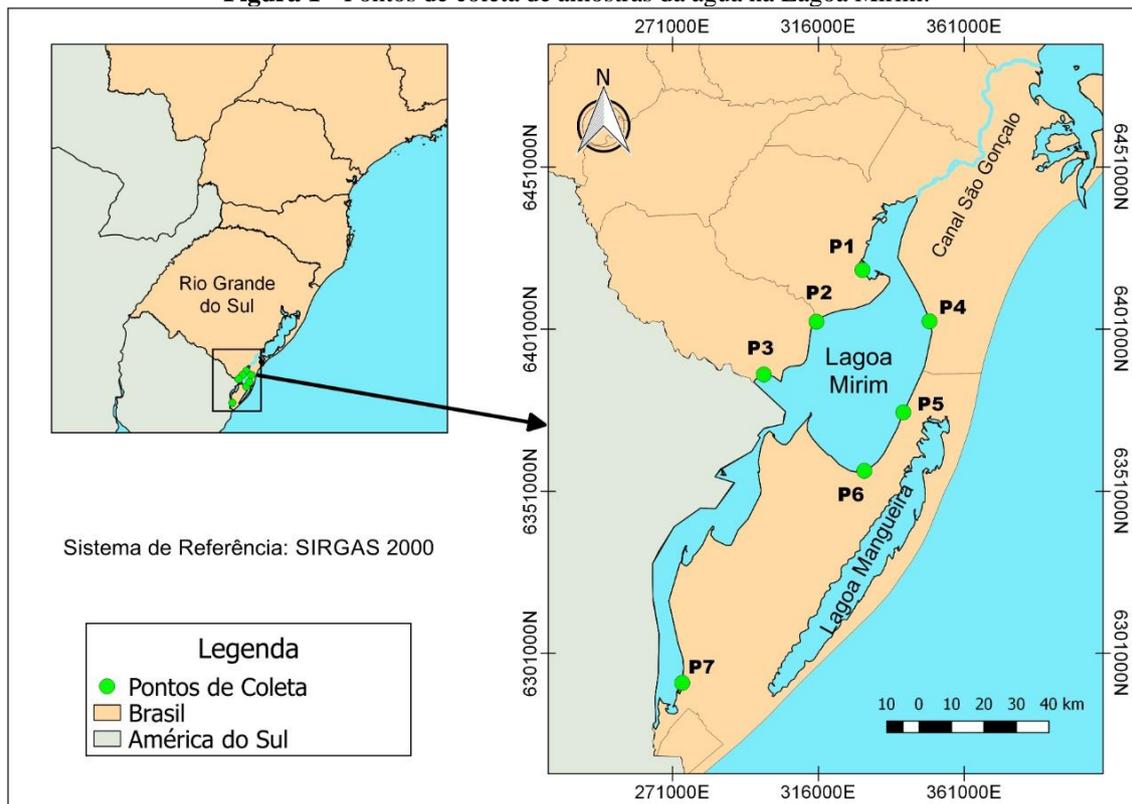
Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a utilização de estatística multivariada através da análise de componentes principais (ACP) no monitoramento da qualidade da água da Lagoa Mirim como forma de auxiliar na possível redução de variáveis qualitativas a serem monitoradas, bem como suas aplicações como ferramenta de interpretação de dados, os quais serão relacionados com possíveis fontes poluidoras.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo e Coletas de amostras de água

As coletas de amostras de água ocorreram em diferentes pontos ao longo da Lagoa Mirim, conforme podem ser observados na Figura 1.

Figura 1 - Pontos de coleta de amostras da água na Lagoa Mirim.



Fonte: Autoria própria.

Os pontos de coleta foram delimitados pela ALM, levando em consideração locais de fácil acesso e que permitem o monitoramento de forma adequada da Lagoa Mirim. Na Tabela 1 estão apresentados os pontos de coletas com suas respectivas coordenadas geográficas.

Tabela 1 - Pontos de coleta.

Identificação	Coordenadas	
	Latitude	Longitude
Ponto 1	32°20'052"	052°49'21,5"
Ponto 2	32°29'14,0"	052°58'14,9"
Ponto 3	32°38'25,6"	053°08'56,8"
Ponto 4	32°29'23"	052°35'33"

Ponto 5	32°44'47.41"	52°40'35.99"
Ponto 6	32°54'31"	052°48'08"
Ponto 7	33°29'51"	053°26'09"

Fonte: Org. do autor.

Foram realizadas 20 coletas, em cada um dos 7 pontos de monitoramento, no período de fevereiro de 2015 a dezembro de 2017, totalizando 140 amostras para a realização das análises dos parâmetros de qualidade. Estas coletas foram realizadas por membros do Laboratório de Águas e Efluentes da Agência da Lagoa Mirim (ALM) - UFPEL.

Todas as amostras, após coletadas foram mantidas em um isopor durante o transporte para que não sofressem variações térmicas, evitando aumento das taxas de reações físicas, químicas e biológicas nas mesmas, bem como a diminuição da solubilidade de gases. Todas as amostras foram, então, enviadas para o Laboratório de Águas e Efluentes da ALM onde foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura (°C), turbidez (NTU), pH, condutividade (mS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L) (OD), demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) (DBO), nitrogênio total kjeldahl (mg/L) (NTK), fósforo total (mg/L) (P), sólidos totais (mg/L) e coliformes termotolerantes (NMP/100ml). Todas as análises seguiram a metodologia descrita por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22^a edição (2012). Todas as análises foram realizadas em duplicata. O parâmetro temperatura foi analisado in loco com o auxílio de um termômetro.

2.2 Análise estatística

A partir dos resultados das análises dos parâmetros estudados foram realizadas as análises estatísticas. Foram utilizadas as médias anuais para cada ponto de coleta e em caso de dados faltantes, estes foram corrigidos segundo a metodologia de Paes (2013).

As médias anuais foram padronizadas, com a finalidade de evitar que as ordens de grandeza dos resultados das análises realizadas influenciassem no desenvolvimento e interpretação das análises estatísticas. Foi executada a padronização dos dados conforme Wilks (2006).

Tendo posse dos dados padronizados, estes foram inseridos no software livre Excel ActionStat, no qual foi possível obter os resultados para a análise de componentes principais (ACP). O programa de estatística gera a matriz de correlação necessária, realiza a extração dos fatores, além de fazer a rotação dos eixos.

A ACP inicia-se com o cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de correlação entre variáveis e tal procedimento é conhecido como modo "R".

Para que se possa aplicar o teste de Componentes Principais é necessário que os dados estejam correlacionados entre si, para que seja possível obter os valores comuns às variáveis. Para testar a adequação dos dados para ACP, foram realizados os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Esfericidade de Bartlett na matriz de correlação de parâmetros.

Após a metodologia ser aplicada tem-se em mãos os Componentes Principais extraídos da análise.

A normalização Varimax foi então aplicada como o método de rotação na análise dos componentes principais para melhor interpretação dos resultados.

3. Resultados e Discussão

Neste estudo, as médias anuais apresentaram um valor aceitável de KMO (0,60), indicando que os dados são adequados para a análise de componentes principais. Segundo Hair et al. (1998), os testes KMO e de Esfericidade de Bartlett indicam qual o nível de confiança que se pode esperar dos dados quando do seu

tratamento pelo método de ACP. O valor de KMO encontra-se acima do mínimo aceitável por Hair et al. (2006), o qual define 0,5 como patamar mínimo de adequabilidade.

O teste de esfericidade de Bartlett indica se a matriz de correlação é igual à matriz identidade, o que indicaria que os parâmetros analisados não possuem relação entre si (Shrestha & Kazama, 2007). No caso estudado, foi encontrado um valor de Esfericidade de Bartlett de 0, mostrando que existe, sim, relação entre os parâmetros estudados.

Na tabela 2 estão apresentados os valores encontrados para o teste KMO e de esfericidade de Bartlett para as médias anuais.

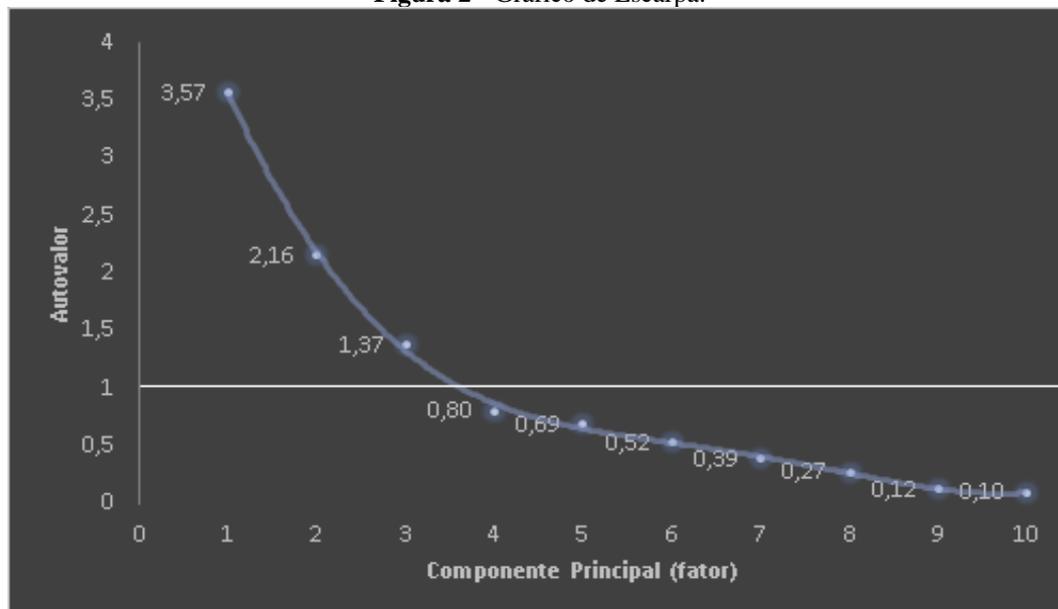
Tabela 2 - Valores de KMO e Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	Teste de esfericidade de Bartlett	
0,600	Aprox. Qui-quadrado	88,255
	gl	45
	Sig.	0,000

Fonte: Org. do Autor.

Para a determinação do número de componentes principais utilizou-se a regra do autovalor (critério de Kaiser), a qual sugere que apenas os fatores com autovalor acima de um devem ser considerados. Isso porque se o fator apresenta baixo autovalor, ele está contribuindo pouco para explicar a variância nas variáveis originais (Figueiredo & Silva, 2010). A relação dos fatores e seus autovalores pode ser visualizada na Figura 2 e na Tabela 3.

Figura 2 - Gráfico de Escarpa.



Fonte: Autoria própria.

Conforme pode ser observado na Figura 2, os três primeiros fatores, representando três componentes principais, estão acima do limiar definido pelo critério de Kaiser (autovalor > 1), o que indica que esses fatores contribuem significativamente para a explicação da variância das variáveis originais. Em complementar ao gráfico de esarpa, o critério da variância acumulada também foi utilizado para determinar a quantidade de fatores que devem ser extraídos. Hair et al. (2006) sugerem o patamar mínimo de 60% como

sendo aceitável. Dessa forma, a extração dos fatores deve continuar até que o referido patamar seja alcançado. Na tabela 3 estão demonstradas as variâncias acumuladas.

Tabela 3 - Variância acumulada.

Componente	Autovalores iniciais		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,568	35,684	35,684
2	2,162	21,623	57,306
3	1,373	13,727	71,034
4	0,801	8,015	79,049
5	0,692	6,925	85,973
6	0,524	5,245	91,218
7	0,387	3,867	95,085
8	0,274	2,744	97,829
9	0,122	1,221	99,049
10	0,095	0,951	100,000

Fonte: Org. do Autor.

Após a Análise de Componentes Principais ser realizada foram selecionadas 3 componentes principais (CP1, CP2 e CP3) para as médias anuais, que juntas explicaram 71% da variância total encontrada.

Resultados semelhantes foram encontrados por Guedes et al. (2012) ao avaliar a qualidade das águas do rio Pomba (Minas Gerais) e por Singh et al. (2004) em estudo sobre o Gomti River (Índia). Nesses estudos, Guedes et al (2012) encontraram três componentes principais que, juntos, explicaram 74,30% da variância total e Singh et al. (2004), seis componentes explicando 71% da variância total da qualidade do corpo hídrico estudado, respectivamente.

Na tabela 4 estão descritos os componentes principais e os fatores relacionados a estes. Adota-se 0,50 como limite aceitável da contribuição da variável na criação do fator com o objetivo de evitar o problema da indeterminação da relação entre variáveis e fatores. Com o objetivo de facilitar a visualização da relação entre as variáveis observadas e os componentes extraídos, utilizou-se a matriz de componente rotacionada pelo algoritmo Varimax.

Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada fator.

Tabela 4 - Matriz de componente rotacionada.

	Componente		
	1	2	3
OD	-0,850	-0,115	0,112
Condutividade	0,787	0,454	0,020
pH	0,734	-0,302	-0,165
DBO	-0,574	0,114	0,569
Coliformes	0,571	0,464	-0,052
Sólidos Totais	0,148	0,886	0,070
P total	0,257	0,841	-0,185
Turbidez	-0,253	0,783	-0,144

Temperatura	-0,013	0,035	-0,838
NTK	-0,162	-0,189	0,761

Fonte: Org. do Autor.

De acordo com Liu et al (2003), fatores que possuem peso superior a 0,75 são indicativos de forte carga entre as variáveis de qualidade de água. Outros autores, como Helena et al (2000), consideram que valores superiores a 0,5, em módulo, já são um forte indicativo de correlação. Para as análises aqui abordadas, será considerado o limiar definido por Helena et al (2000). Salienta-se, ainda, que valores negativos indicam correlação inversamente proporcional, ou seja, o aumento da concentração de uma variável pode causar a diminuição na concentração de outra.

O primeiro componente principal explica 35% da variância, tendo como mais representativos os parâmetros Coliformes, DBO, pH, OD e Condutividade. Destacando-se as variáveis OD e condutividade com os mais altos fatores de correlação com esse componente principal. Esse componente principal pode estar relacionado com fontes poluidoras provenientes de esgoto doméstico, devido à presença de coliformes, assim como DBO e OD, caracterizando a poluição orgânica (Gardiman Junior, 2015; Santos et al, 2020).

A presença do parâmetro pH nesta componente pode ser explicado pois altos níveis de compostos orgânicos consomem grandes quantidades de oxigênio, que sofre processos de fermentação anaeróbia que levam à formação de amônia e ácidos orgânicos. A hidrólise destes materiais ácidos causam uma diminuição dos valores de pH da água (Singh, Malik & Sinha, 2005).

O fato de a Condutividade também estar relacionada com este componente pode indicar a presença de sais no corpo hídrico. Segundo Noshadi e Ghafourian (2016, *apud* Bencer 2016) este parâmetro reflete o efeito de fatores naturais como a dissolução de alguns carbonatos, dolomítico, e evaporação de minerais. Esta dissolução de materiais pode estar relacionado com os baixos valores de pH, que deve tornar a água ácida caso haja altas presenças de materiais orgânicos no corpo hídrico.

Já o segundo componente principal, o qual explica 21% da variância total, apresenta forte relação positiva com os parâmetros Sólidos Totais, Fósforo Total e Turbidez, podendo estar relacionada com fontes de poluição física e mineral. Esse tipo de poluição pode estar associada ao escoamento superficial no entorno da Lagoa Mirim. Essas variáveis podem, também, estar associadas a poluição advinda de atividades agrícolas, sendo o fósforo um componente principal de muitos aditivos químicos utilizados em plantações (Rocha & Pereira, 2016).

Resultados semelhantes foram encontrados por Guedes et al. (2012) no estudo de qualidade do Rio Pomba, o qual ainda relaciona a origem deste escoamento superficial a áreas agrícolas e a contribuição de esgotos domésticos e resíduos sólidos dispostos inadequadamente nas margens do curso de água.

Por fim, os parâmetros Temperatura (com relação negativa com o componente), e Nitrogênio Kjeldahl (com relação positiva) estão fortemente relacionados com o terceiro componente principal, o qual explica 13% da variância total. Devido à presença de NTK, este componente pode estar associada a utilização de fertilizantes nas áreas agrícolas irrigadas pela Lagoa Mirim e lançamento de efluentes industriais e esgoto sem tratamento nos corpos hídricos da região. Os artigos desenvolvidos por Vieira et al (2019) e Valentini et al (2020) corroboram para tais resultados. Os estudos desenvolvidos por esses autores mostraram que a Lagoa Mirim vem sofrendo degradação na qualidade hídrica possivelmente devido as atividades antropicas no seu entorno.

A ACP não resultou em redução de variáveis, inclusive pela análise estatística já iniciar com poucas variáveis. Contudo, a ACP serviu como meio para identificar os parâmetros que têm maior contribuição para o monitoramento na qualidade da água da lagoa e sugeriu possíveis conjuntos de fontes de poluição nas regiões de captação da bacia.

É importante ressaltar que o fato dos parâmetros monitorados terem sido relacionados aos possíveis grupos de poluição não indicam que estes estejam fora dos padrões de qualidade da água estabelecidos pela

legislação vigente, como, por exemplo, pela resolução do Conama 357 de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.. Somente foram indentificadas as possíveis fontes de poluição na Lagoa Mirim e realizado o agrupamento destas fontes poluidoras, e não o enquadramaneto do corpo hídrico em limites de qualidade.

4. Conclusão

Programas de monitoramento da qualidade da água geram dados multidimensionais que necessitam de um tratamento estatístico para a sua análise e interpretação da informação subjacente.

No presente trabalho, os resultados da ACP sugeriram que os parâmetros possivelmente associados à poluição orgânica (difusa e de origem antropogênica) são os que devem receber atenção especial em planos de monitoramento. Estes parâmetros podem indicar o nível de poluição antrópica como despejo de efluentes, por exemplo. Ainda devem ser considerados também os parâmetros relacionados aos componentes físicos do solo e rochas e parâmetros relacionados a atividades agrícolas

Ainda, através dos resultados obtidos, conclui-se que a análise estatística multivariada pode ser utilizada como uma importante ferramenta no estudo e monitoramento de corpos hídricos.

5. Referências

Andrade, E. M. D.; Araújo, L. D. F.; Rosa, M. F.; Disney, W.; Alves, A. B. (2007). Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690.

Bernardi, J. V. E.; Fowler, H. G.; Landim, P. M. B. (2001). Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. **Holos Environment**, v. 1, n. 2, p. 162-172.

Carneiro Neto, J. A., Andrade, E. M. D., Rosa, M. D. F., Mota, F. S. B., & Lopes, J. F. B. (2008). Índice de sustentabilidade agroambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1272-1279.

Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. (2012). **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22th Edition. Washington, DC: American Public Health Association.

Figueiredo Filho, D. B., & Silva Júnior, J. A. D. (2010). Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185.

Freitas, M. B., & Freitas, C. M. D. (2005). A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 4, p. 993-1004.

Gardiman Junior, B. S. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 3, p. 235 – 242, 2015.

Guedes, H. A., Silva, D. D. D., Elesbon, A. A., Ribeiro, C., Matos, A. T. D., & Soares, J. H. (2012). Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558-563.

Hair, J. F., Tathan, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (1998). **Análise multivariada de dados**. Artmed

AS: Porto Alegre. Editora eletrônica: practice-Hall.

Hair, J. R., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). **Multivariate Data Analysis**. (6a ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Helena, B., Pardo, R., Vega, M., Barrado, E., Fernandez, J. M., Fernandez, L. Temporal evolution of groundwater composition in the alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v.34, p.807816, 2000.

Junior, A. P. (2005). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. (1ª ed.). São Paulo: Manole, 2005.

Liao, S. W., Gau, H. S., Lai, W. L., Chen, J. J., & Lee, C. G. (2008). Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v. 88, n. 2, p. 286-292.

Liu, C. W., Lin, K. H., & Kuo, Y. M. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. **Science of the Total Environment**, v. 313, n. 1-3, p. 77-89.

Merten, G. H., & Minella, J. P. (2002). Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38.

Noshadi, M., & Ghafourian, A. (2016). Groundwater quality analysis using multivariate statistical techniques (case study: Fars province, Iran). **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 7, p. 419.

Paes, A. T. (2013). O problema de dados omissos (missing data). **Educação continuada em saúde: Einstein**, v. 11, n. 1, p 5-7.

Palácio, H. D. A. Q., Andrade, E. M., Crisostomo, L. A., Teixeira, A. S., & Souza, I. H. (2008). Selection of the determinates Trussu River Water quality factors using multivariable analysis. **Geographia Technica**, v. 5, p. 74-81.

Razzolini, M. T. P., & Günther, W. M. R. (2008). Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32.

Rocha, C. H. B., & Pereira, A. M. (2016). Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 176-187.

Santos, G. B.; Valentini, M. H. K.; Silva, L. A.; Franz, H. S.; Corrêa, B. L.; Duarte, V. H.; Silva, M. A.; Corrêa, M. G.; Vieira, B. M.; Nadaleti, W. C.; Vieira, B. M.. Análise da qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata (RS) através de métodos estatísticos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.217-226, 2020.

Shrestha, S., & Kazama, F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 4, p. 464-475.

Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., & Kouimtzis, T. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. **Water research**, v. 37, n. 17, p. 4119-4124.

Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D., & Sinha, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water research**, v. 38, n. 18, p. 3980-3992.

Singh, K. P., Malik, A., & Sinha, S. (2005). Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 538, n. 1-2, p. 355-374.

Souza, M. F. (2015). **Qualidade da água do canal São Gonçalo-RS/ Brasil - uma avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Valentini, M. H. K.; Santos, G. B.; Duarte, V. H.; Dröse, A.; Vieira, B. M.; Viana, F. V.; Corrêa, B. L.; Guedes, H. A. S.; Nadaleti, W. C.; Vieira, B. M.. Monitoring and identification of pollutant groups of the Lagoa Mirim. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.227-235, 2020.

Vieira, B. M.; Nadaleti, W. C.; Valentini, M. H. K.; Santos, G.; Viana, F. V.; Corrêa, M. G. Avaliação e comparação da qualidade das águas entre o canal São Gonçalo e a Lagoa Mirim. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.2, p.185-196, 2019.

Zhao, Y., Xia, X. H., Yang, Z. F., & Wang, F. (2012). Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 1213-1226.

Wilks, D.S. (2006). **Theoretical probability distributions**, In: Statistical methods in the atmospheric sciences. (2a ed). San Diego: Academic Press.