



Análise multivariada aplicada aos parâmetros de qualidade da água do rio Piratini/RS

CENTENO, L.N.¹; CECCONELLO, S.T.²; GUEDES, H.A.S.³; TIMM, L.C.⁴; ANDREAZZA, R.⁵; LEANDRO, D.⁶

¹Mestranda no Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos

²Mestranda no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais

³Docente do Centro de Engenharias e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas

⁴Docente dos PPGs em Recursos Hídricos e Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas

⁵Docente do PPG em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Pelota

⁶Docente do Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas

Palavras-chave: análise fatorial, análise de componentes principais, análise de agrupamentos e fontes de poluição.

Resumo

Para avaliar um manancial procura-se utilizar ferramentas que diminuam os investimentos com análises laboratoriais, avaliem simultaneamente múltiplas variáveis de qualidade da água e possibilitem interpretar mais facilmente os resultados das referidas análises. Diante disto, objetivou-se aplicar a técnica de agrupamento, visando reduzir o número de variáveis e utilizar análise fatorial em conjunto com a análise de componentes principais para identificar as principais fontes de poluição, em um ponto específico do rio Piratini/RS. Para tanto foram utilizados dados secundários de qualidade da água, disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Foi empregada a análise de agrupamento de forma a reduzir o número de variáveis, de 13 para 10, para posteriormente aplicar análise fatorial, obtendo-se a formação de duas componentes principais extraída através da análise de componentes principais, sendo que a CP₁ se apresentou como possível fonte de poluição, as atividades agrícolas, processos de erosão nas margens do manancial e pela ressuspensão de sedimentos do fundo do manancial e a CP₂, atividades pecuárias. Através deste estudo foi possível concluir que as técnicas de análise estatística multivariada, possibilitaram a redução do número de variáveis, a identificação das possíveis fontes de poluição, a interpretação dos dados de qualidade da água de forma menos complexa e ainda reduzir os investimentos com análises laboratoriais.

Multivariate analysis applied to quality parameters of river water Piratini/RS

Keywords: factor analysis, principal component analysis, clusters analysis and pollution sources.

Abstract

To evaluate a source, we try to use tools that reduce investments with laboratory analysis, simultaneously evaluate multiple water quality variables and make it easier to interpret the results of these analyzes. The aim of this study was to apply the grouping technique to reduce the number of variables and to use factorial analysis in conjunction with the principal component analysis to identify the main sources of pollution at a specific point in the Piratini/RS river. For this purpose, secondary data on water quality were used, provided by the State Foundation for Environmental Protection Henrique Luis Roessler. The cluster analysis was used in order to reduce the number of variables, from 13 to 10, to later apply factorial analysis, obtaining the formation of two principal components extracted through the principal analysis components, and PC₁ presented itself as possible source of pollution, agricultural activities, erosion processes at the banks of the source

and the resuspension of sediment from the bottom of the spring and the PC₂, livestock activities. Through this study it was concluded that the multivariate statistical analysis made it possible to reduce the number of variables, the identification of possible sources of pollution, the interpretation of water quality data less complex form and also reduced investments with laboratory analyzes.

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por recursos hídricos se deve principalmente ao crescimento populacional e a falta de infraestrutura, quando relacionada à urbanização. Estes fatores além de aumentar o uso de recursos hídricos, agravam os problemas relacionados à geração e disposição de efluentes domésticos e industriais, bem como de resíduos sólidos. Diante da poluição gerada por esses despejos inadequados, torna-se essencial monitorar e avaliar a qualidade da água de cada manancial, de acordo com seus usos, a fim de fornecer uma indicação das alterações induzidas pelas atividades antrópicas, compreender os processos naturais de uma bacia hidrográfica e avaliar a adequação da água para os usos pretendidos (SPERLING 2007; LIBÂNIO, 2012; TUCCI, 2012; BRAGA et al., 2015).

Na zona rural, o uso mais frequente da água está relacionado à quantidade captada para a técnica da irrigação. Essa prática vem promovendo maiores produtividades das lavouras, possibilitando o desenvolvimento da agricultura. No entanto, vem provocando também sérios impactos ao meio ambiente, devidos aos poluentes decorrentes da adubação química e dos agrotóxicos (HELLER; PÁDUA, 2010). Já na zona urbana, o uso mais frequente da água está relacionado ao abastecimento de água para a população, bem como para a produção de bens e consumo, por parte das indústrias e comércio (PINTO et al., 2009; TAVARES, 2014).

Segundo Sperling (2005), os diferentes usos aos quais a água se destina, podem através da entrada de substâncias, alterar de forma direta ou indireta as suas propriedades, ou seja, causar a poluição.

De acordo com seus usos, a Resolução n° 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005), estabelece a classificação e o enquadramento dos corpos de água, onde são determinados, de acordo com as classes, limites máximos ou mínimos

dos parâmetros de qualidade de água. Diante disso, é primordial monitorar a qualidade da água, pois através deste monitoramento é possível acompanhar os 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).

Este monitoramento ambiental deve ser realizado ao logo do tempo e do espaço, pois ao longo do tempo permite o acompanhamento da evolução das condições da qualidade da água, já ao longo do espaço, o monitoramento permite acompanhar o comportamento de parâmetros físico-químicos e biológicos, em determinados pontos do manancial superficial, servindo assim como medida de apoio a tomadas de decisão (TAVARES, 2014; ABREU; CUNHA, 2015). Porém, quando analisados separadamente, os parâmetros físico-químicos e biológicos não possibilitam uma compreensão global do corpo hídrico, principalmente por profissionais de outras áreas do conhecimento (GOMES et al., 2014; SOUZA, 2015).

Uma forma de analisar simultaneamente as diversas variáveis é através da análise estatística multivariada (BERTOSSI et al., 2013; GOMES et al., 2014), o que possibilita ainda a interpretação dos dados de qualidade da água de forma menos complexa, com redução de custos laboratoriais e identificação das possíveis fontes de poluição (OLSEN; CHAPPELL; LOFTIS, 2012; GOMÉZ, 2013).

Dentre as diversas técnicas da estatística multivariada, existe a Análise de Agrupamentos (AA) que, segundo Corrar, Paulo e Filho Dias (2014), tem como objetivo dispor as variáveis similares em um mesmo grupo. As semelhanças que distingue a qual grupo pertencerá cada variável é definida por meio de medidas de proximidades, que agrega, tanto medidas de similaridade, quantos as de dissimilaridade.

Em cada grupo constituído na AA (FERREIRA, 2010), busca-se obter a maior homogeneidade possível dentro dos grupos e, por conseguinte, alta heterogeneidade entre os grupos formados. De acordo com Souza (2015), através desta técnica estatística se duas variáveis apresentarem o mesmo grau de distância,

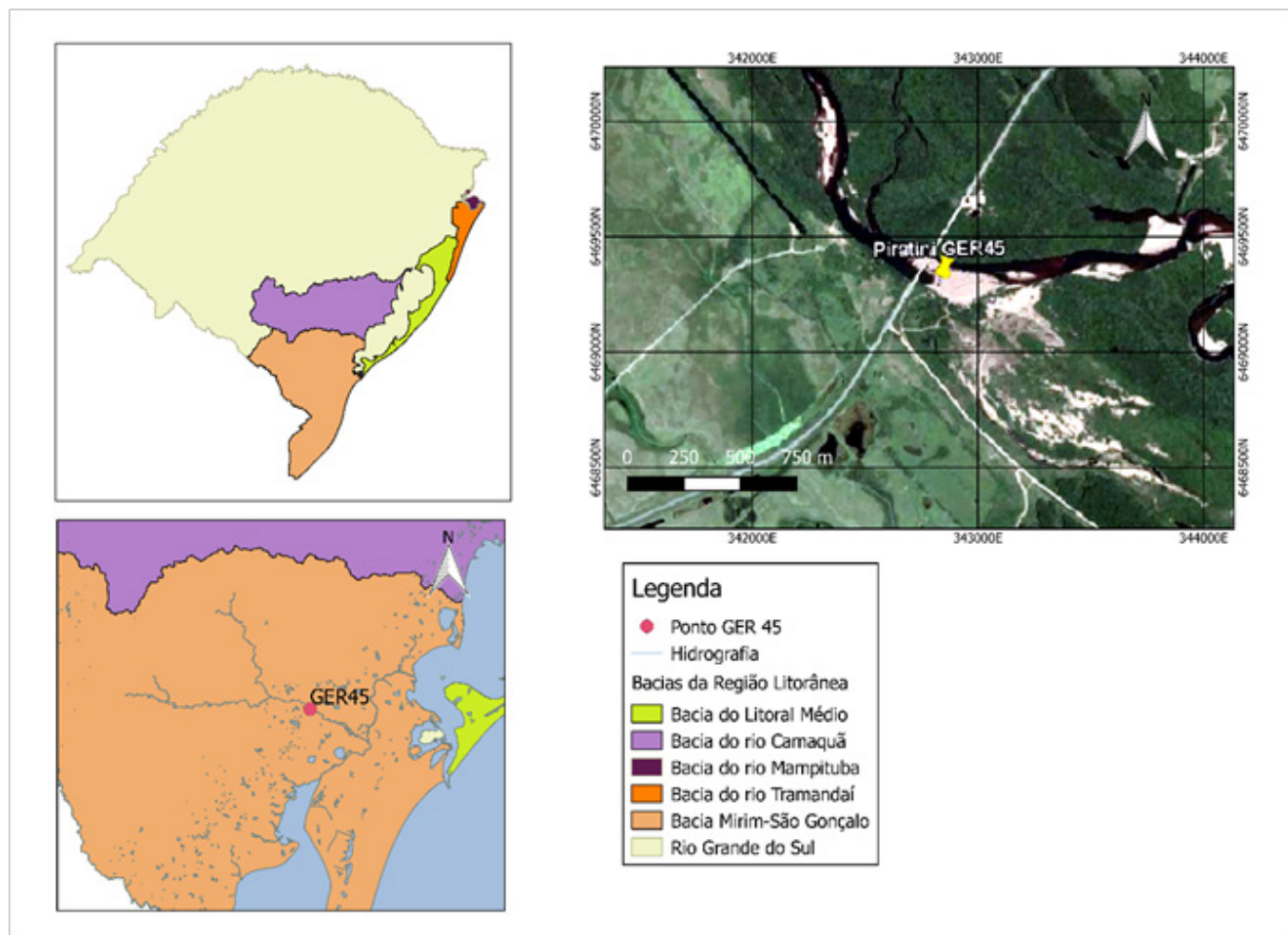


Figura 1: Mapa de localização do ponto GER 45.

dentro de um mesmo grupo, pode-se selecionar uma variável para ser retirada do estudo. O autor ainda enfatiza que esta técnica é facilmente aplicada, pois não leva em consideração o número de variáveis, em relação ao número de amostras.

A Análise Fatorial (AF) é outra técnica estatística multivariada muito utilizada atualmente em estudos ambientais. A AF procura sintetizar as informações existentes em várias variáveis originais em um grupo menor de fatores (denominação das variáveis geradas), objetivando que as variáveis originais tenham uma perda mínima de informações (HAIR et al., 2009; FERREIRA 2011; MINGOTI, 2013).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo aplicar a técnica de agrupamento, visando reduzir o número de variáveis e utilizar análise fatorial em conjunto com a análise de componentes principais para identificar as principais fontes de poluição, em um ponto específico do rio Piratini/RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área

De acordo com a Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul - SEMA (2016), as bacias hidrográficas (BH) do Rio Grande do Sul se originaram de subdivisões das três regiões hidrográficas do Estado, totalizando até o presente momento, 25 unidades.

A BH do Litoral é formada pelas bacias do Leste e do extremo Sul do Estado e é dividida em cinco bacias, sendo elas: Tramandaí, Litoral Médio, Camaquã, Mirim-São Gonçalo e Mampituba.

Neste estudo foi realizada a análise temporal de um ponto localizado na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, denominado de acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM (2016) como GER 45. O mesmo está localizado, nas coordenadas geográficas Latitude $-31^{\circ}54'3.06''$ e Longitude $-52^{\circ}39'45.9''$ (Figura 1).

No entorno do ponto encontram-se diversas atividades agropecuárias, além da rodovia federal - BR 116. Além disso, este rio sofre diversas interferências antrópicas como o trânsito de embarcações, o lançamento de resíduos sólidos e despejos domésticos, que são dispostos sem nenhum tratamento no manancial, bem como os resíduos químicos de agrotóxicos, utilizados principalmente nas lavouras de arroz (TELES, 2002).

Base de Dados

Foram utilizados neste estudo os dados de qualidade da água disponibilizados pela FEPAM, sendo as coletas e análises de água semestrais, de forma a contemplar os períodos chuvoso e seco. As coletas são realizadas pela FEPAM de acordo com a metodologia adotada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (1987). Os métodos analíticos, bem como a preservação das amostras seguem os procedimentos definidos pelo Standard Methods (APHA, 1998).

Foram utilizados os dados de qualidade da água para o período de 2005 a 2013, no rio Piratini, cujas variáveis qualitativas utilizadas foram Cloretos (Cl⁻), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅²⁰), Condutividade Elétrica (CE), Coliformes Termotolerantes (CT), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Amoniacal (NH₃), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (TH), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura da Água (TH₂O), Temperatura do Ar (T_{AR}) e Sólidos Totais (ST), totalizando 13 variáveis.

Análise de Agrupamentos

Neste estudo utilizou-se a distância Euclidiana para medir a similaridade entre as variáveis estudadas (GUEDES et al., 2011; VICINI, 2005), e o método de ligação adotado foi o método da variância mínima ou método de Ward's. Segundo Seidel et al. (2008) e Hair et al. (2009), o método de Ward também chamado de Mínima Variância, utiliza a medida de similaridade para aglomerar agrupamentos e é calculada através da soma de quadrados entre dois agrupamentos acrescentados sobre todas as variáveis.

Análise Fatorial (AF)

Primeiramente os dados de qualidade da água foram normalizados, para que todos apresentassem a mesma unidade de medida, construindo-se, posteriormente, uma matriz de dados expressos por $X = (x_{ij})$, em que $i = 1... n$ amostragens e $j = 1... p$ variáveis (13). Em seguida, transformou-se a matriz de dados originais em uma matriz de correlações [R] (p x p), sendo que "p" corresponde as variáveis de qualidade da água a serem analisadas.

Através da AF foi possível transformar o conjunto original das variáveis observadas em um novo conjunto, denominados fatores, estes fatores foram extraídos através da ACP e deu origem as Componentes Principais (CP's). Segundo Hair et al. (2009) e Guedes (2012), as três primeiras componentes, devem explicar o máximo de variabilidade total dos dados, de forma que a primeira não esteja correlacionada com a segunda e a segunda não esteja correlacionada com a terceira, e esta não esteja correlacionada nem com a primeira nem com a segunda, e assim sucessivamente, até que as CP's expliquem mais do que 70% da variância total dos dados.

Para a normalização dos dados, construção dos fenogramas, obtenção da matriz de correlação, bem como a AF e posteriormente a ACP foi utilizado o software Statistica®, versão 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Agrupamentos

Na Figura 2 é apresentado o comportamento do fenograma com as 13 variáveis do ponto GER 45, localizado no rio Piratini/RS

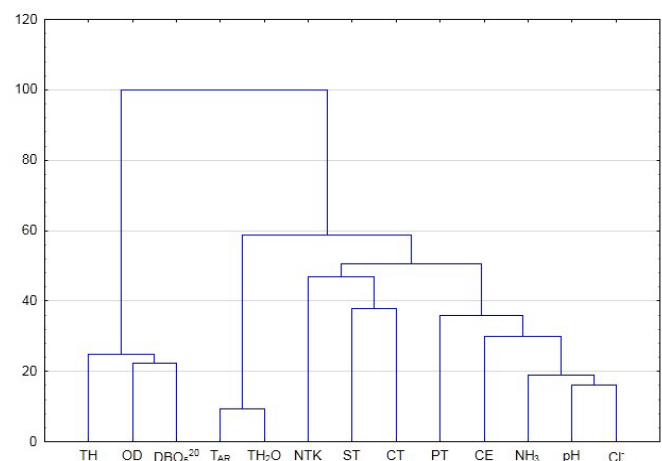


Figura 2: Fenograma do ponto GER 45 com as 13 variáveis

Através da análise dos fenogramas optou-se em retirar algumas variáveis, que possuem a mesma representação dentro do mesmo (VICINI, 2005). Analisando-se a Figura 2, observa-se a similaridade que ocorre entre as variáveis OD e DBO_5^{20} ; T_{AR} e TH_2O e pH e Cl, o que permite a retirada da análise de agrupamento, as variáveis DBO_5^{20} , T_{AR} e Cl. Foi possível retirar a DBO_5^{20} , pois neste estudo, a variável foi similar a OD e, segundo Sperling (2005), é altamente correlacionada também com TH e ST, podendo assim ser explicada através dessas duas últimas variáveis.

Já a variável T_{AR} , além de ser explicada pela TH_2O , possui pouca influência em estudos de qualidade da água. Enquanto a variável Cl, por ser um sal, apresenta forte correlação com CE e ST, podendo assim ser retirado do estudo.

Em relação as variáveis DBO_5^{20} e Cl-, as análises das mesmas são demoradas e exigem cuidados especiais na preservação de suas amostras, o que acarreta maiores custos em comparação a OD e pH (SPERLING, 2007).

Já em relação às variáveis CT e ST, optou-se por não as retirar do estudo, pois as mesmas são indispensáveis quando o objetivo do estudo é a análise da qualidade da água de um manancial (SPERLING, 2005, LIBÂNIO, 2010). Sendo assim, observa-se na Figura 3, o fenograma com os grupos formados a partir das 10 variáveis que continuaram no estudo.

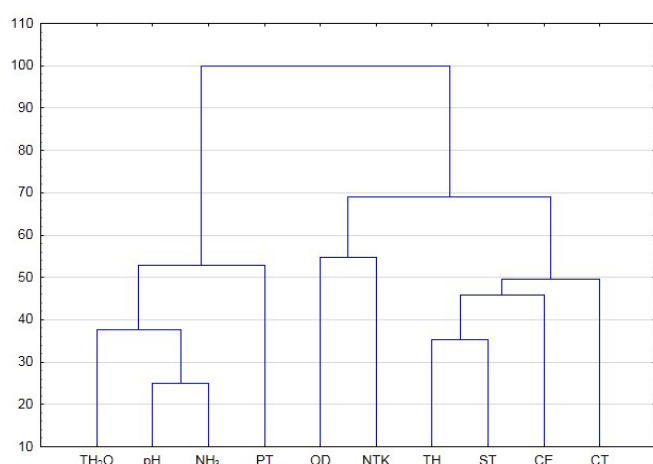


Figura 3: Fenograma do ponto GER 45 com as 10 variáveis

Análise Fatorial (AF)

Foi utilizado na segunda etapa as 10 variáveis

(TH_2O , pH, NH_3 , PT, OD, NTK, TH, ST, CE e CT), para aplicação da AF, buscando-se através desta identificar os grupos de poluição existentes no rio Piratini, através da ACP, representados pelas Componentes Principais (CP's). Sendo assim, foram necessários dois componentes para obter uma representação de 82,37% da variância total dos dados, como forma de garantir uma visão global, do que está ocorrendo no rio Piratini (Tabela 1).

Tabela 1: Fatores encontrados e a explicação da variância da amostra

Fator	Autovalor	Variância Total Explicada (%)	Autovalor Acumulado	Variância Total Acumulada (%)
1	4,35	43,49	4,35	43,49
2	3,88	38,88	8,23	82,37
3	1,19	11,88	9,42	94,25
4	0,58	5,75	10,00	100,00

A componente principal 1 (CP_1) explicou 43,49% da variância total dos dados (Tabela 1) e foi representada pelas variáveis PT, NH_3 , OD, pH, ST, TH_2O e TH; por conseguinte, a CP_2 explicou 38,88%, da variação total dos dados através das variáveis CT, CE, NTK e TH (Tabela 2).

Tabela 2: Fatores encontrados e a explicação da variância da amostra

Variáveis	CP_1	CP_2
CT	0,42	0,67
CE	-0,46	-0,75
PT	0,84	-0,27
NH_3	-0,67	-0,36
NTK	-0,07	-0,67
OD	0,82	-0,44
pH	-0,81	-0,28
ST	-0,70	-0,47
TH_2O	-0,97	0,13
TH	0,74	-0,65

CT: Coliformes Termotolerantes; CE: Condutividade Elétrica; PT: Fósforo Total; NH_3 : Nitrogênio Amoniacal; NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: Potencial Hidrogeniônico; ST: Sólidos Totais; TH_2O : Temperatura da Água e TH: Turbidez.

As variáveis que compuseram cada uma das CP 's apresentaram uma difícil interpretação na matriz de fatores, devido a variável Turbidez (TH) apresentar

uma grandeza numérica não desprezível, nas duas CP's. Como forma de aumentar a significância, que cada variável representa dentro de cada componente principal gerada, e buscar incluir a variável TH apenas em um dos fatores, fez-se uso da transformação ortogonal dos fatores originais, através da aplicação do algoritmo Varimax, pois segundo Mingotti (2013), através desta rotação ortogonal é possível alcançar uma estrutura mais simples de ser interpretada. Guedes et al. (2012) também se utilizaram desta alternativa com os mesmos fins. Após a rotação foi obtida a Tabela 3 com os novos fatores.

Tabela 3: Fatores encontrados após a rotação ortogonal dos fatores originais

Variáveis	Fator 1	Fator 2
CT	0,00	-0,68
CE	0,10	0,93
PT	0,93	-0,09
NH ₃	-0,28	0,77
NTK	0,82	0,21
OD	-0,14	0,91
pH	-0,43	0,81
ST	0,85	0,03
TH ₂ O	-0,89	0,41
TH	0,95	0,04

CT: Coliformes Termotolerantes; CE: Condutividade Elétrica; PT: Fósforo Total; NH₃: Nitrogênio Amônia; NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: Potencial Hidrogeniônico; ST: Sólidos Totais; TH₂O: Temperatura da Água e TH: Turbidez.

A CP₁ foi representada pelas variáveis PT, NTK, ST, TH₂O e TH, podendo ter como possíveis fontes de poluição, segundo Sperling (2007), atividades agrícolas devido ao manejo inadequado do solo, pelos processos erosivos que ocorrem nas margens do manancial e pela ressuspensão de sedimentos do fundo do corpo d'água (MORETTO, 2012). Paiva et al. (2001) consideram que o aumento da turbidez é decorrente dentre outros impactos da erosão das margens de rios. Já a componente principal 2 (CP₂) pode ser explicada através das variáveis CT, CE, NH₃, OD e pH; o que provavelmente tem como fonte principal de poluição, segundo Libânio (2010), atividades pecuárias, decorrente de fezes de animais, já o nitrogênio em forma de NH₃ demonstra que é uma poluição recente, podendo tornar-se tóxica para

os peixes (SPERLING, 2005).

CONCLUSÃO

A aplicação da técnica de agrupamento possibilitou reduzir o número de variáveis, e através da análise fatorial/ análise de componentes principais foi possível identificar as prováveis fontes de poluição do rio Piratini/RS.

Agradecimentos

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa, durante todo esse período de realização do meu Mestrado, que está sendo realizado no PPG em Recursos Hídricos, e também a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler), por disponibilizar os dados para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. **Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no Baixo Rio Jari-AP**: Revisão descritiva. Biota Amazônia, v. 5, n. 2, p. 119–131, 2015.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. APHA/AWWA/WEF, 2005.
- BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. **Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo**. *Revista Árvore*, [s.l.], v. 37, n. 1, p.107-117, 2013.
- BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; CIMINELLI, V. S. T. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. CETESB, São Paulo, SP, Brasil.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências. Brasília-DF: MMA. 2005.
- CORRAR, J. L.; PAULO, E.; DIAS FILHO, M. J. **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2014. 586 p.
- FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2011.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. Monitoramento da qualidade da água da região hidrográfica das bacias litorâneas. **Site oficial da FEPAM**. 2016.
- GOMES, A. I.; PIRES, J. C. M.; FIGUEIREDO, S. A.;

- BOAVENTURA, R. A. R. **Optimization of River Water Quality Surveys by Multivariate Analysis of Physicochemical, Bacteriological and Ecotoxicological Data.** Water Resources Management, v. 28, n. 5, p. 1345–1361, 2014.
- GOMÉZ, D. M. **Estudio del modelamiento de la calidad del agua del río Sinú, Colombia.** Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín, v. 12, n. 22, p. 33–44, jan./jun.2013.
- GUEDES, H.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P.; SILVA, B. M. B.; GOMES, C. R.; LISBOA, L.; MARTINS, V.S. Avaliação da qualidade da água do Médio rio Pomba (MG) utilizando análise de agrupamento. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 27 de novembro a 01 de dezembro de 2011, **Anais...** Maceió, Alagoas, Brasil, 2011.
- GUEDES, H.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. **Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 558-563, mai. 2012.
- HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HELLER, L.; PÁDUA, L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2010.
- KELLER FILHO, T.; ZULLO JUNIOR, J.; LIMA, P. R. S. R. **Análise da transição entre dias secos e chuvosos por meio da cadeia de Markov de terceira ordem.** Pesq. Agropec. Bras., [s.l.], v. 41, n. 9, p.1341-1349, nov. 2006.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** Campinas: Átomo, 2010.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** 2. ed. Minas Gerais: UFMG, 2013. 295 p.
- MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. **Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution n° 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA).** Acta Limnológica Brasiliensia, Rio Claro, v. 24, n. 1, p. 29-42, Mar. 2012.
- OLSEN, R. L.; CHAPPELL, R. W.; LOFTIS, J. C. **Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis - literature review and Illinois River watershed case study.** Water Research, v. 46, n. 9, p. 3110–3122, 2012.
- PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D.; COSTAS, M. F. T.; SANTOS, F. A. Concentração de sedimentos em suspensão em uma pequena bacia hidrográfica em urbanização. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 João Pessoa-PB, 2001. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.
- PINTO, D. B. F. SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; COELHO, G. **Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil.** Ciência e Agrotecnologia, Ago. 2009.
- SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO GRANDE DO SUL -SEMA. **Bacias Hidrográficas do RS. Site oficial da SEMA.** 2016.
- SEIDEL, E. J.; JUNIOR MOREIRA, F. J.; ANSUJ, A. P.; NOAL, M. R. C. **Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite.** Revista Ciência e Natura, v. 30, n. 01, p. 7-15, 2008.
- SOUZA, M. F. Qualidade da água do canal São Gonçalo-RS/Brasil - uma avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos. 2015. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.
- SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007, 588 p. (Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.7).
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, v. 1, 2005. 452 p.
- TAVARES, B. S. Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una - Pernambuco. 2014. 110 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014.
- TELLES, R.M. inundações urbanas nos municípios de Pedro Osório e Cerrito - RS. 2002. 87 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Geociências Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Alegre, 2002.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 943 p.
- VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática.** Santa Maria: Biblioteca Central da UFSM, 2005. 215 p.