

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MÉDIO RIO POMBA (MG) UTILIZANDO ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

*Hugo Alexandre Soares Guedes¹; Demetrius David da Silva²; Celso Bandeira de Melo Ribeiro³;
Antonio Teixeira de Matos⁴; Abrahão Alexandre Alden Elesbon⁵; Bruno Marcel Barros da Silva⁶;
Camila Reis Gomes⁷; Luana Lisboa⁸; Vitor Souza Martins⁹*

RESUMO --- O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água e identificar os grupos de poluição presentes no médio rio Pomba (MG) por meio de análise de agrupamento em dois períodos hidrológicos distintos. Foram realizados dois experimentos de campo, um em out/2008 e outro em jan/2009, em nove pontos georreferenciados localizados ao longo do médio rio Pomba, compreendendo a análise de 17 variáveis de qualidade de água. Na campanha de período seco, as variações na qualidade da água foram definidas pela presença de matéria orgânica no curso de água e pela poluição difusa causada por fertilizantes orgânicos. Enquanto que, na campanha de período chuvoso, as variações de qualidade da água foram definidas por um grupo orgânico, por um grupo de sólidos e por um grupo representando o excesso de nutrientes. O lançamento in natura de efluentes domésticos no médio rio Pomba é a principal fonte de poluição encontrada no trecho de rio, sendo responsável pelo excesso de matéria orgânica no corpo hídrico. O aumento dos índices pluviométricos na bacia e, conseqüentemente, das vazões no médio rio Pomba fez com que a qualidade da água apresentasse melhoras substanciais durante o período chuvoso.

ABSTRACT --- This work aims to evaluate water quality and identify the groups of pollution presented in the medium Pomba river (MG) by means of analysis of grouping in two distinct hydrological periods. It was accomplished two field experiments: one on October 2008, other on January 2009, in nine georeferenced points located along medium Pomba river, comprising the analysis of 17 variables of water quality. In dry period field campaign variations of water quality were defined by the presence of organic material in water course and by diffuse pollution caused by organic fertilizer. While in the rainy period field campaign, variations of water quality were defined by an organic group, by a group of solids and by a group representing nutrients excess. The throwing in natural of domestic effluents in medium Pomba river is the main mean of pollution found in the river stretch, being responsible by the excess of organic matter in hydric body. The increase of pluviometric index in the basin and, consequently, of stream flow in the medium Pomba river made water quality presents substantial improvements during rainy period.

Palavras-chave: Efluentes domésticos. Estatística multivariada. Recursos hídricos.

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola (DEA/UFV), Recursos Hídricos e Ambientais, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: hugo.guedes@ufv.br

² Professor Associado II, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: demetrius@ufv.br

³ Professor Adjunto II, DESA/UFJF, CEP 36036-900, Juiz de Fora/MG. E-mail: celso.bandeira@ufjf.edu.br

⁴ Professor Associado II, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: atmatos@ufv.br

⁵ Doutorando em Engenharia Agrícola (DEA/UFV), CRRH, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: abrahaoelesbon@hotmail.com

⁶ Mestrando em Engenharia Agrícola (DEA/UFV), CRRH, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: bruno_eab@yahoo.com.br

⁷ Mestranda em Engenharia Agrícola (DEA/UFV), CRRH, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: camila_reis@ymail.com

⁸ Doutoranda em Engenharia Agrícola (DEA/UFV), CRRH, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: luanaeaaufv@yahoo.com.br

⁹ Bolsista de IC/CNPq (DEA/UFV), CRRH, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: vitormartins9@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o grande desafio da humanidade é conviver com a baixa disponibilidade de água causada pelo uso excessivo e poluição dos corpos hídricos. Uma forma de se conhecer a qualidade da água é fazer uso do monitoramento para obter informações necessárias ao gerenciamento e ações interventivas para recuperação ou preservação dos mananciais garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas [Lucas *et al.* (2010)].

Os desafios emblemáticos e urgentes para a gestão sustentável dos recursos hídricos estão ancorados em função de demandas crescentes para o abastecimento humano e para a conservação da qualidade ambiental, fatores fundamentais para a saúde e a qualidade de vida de populações urbanas e rurais [Lemos *et al.* (2010)]. De acordo com Von Sperling (2005), os componentes que alteram a qualidade das águas, dependendo do seu uso atual, podem ser definidos por suas características físicas, químicas e biológicas.

A avaliação qualitativa da água, importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos, passa pela obtenção de dados confiáveis dos corpos hídricos de interesse. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o monitoramento é uma das principais formas de obtenção desses dados [Derísio (1992)]. Entretanto, o monitoramento da qualidade das águas, devido ao grande número de variáveis analisadas, tem produzido matrizes de dados com proporções inadequadas à interpretação [Jonnalagadda e Mhere (2001)].

Uma das formas de contornar esta situação é definir grupos com as variáveis mais significativas para retratar o problema. Assim, torna-se necessário o emprego de técnicas multivariadas [Alexandre *et al.* (2010); Girão *et al.* (2007)]. A técnica estatística multivariada, denominada Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*), minimiza tais dificuldades, sendo utilizada em diversos estudos hidrológicos, hidrometeorológicos e hidroquímicos [Singh *et al.* (2004); Keller-Filho (2005); Zeng e Rasmussem (2005); YANG *et al.* (2010); Alexandre *et al.* (2010); Razmkhah *et al.* (2010); Zhang *et al.* (2010)].

A análise de agrupamentos é um termo estatístico usado para descrever diversas técnicas numéricas cujo propósito fundamental é classificar os valores de uma matriz de dados sob estudo em grupos discretos [Bufon e Landim (2007)]. A técnica classificatória multivariada de análise de agrupamentos pode ser utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos (modo Q) ou entre variáveis (modo R) definindo-os em grupos, considerando simultaneamente, no primeiro caso todas as variáveis medidas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas mensurações [Hair Jr. *et al.* (2009)].

Baseando-se no pressuposto acima, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água e identificar grupos homogêneos de variáveis qualitativas estudadas em dois períodos hidrológicos distintos por meio da análise de agrupamento. Esta técnica estatística multivariada foi utilizada com intuito de facilitar as análises de poluição da água no médio rio Pomba (MG).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Pomba (Figura 1), afluente da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul. Essa bacia detém uma área de drenagem de 8.519,94 km² e localiza-se na região sudeste entre as coordenadas 20°52' e 21°43' S e 41°59' e 43°38' W, nos estados de Minas Gerais (90%) e Rio de Janeiro (RJ), abrangendo 38 municípios mineiros e 3 municípios fluminenses, onde vive uma população de, aproximadamente, 600 mil habitantes [Farage (2009)].

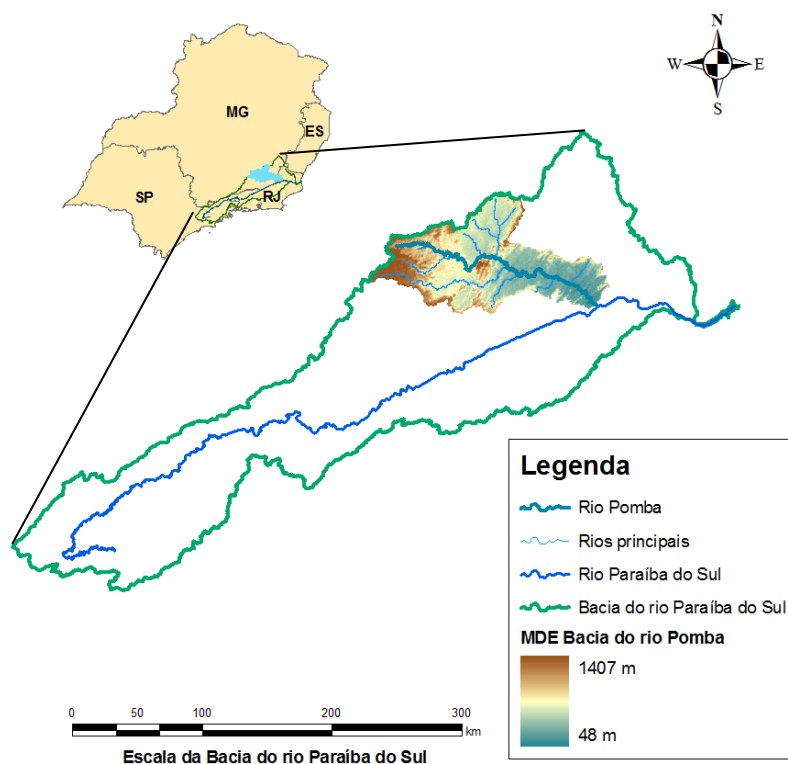


Figura 1 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Pomba

O rio Pomba nasce nas proximidades de Barbacena-MG, na serra da Mantiqueira, em trecho denominado serra da Conceição, a 1.100 m de altitude, percorrendo aproximadamente 290 km no

sentido sudeste até sua confluência com o rio Paraíba do Sul. Ao longo deste percurso, recebe vários afluentes, sendo os mais importantes da margem esquerda, os rios Paraopeba e Xopotó, e da margem direita, os rios Formoso, Novo, Pardo e o ribeirão dos Monos.

O clima da bacia é o tipo Tropical Quente e Úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos com estiagem de 4 a 5 meses. Nas regiões de altitude mais elevada, os verões são brandos e o clima é classificado como Tropical Superúmido sem seca ou com subseca. A precipitação média anual dessa região é de 1.200 mm a 1.600 mm e a temperatura média anual varia de 17,4 a 24,7 °C [CEIVAP (2006)].

O trecho denominado médio rio Pomba inicia-se no município de Astolfo Dutra percorrendo o município de Dona Euzébia e o vilarejo de Sinimbu e finaliza-se no município de Cataguases, sendo todos os municípios pertencentes ao estado de Minas Gerais. Nesse percurso encontram-se os dois maiores afluentes na bacia, os rios Xopotó e Novo.

Uma característica marcante e indesejável em toda a bacia em relação ao saneamento ambiental é a falta de tratamento de esgotos domésticos e industriais, resultando, quase sempre, no lançamento in natura dos efluentes no corpo receptor [CEIVAP (2009)].

2.2. Monitoramento e análise da qualidade da água

Foram realizadas duas coletas de amostras de água em nove seções de monitoramento (Figura 2) durante o período de outubro de 2008 a janeiro de 2009. As coletas de amostras de água para caracterização físico-química foram realizadas no dia 16 de outubro de 2008, representando o período de estiagem, e no dia 19 de janeiro de 2009, representando o período chuvoso.

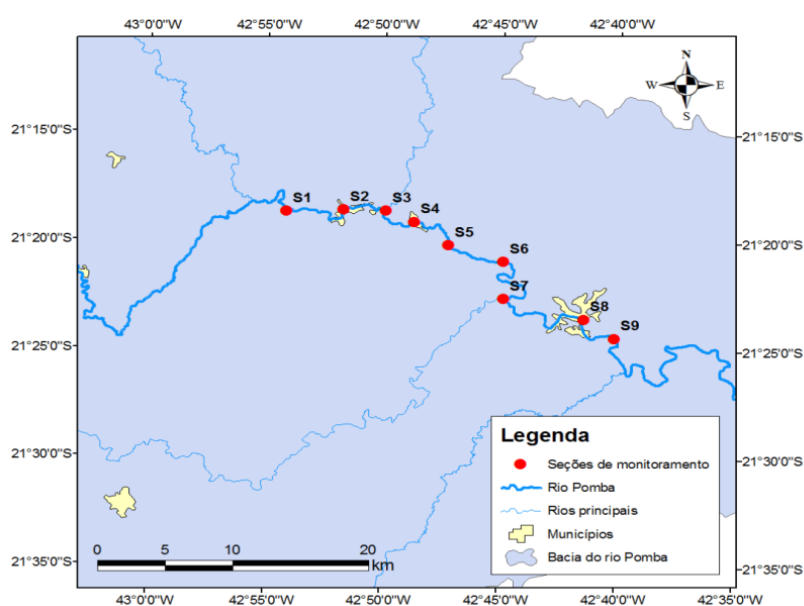


Figura 2 – Seções de monitoramento utilizadas no estudo qualitativo da água no médio Rio Pomba

O trecho de estudo, totalizando 42,8 km de extensão, inicia-se a seis quilômetros a montante do município de Astolfo Dutra percorrendo os municípios de Astolfo Dutra e Dona Euzébia, e finalizando no município de Cataguases, no bairro Taquara Preta, sendo todos pertencentes ao estado de Minas Gerais.

As seções de monitoramento, em um total de nove, foram demarcados no médio rio Pomba por meio de um GPS a fim de se obter as coordenadas geográficas (sistema de projeção UTM Zona 23). O critério adotado para eleger as seções de monitoramento foi a presença de diversidade do uso e ocupação do solo, apresentando áreas rurais, urbanas e industriais (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das seções de monitoramento no médio Rio Pomba

ID	Seções de monitoramento	Comprimento (km) ¹	Altitude (m)	Coordenadas geográficas (UTM) – Zona 23	
S1	Início	0,0	215	717413	7641968
S2	Astolfo Dutra	6,0	209	721781	7642055
S3	Rio Xopotó	9,6	208	724833	7641946
S4	Dona Euzébia	13,0	207	726948	7641029
S5	Faz. Cachoeira do Pomba	17,4	206	729459	7639024
S6	Sinimbu	22,0	205	733524	7637561
S7	Rio Novo	29,9	198	733537	7634439
S8	Cataguases	38,4	165	739454	7632657
S9	Taquara Preta	42,8	163	741655	7630991

¹ Comprimento em relação à primeira seção de monitoramento (Início).

Durante as coletas utilizou-se um frasco de PVC, com volume de aproximadamente 1.000 mL de água, a qual foi transferida para as garrafas plásticas, sendo as amostras, armazenadas em caixa de isopor a uma temperatura média de 4°C, conduzidas para o Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde foram determinadas as concentrações das variáveis oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), alcalinidade, demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), nitrogênio orgânico (Norg), nitrogênio amoniacal (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻), nitrogênio total kjeldahl (NTK), sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos inorgânicos suspensos (SIS). A variável temperatura foi medida in loco com auxílio de um termômetro com sensibilidade de 0,1°C. As demais análises laboratoriais seguiram a metodologia descrita pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [APHA (2005)]. Essas variáveis qualitativas foram utilizadas como variáveis classificatórias na análise de agrupamento.

2.3. Análise de agrupamento

Os resultados encontrados foram analisados estatisticamente com a análise de agrupamentos por meio do software Statistica[®], versão 7.0 da empresa Statsoft, Inc.

Na análise de agrupamento é fundamental a definição de uma medida de similaridade ou de distância entre os grupos a serem constituídos [Keller Filho *et al.* (2005)]. Como as variáveis classificatórias estudadas são variáveis reais e, portanto, são mensuradas em uma escala de intervalo, é conveniente adotar uma medida de distância com propriedades métricas, tendo a escolha recaída na métrica Euclidiana, por ser essa a mais utilizada. Como as variáveis classificatórias são mensuradas em unidades distintas, seus valores foram previamente padronizados, de forma a terem média zero e variância unitária [Rencher (2002)].

Os métodos de agrupamento se distinguem em dois grupos: métodos não hierárquicos, que produzem um número fixo de agrupamentos, e métodos hierárquicos, que formam agrupamentos por meio de uma sequência crescente de partições de grupos – abordagem divisiva – ou de junções sucessivas de grupos – abordagem aglomerativa [Rencher (2002); Hair Jr. *et al.* (2009)].

Para agrupar variáveis de qualidade de água, não é possível estabelecer, a priori, o número ideal de grupos a serem formados. Assim, adotou-se o método hierárquico aglomerativo que é o mais utilizado na construção de agrupamentos. Várias técnicas de agrupamento hierárquico têm sido propostas, destacando-as, dentre as mais utilizadas [Hair Jr. *et al.* (2009)]: ligação simples (*single linkage method*); ligação completa (*complete linkage method*); ligação média (*average linkage method*); método centroide (*centroid method*) e método da variância mínima (*Ward's method*).

A escolha de uma dessas técnicas é, de certa forma, subjetiva. O melhor método é aquele que fornece os resultados mais coerentes com a realidade em estudo [Bufon e Landim (2007)]. Neste trabalho, utilizou-se o método da variância mínima [Ward (1963)], uma vez que é o método mais utilizado em estudos envolvendo aspectos qualitativos dos corpos hídricos [Singh *et al.* (2004); Hang *et al.* (2010)].

Nesse método, a formação dos agrupamentos em cada estágio da hierarquia é avaliada pela soma dos quadrados dos desvios em relação ao centro de gravidade dos grupos, geralmente indicada por R^2 . O critério para a fusão de cada par de grupos é o de que seja obtido o menor acréscimo possível no valor de R^2 [Keller Filho *et al.* (2005)].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de agrupamento permitiu separar as variáveis de qualidade de água monitoradas no médio rio Pomba em grupos homogêneos. Foram gerados dendogramas indicativos desses grupos para os períodos seco e chuvoso. Na Figura 3 está apresentado o dendograma obtido para a campanha de período seco e na Tabela 2 estão apresentados os valores médio, máximo, mínimo, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das concentrações das variáveis de qualidade de água encontradas no médio rio Pomba na mesma campanha.

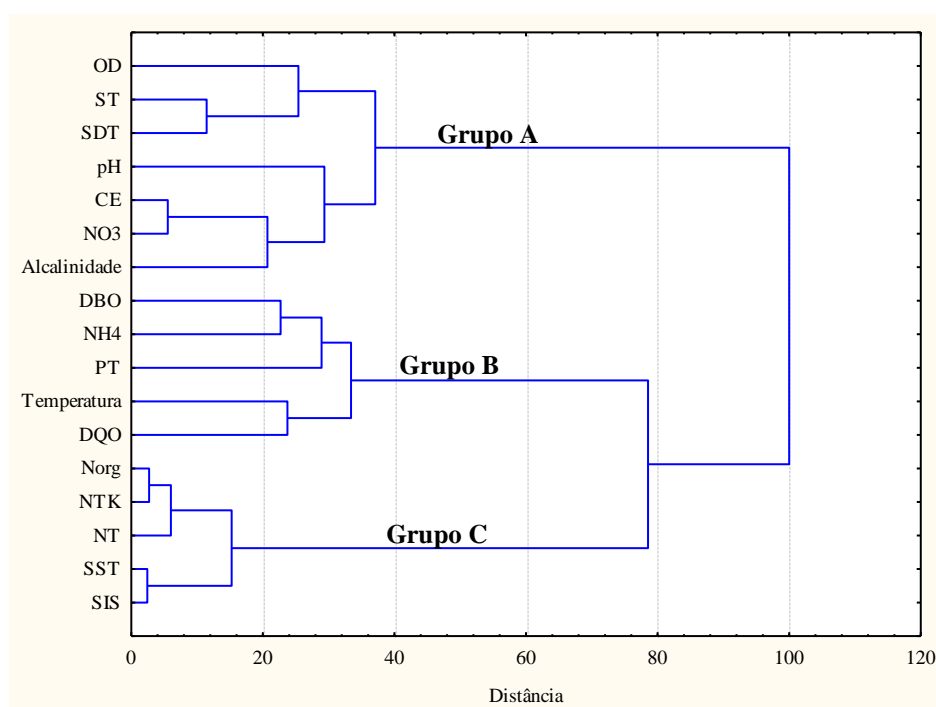


Figura 3 – Dendograma obtido por meio de análise de agrupamento das variáveis de qualidade de água no médio rio Pomba durante a campanha de período seco

O dendograma obtido para a campanha de período seco (Figura 3) indicou a formação de três grupos homogêneos, sendo que o grupo A possui como variáveis de qualidade de água OD, ST, SDT, pH, CE, NO₃ e Alcalinidade; o grupo B contém DBO, NH₄, PT, Temperatura e DQO; e o grupo C contém Norg, NTK, NT, SST e SIS.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis de qualidade de água analisadas em nove seções de monitoramento no médio rio Pomba durante a campanha de período seco

Variáveis	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)
OD	mg L ⁻¹	5,53	6,30	4,00	0,71	12,84
ST	mg L ⁻¹	65,72	108,00	50,00	17,02	25,90
SDT	mg L ⁻¹	50,22	95,00	25,00	19,02	37,87
pH	-	6,70	7,44	6,01	0,46	6,87
CE	µS cm ⁻¹	60,88	122,70	44,19	24,09	39,57
NO ₃ ⁻ - N	mg L ⁻¹	0,65	2,06	0,13	0,56	86,15
Alcalinidade	mg L ⁻¹ CaCO ₃	25,65	33,27	20,16	4,71	18,36
DBO	mg L ⁻¹	6,17	13,30	2,22	4,40	71,31
NH ₄ ⁺ - N	mg L ⁻¹	0,30	1,09	0,10	0,30	100,00
PT	mg L ⁻¹	0,07	0,13	0,02	0,04	57,14
Temperatura	°C	26,04	28,20	23,30	1,78	6,84
DQO	mg L ⁻¹	39,53	76,92	19,23	20,08	50,80
N _{org}	mg L ⁻¹	0,13	0,53	0,00	0,17	130,74
NTK	mg L ⁻¹	0,94	2,23	0,49	0,52	55,32
NT	mg L ⁻¹	0,51	1,53	0,11	0,43	84,31
SST	mg L ⁻¹	15,50	34,50	7,50	7,87	50,77
SIS	mg L ⁻¹	6,50	19,50	2,00	5,40	83,08

Os atributos determinantes no grupo A foram os baixos valores de ST e SDT devido ao menor índice pluviométrico característico deste período hidrológico. Como consequência tem-se um menor desvio padrão e coeficiente de variação da variável OD ao longo das seções de monitoramento, uma vez que quanto mais turva se encontra a água menor será a sua concentração de oxigênio [Von Sperling (2005)]. A menor concentração de OD (4 mg L⁻¹) foi obtida no município de Cataguases, região com características urbanas e com grandes atividades antrópicas, e a maior concentração (6,30 mg L⁻¹) foi encontrada na terceira seção de monitoramento (rio Xopotó).

O grupo B representa a poluição por matéria orgânica ao longo da calha principal do médio rio Pomba. Os atributos determinantes nesse grupo é a presença das variáveis qualitativas DBO e DQO. A maior concentração de DBO foi encontrada no município de Cataguases, sendo justificado pelo expressivo lançamento de efluentes domésticos no corpo receptor, concorrendo para o aumento da concentração da matéria orgânica e o decréscimo de oxigênio dissolvido. O menor valor encontrado (2,22 mg L⁻¹) foi na primeira seção de monitoramento. Essa região é isenta de aglomerações urbanas concorrendo para a baixa concentração de matéria orgânica biodegradável no curso de água. Entretanto, essa seção apresentou alta concentração de DQO (48,08 mg L⁻¹), indicando que a matéria orgânica presente no curso de água é de difícil assimilação (fração não biodegradável). Em Cataguases encontrou-se a maior concentração de DQO (76,92 mg L⁻¹),

indicando, também, que a fração não biodegradável é elevada, sendo provocada, principalmente, por efluentes industriais na região.

Já o grupo C, em menor proporção, indica a parcela de poluição difusa no médio rio Pomba, causado por fertilizantes orgânicos oriundos de áreas agrícolas, principalmente entre as seções de monitoramento de Astolfo Dutra e Sinimbu e, também, por nutrientes presentes no esgoto doméstico.

Na Figura 4 está apresentado o dendograma obtido para a campanha de período chuvoso e na Tabela 3 estão apresentados os valores médio, máximo, mínimo, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das concentrações das variáveis de qualidade de água encontradas no médio rio Pomba na mesma campanha.

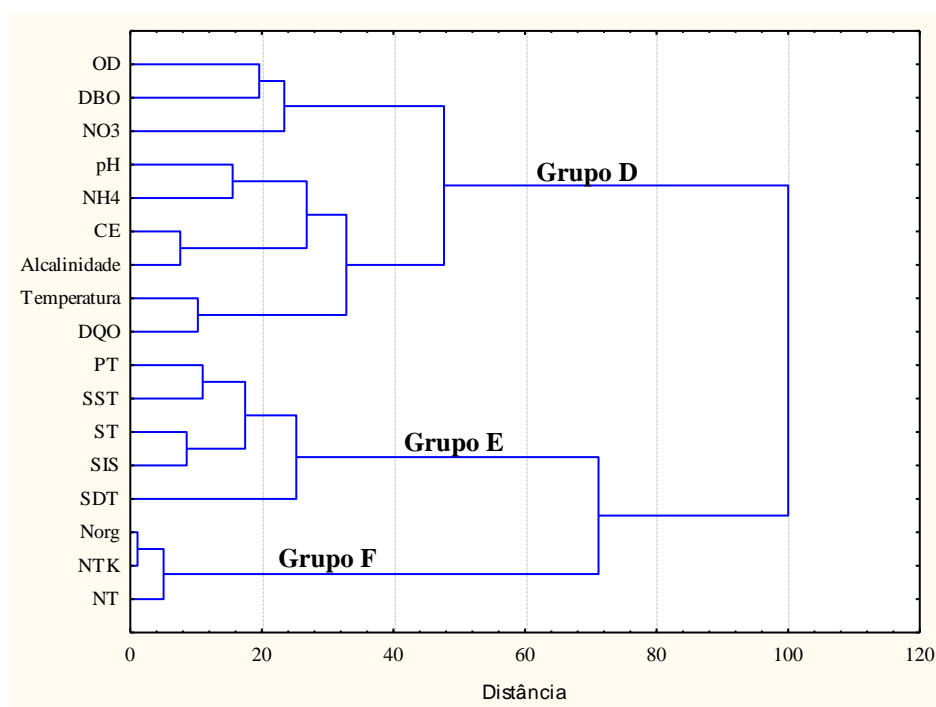


Figura 4 – Dendograma obtido por meio de análise de agrupamento das variáveis de qualidade de água no médio rio Pomba durante a campanha de período chuvoso

O dendrograma obtido para a campanha de período chuvoso (Figura 4) indicou, também, a formação de três grupos homogêneos, sendo que o grupo D possui como variáveis de qualidade de água OD, DBO, NO3, pH, NH4, CE, Alcalinidade, Temperatura e DQO; o grupo E contém PT, SST, ST, SIS e SDT; e o grupo F contém Norg, NTK e NT.

Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis de qualidade de água analisadas em nove seções de monitoramento no médio rio Pomba durante a campanha de período chuvoso

Variáveis	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)
OD	mg L ⁻¹	5,93	6,31	5,35	0,33	5,56
DBO	mg L ⁻¹	7,12	10,00	4,31	1,84	25,84
NO ₃ ⁻ - N	mg L ⁻¹	2,83	3,65	1,54	0,60	21,20
pH	-	6,47	6,93	6,08	0,27	4,17
NH ₄ ⁺ - N	mg L ⁻¹	0,17	0,83	0,00	0,26	152,94
CE	μS cm ⁻¹	48,11	86,87	35,66	15,41	32,03
Alcalinidade	mg L ⁻¹ CaCO ₃	20,38	35,28	15,12	5,94	29,15
Temperatura	°C	23,03	25,00	22,00	0,85	3,69
DQO	mg L ⁻¹	21,56	39,20	9,80	12,78	59,28
PT	mg L ⁻¹	0,09	0,16	0,05	0,04	44,44
SST	mg L ⁻¹	39,72	80,00	3,00	23,03	57,98
ST	mg L ⁻¹	93,89	178,50	26,00	42,65	45,43
SIS	mg L ⁻¹	27,39	65,00	0,00	19,92	72,73
SDT	mg L ⁻¹	54,17	98,50	12,00	26,03	48,05
N _{orgânico}	mg L ⁻¹	0,10	0,18	0,00	0,06	60,00
NTK	mg L ⁻¹	3,00	3,85	2,37	0,45	15,00
NT	mg L ⁻¹	2,73	3,53	1,54	0,57	20,88

O atributo principal no grupo D foi a relação entre as concentrações de OD e matéria orgânica, representada pelas variáveis DBO e DQO. Observou-se, na campanha de período chuvoso, melhora substancial na qualidade da água, mesmo apresentando a média do valor de concentração de OD próxima da campanha de período seco. Na campanha de período chuvoso, em todas as seções de monitoramento, a concentração de OD foi superior à 5 mg L⁻¹, sendo que a maior concentração (6,31 mg L⁻¹) foi observada na primeira (Início) e segunda (Astolfo Dutra) seções. A menor concentração de OD (5,35 mg L⁻¹) foi observada em Sinimbu.

A maior concentração de DBO, durante a campanha de período chuvoso, ocorreu novamente no município de Cataguases (10,0 mg L⁻¹), sendo justificado pela presença de fezes provenientes de animais localizados próximo ao local de amostragem. Com o aumento da precipitação nesse período grande parte do material orgânico foi carregado para o corpo hídrico, contribuindo, provavelmente, para o aumento da concentração de DBO nessa região. A menor concentração de DBO foi encontrada na seção denominada Fazenda Cachoeira do Pomba (5,3 mg L⁻¹). Os valores baixos da concentração de DQO nessa campanha, de uma forma geral, indicam a presença de material orgânico biodegradável no curso de água.

O grupo E reflete, basicamente, a erosão hídrica, o escoamento superficial oriundo de áreas agrícolas e a contribuição de esgotos domésticos e resíduos sólidos dispostos, inadequadamente, às margens do curso de água. Ao comparar os valores da série de sólidos nos dois períodos

hidrológicos estudados, observa-se grande aumento das concentrações médias no médio rio Pomba, mostrando a grande influência da precipitação no carreamento de partículas sólidas para o interior da calha do rio.

E por fim, o grupo F indica a parcela de poluição difusa no período chuvoso, com a presença de concentrações nitrogenadas no médio rio Pomba. Observa-se um aumento nas concentrações de nitrogênio no período chuvoso, sendo que a fração que mais intensificou para tal percepção foi o nitrogênio orgânico (média de 2,73 mg L⁻¹). O nitrogênio orgânico é encontrado na matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos [Von Sperling (2005)].

Bottino (2008), estudando a qualidade da água no rio Canha, encontrou concentrações superiores de OD nas campanhas de período chuvoso comparadas às campanhas de período seco. Alam *et al.* (2007) encontraram resultados semelhantes ao estudarem a qualidade das águas do rio Surma, Bangladesh. Os pesquisadores relacionaram a degradação da qualidade da água, durante a campanha de período seco, com a alta concentração de matéria orgânica e a baixa vazão associada.

Jonnalagadda e Mhere (2001) observaram menores concentrações de DBO no período seco e maiores no período chuvoso, no rio Odzi, Zimbábue. Farage (2009) observou maiores concentrações de DBO no período chuvoso, assim como no presente trabalho. Já Alam *et al.* (2007) observaram as maiores concentrações no período de estiagem, justificando tal fato pela baixa vazão do rio Surma, além de fontes pontuais de poluição e interferências no uso e ocupação do solo pelas atividades humanas.

Ao contrário do estudo realizado por Damasceno *et al.* (2010) no rio Poty, na região de Teresina – PI, esse trabalho mostrou que a concentração da maioria das variáveis analisadas aumentou na estação chuvosa. Esse fato pode ser justificado por meio de variáveis que não foram contempladas nesse estudo, como as variáveis hidráulicas e hidrológicas, uma vez que o rio Pomba possui características bastante distintas do rio estudo naquele trabalho.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A técnica estatística multivariada, por meio da análise de agrupamento, indicou a formação de três grupos homogêneos de variáveis de qualidade de água, em cada período hidrológico estudado, facilitando a análise de poluição da água no médio rio Pomba.

- Na campanha de período seco, as variações na qualidade da água foram definidas pela presença de matéria orgânica no curso de água e pela poluição difusa causada por fertilizantes orgânicos.
- Na campanha de período chuvoso, as variações de qualidade da água foram definidas por um grupo orgânico (indicativo de lançamentos de esgotos domésticos in natura no curso de água), por um grupo de sólidos (representando o processo de erosão hídrica) e por um grupo de nutrientes (influência da poluição difusa causada, principalmente, por esgotos domésticos).
- O lançamento in natura de efluentes domésticos no médio rio Pomba é a principal fonte de poluição encontrada no trecho de rio, sendo responsável pelo excesso de matéria orgânica no corpo hídrico.
- O aumento dos índices pluviométricos na bacia e, conseqüentemente, das vazões no médio rio Pomba fez com que a qualidade da água apresentasse melhoras substanciais durante o período chuvoso.
- Durante a campanha de período seco ficou evidenciada a poluição por matéria orgânica não biodegradável. Já na campanha de período chuvoso, o aumento na concentração da fração de sólidos foi mais evidenciado no médio rio Pomba.

AGRADEDIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), que viabilizaram a realização deste trabalho.

5. BIBLIOGRAFIA

ALAM, J. B.; HOUSSAIN, A.; KHAN, S. K.; BANIK, B. K.; ISLAIM, M. R.; MUYEN, Z.; RAHMAN, M. H. (2007). “*Deterioration of water quality of Surma River*”. Environmental Monitoring and Assessment, v.134, p.233-242.

ALEXANDRE, D. M. B.; ANDRADE, E. M. de; LOPES, F. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; FERREIRA, A. C. da S. (2010). “*The water quality investigation using GIS and multivariable analysis in a semiarid region reservoir*”. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 4, p. 554-561.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2005). “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” – 21ª Ed. New York, AWWA, WPCR, PO-65.

BOTTINO, F. (2008). “*Estudo experimental e matemático de qualidade de água com base na ecidrologia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do Rio Canha, Baixo Ribeira do Iguape, SP*”. São Paulo: UFSCAR, 208 p. Dissertação Mestrado.

BUFON, A. G. M.; LANDIM, P. M. B. (2007). “*Análise da qualidade da água por metodologia estatística multivariada na Represa Velha (CEPTA/IBAMA/Pirassununga/SP)*”. HOLOS Environment, v. 7, n. 1, p. 42-59, 2007.

CEIVAP (2009) – Comitê de integração das águas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. “*Monitoramento ambiental em Cataguases (MG)*”. Assessoria de comunicação – AGEVAP – 13/04/2009. Disponível em <http://www.ceivap.org.br/saibamais146.php>. Acesso em 24 de julho de 2009.

CEIVAP (2006) – Comitê de integração das águas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. “*Plano de recursos hídricos da bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo*”. Brasil.

DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; DIAS, N. da S.; FRANCO, J. L. D.; SILVA, E. F. de F. e (2010). “*Aspectos qualitativos da água do Rio Poty na região de Teresina, PI*”. Revista Ciência Agronômica, v.41, n.1, p.139-148.

DERÍSIO, J. C. (1992). *Introdução ao controle da poluição ambiental*. São Paulo: Editora da CETESB, mar.

FARAGE, J. de A. P. (2009). “*Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas e capacidade de autodepuração do Rio Pomba*”. Viçosa: UFV. 124 p. Dissertação Mestrado.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M. de; FREITAS ROSA, M. de; ARAÚJO, L. de F. P. de; MEIRELES, A. C. M. (2007). “*Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal*”. Revista Ciência Agronômica, v. 38, n. 1, p. 17-24.

HAIR JR. J. F. (2009). *Análise Multivariada de Dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookmam. 688 p.

JONNALAGADDA, S. B.; MHERE, G. (2001). “*Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe*”. Water Research, v.35, n.10, p.2371-2376.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. de R. (2005). “*Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil*”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 4, p. 311-322.

LEMOS, M. de.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. da S. (2010). “*Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 2, p. 155-164.

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. (2010). “*Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 9, p. 937-943.

RAZMKHAH, H.; ABRISHAMCHI, A.; TORKIAN, A. (2010). “*Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood River (Tehran, Iran)*”. *Journal of Environmental Management*, v. 91, p. 852-860.

RENCHEA, A. C. *Methods of Multivariate Analysis*. 2. ed. Canada: Wiley-Interscience, 2002. 708 p.

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, p. 3980-3992.

VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. DESA/UFMG, ed. 3, v. 1, Belo Horizonte – MG. 452 p.

WARD, J. H. (1963). “*Hierarchical grouping to optimize an objective function*”. *Journal of the American Statistical Association*, v. 58, p. 236-244.

YANG, Y. H.; ZHOU, F.; GUO, H. C.; SHENG, H.; LIU, H.; DAO, X.; HE, C. J. (2010). “*Analysis of spatial and temporal water pollution patterns in Lake Dianchi using multivariate statistical methods*”. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s10661-009-1242-9.

ZENG, X.; RASMUSSEN, T. C. (2005). “*Multivariate statistical characterization of water quality in Lake Lanier, Georgia, USA*”. *Journal Environmental Quality*, v. 34, p. 1980-1991.

ZHANG, X. (2010). “*Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong*”. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s10661-010-1366-y.