

# **Estatística multivariada aplicada ao monitoramento da qualidade da água em região hidromineral do estado de Minas Gerais, Brasil**

Rhuane Jackeline Pereira Silva Andrade, Maria Victória de Oliveira, Gilberto Coelho

## **RESUMO**

O uso e ocupação do solo estão diretamente ligado às alterações da qualidade da água de uma bacia hidrográfica. Dessa forma, é fundamental o monitoramento da qualidade da água para gerenciar os recursos hídricos, a fim de garantir a conservação da biota aquática e a qualidade da água para os consumidores finais. Objetivou-se neste trabalho a avaliação da qualidade da água na região de cabeceira da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, no município de Jacutinga, Minas Gerais, por meio da aplicação da estatística descritiva e multivariada às variáveis do Índice de Qualidade de Água (IQA). O monitoramento foi realizado mensalmente, em 4 nascentes e 3 cursos d'água, no período de agosto de 2019 a junho de 2020. Foram analisadas as seguintes variáveis: pH, Temperatura, Turbidez, Fósforo Total, Nitrato, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Termotolerantes (CT) e Sólidos Totais (ST). Para análise dos dados foram utilizadas a estatística descritiva e multivariada, por meio da análise de componentes principais (PCA). Foram analisados os períodos de chuva e estiagem, a fim de avaliar a influência da sazonalidade nas análises. A partir da PCA para período chuvoso, foram selecionadas três componentes principais que explicaram 62,25% da variância acumulada. Já para o período de estiagem foram selecionadas duas componentes principais que explicaram 50,82% da variância acumulada. Concluiu-se que as variáveis monitoradas sofreram influência da sazonalidade, acarretando alteração das variáveis ao longo dos períodos analisados.

**Palavras-chaves:** análise de componentes principais, qualidade de água, recursos hídricos

## **1 INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural indispensável para a manutenção da biosfera, além de ser um instrumento para o desenvolvimento socioeconômico, deste modo, a conservação dos recursos hídricos é um dos principais fatores que promovem o progresso social e econômico e protegem adequadamente o meio ambiente (Baker; Miller, 2013). A qualidade da água está

1 relacionada às suas características físicas, químicas e biológicas, e é influenciada pelas ações  
2 antrópicas que ocorrem na bacia hidrográfica, que podem levar à alteração do equilíbrio e  
3 dinâmica dos corpos d'água (Poletto, 2014).

4 O monitoramento de cursos d'água e nascentes para verificação de sua qualidade é de suma  
5 importância para a tomada de decisão no que diz respeito à gestão de recursos hídricos, de  
6 forma a garantir o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas e saúde para os consumidores  
7 finais.

8 Os estudos sobre qualidade da água podem ser melhor compreendidos e explicados por meio  
9 de estudos estatísticos multivariados, que objetivam agrupar elementos de acordo com seu  
10 grau de compatibilidade, conforme afirma Regazzi (2002). De acordo com Helena et al.  
11 (2000) e Palácio (2004) os métodos de análise exploratória de dados multivariados são  
12 largamente utilizados quando se deseja promover a redução do número de variáveis com o  
13 mínimo de perda de informação.

14 No tocante à avaliação de dados de monitoramento ambiental, o método das componentes  
15 principais é um dos mais usados para resolver problemas clássicos de análise fatorial (Guedes,  
16 2012). Essa análise permite a redução da dimensão de dados, facilitando a extração de  
17 informações que serão de grande relevância na avaliação da qualidade das águas, conforme  
18 explicam Andrade et. al. (2005) e Meireles et al. (2005).

19 Face ao exposto anteriormente, o objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade da água de 4  
20 nascentes e 3 cursos d'água localizados no município de Jacutinga-MG, por meio da  
21 aplicação de técnicas de estatística descritiva e multivariada, bem como verificar a influência  
22 da sazonalidade sobre as variáveis monitoradas.

23 O presente trabalho foi realizado mediante uma parceria realizada entre a Agência Regional  
24 de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Grande (ARPA Rio Grande) e a Empresa Enagri  
25 Júnior, no âmbito do projeto Proveráguas Jacutinga, que tem como intuito promover a  
26 restauração de áreas de preservação permanente de cursos d'água e nascentes da região de  
27 cabeceira da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

28

## 29 **2 METODOLOGIA**

### 30 **2.1 Área de estudo**

31

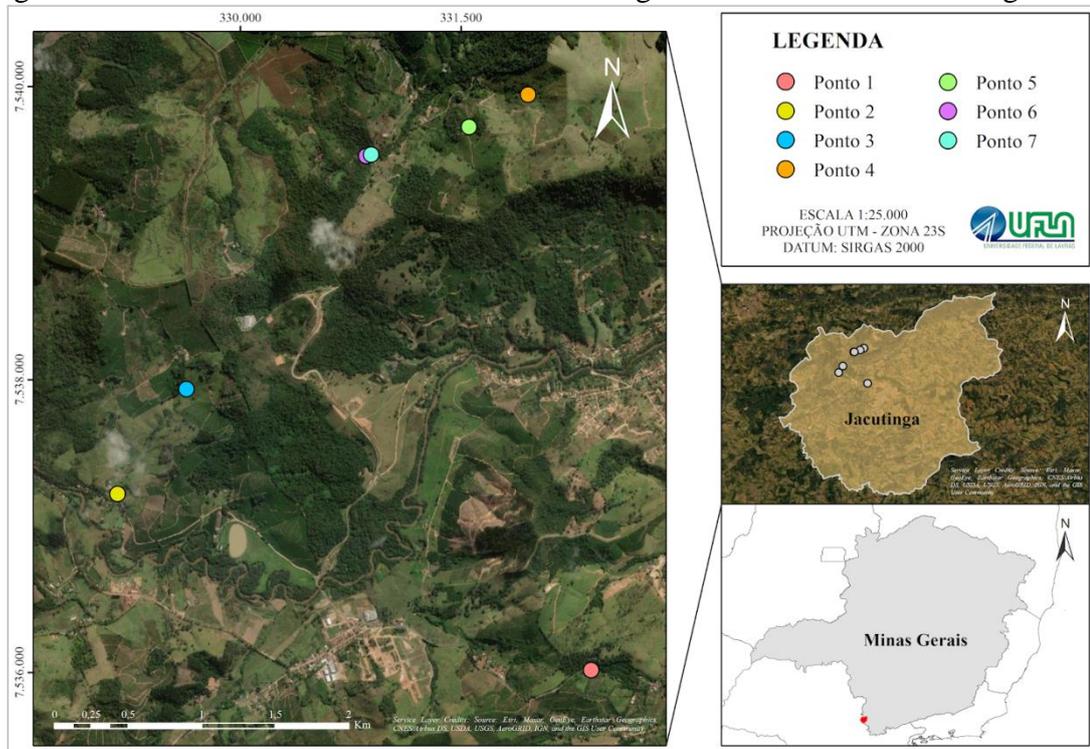
1 Inserida na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu e conhecida pelas atividades têxteis,  
 2 agropecuárias e pela exploração de água mineral, a cidade de Jacutinga está localizada na  
 3 região sul do estado de Minas Gerais.

4 A cidade recebeu o título de estância hidromineral, ou seja, que dispõe de fontes de águas  
 5 minerais naturais na década de 1950, com a inauguração da fonte São Clemente (Viotti; Dias,  
 6 2018). A classificação climática de Köppen para o município é Cwa, com inverno seco e  
 7 verão quente (Martins et al., 2018).

8 Foram definidos sete pontos de monitoramento localizados na zona rural do município, como  
 9 apresentado na Figura 1.

10

11 Figura 1: Pontos de monitoramento de dados na região hidromineral de Jacutinga - MG.



12

13

14

Fonte: Dos autores (2021).

15 Os pontos de monitoramento foram classificados como nascente ou curso d'água e suas  
 16 coordenadas foram obtidas por meio de um GPS (TABELA 1). Ademais, as coletas de água  
 17 foram realizadas mensalmente no período entre agosto de 2019 a junho de 2020, executadas  
 18 conforme as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão  
 19 et al., 2011). Os valores das amostras foram comparados com a classe 2, de acordo com o Art.  
 20 42 da Resolução CONAMA 357/2005, pois enquanto não aprovado os respectivos  
 21 enquadramentos as águas doces são consideradas classe 2.

Tabela 1: coordenadas geográficas, altitude e classificação dos pontos de coleta para monitoramento.

Ponto de Coleta	Classificação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	Nascente	22°16'24,50"S	46°37'36,65"O	860
P2	Curso d'água	22°15'43,77"S	46°39'28,53"O	819
P3	Nascente	22°15'20,66"S	46°39'11,91"O	940
P4	Nascente	22°14'16,29"S	46°37'50,40"O	1158
P5	Nascente	22°14'22,00"S	46°38'4,00"O	1151
P6	Curso d'água	22°14'28,72"S	46°38'28,58"O	999
P7	Curso d'água	22°14'29,20"S	46°38'27,81"O	998

Fonte: Dos autores (2021).

Para realizar as análises laboratoriais foram coletadas amostras simples, que foram preservadas em caixa térmica com gelo para o transporte até o laboratório. Para conservação das amostras, estas foram armazenadas em um refrigerador à temperatura de 4 °C.

O Oxigênio Dissolvido (OD) foi fixado em campo, por meio da adição de 2 mL de solução de Sulfato Manganoso seguido da adição de 2 mL de solução Álcali-Iodeto de Azida. A temperatura foi medida em campo, utilizando um termômetro digital LCD. Além destas, foram determinadas: Potencial hidrogeniônico (pH), por potenciômetro; Nitrato, por colorimétrica pelo método do salicilato; Fósforo, por colorimetria pelo método do vanadomolibdato; Demanda Bioquímica de Oxigênio, pelo método iodométrico; Turbidez, pelo método nefelométrico; Sólidos Totais, pelo método gravimétrico e Coliformes Termotolerantes, pelo método dos tubos múltiplos (Apha et. al., 2005).

## 2.2 Índice de qualidade de água (IQA)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) começou a ser utilizado no Brasil em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e hoje é o principal índice de qualidade de água utilizado no país (ANA, 2018).

O IQA consiste em um número que expressa a qualidade da água, baseado na combinação de variáveis físicas, químicas e biológicas (Lumb; Sharma; Bibault, 2011; Poonam; Tanushree; Sukalyan, 2013; Tyagi et al., 2013). Este índice é composto por nove variáveis, sendo elas: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes

1 Termotolerantes, Temperatura, Fósforo Total, Sólidos Totais, pH, Nitrato e Turbidez. Para  
 2 realização da avaliação do monitoramento, foram utilizadas as variáveis que compõe esse  
 3 índice.

4

### 5 **2.3 Análise multivariada**

6

7 Foi realizada análise multivariada no programa computacional PAST 3, com análise de  
 8 componentes principais (PCA). Para as análises foram utilizadas as variáveis que compõem o  
 9 IQA: pH, Temperatura, Turbidez, Fósforo Total, Nitrato, Oxigênio Dissolvido (OD),  
 10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Termotolerantes (CT) e Sólidos Totais  
 11 (ST). Para avaliar a influência da sazonalidade sobre as variáveis, os dados foram divididos  
 12 entre os períodos de estiagem e chuvoso.

13

## 14 **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 15 **3.1 Análise descritiva**

16 Os resultados da análise descritiva dos dados (média dos períodos de estiagem e chuvoso,  
 17 bem como o desvio padrão) estão apresentados na tabela 3.

18

19

20

21

22

23 Tabela 3: Análise descritiva das variáveis do índice de qualidade da água no período chuvoso  
 24 e de estiagem dos pontos monitorados.

Variável	Nascente				Curso D'água			
	P1	P3	P4	P5	P2	P6	P7	
pH	m1	5,87	6,37	6,10	5,77	6,62	6,00	6,02
	dp1	0,78	0,34	0,39	0,27	0,57	0,30	0,22
	m2	6,01	6,55	6,43	6,37	6,92	6,75	6,77
	dp2	0,51	0,36	0,20	0,40	0,66	0,33	0,29
Temperatura (°C)	m1	21,53	21,30	20,98	21,43	21,15	20,65	20,95
	dp1	1,21	0,98	1,37	0,66	1,35	0,61	0,24
	m2	20,24	19,28	18,48	20,48	17,68	18,38	17,84
	dp2	1,99	2,92	2,02	1,26	3,15	2,52	2,79

Turbidez (UNT)	m1	2,27	10,57	7,55	0,97	5,40	2,88	4,05
	dp1	0,89	3,68	2,29	0,13	2,64	0,53	0,79
	m2	2,61	10,35	11,12	1,11	3,35	3,54	2,68
	dp2	1,00	2,94	4,98	0,36	0,61	0,86	0,41
Nitrato (mg/L)	m1	0,89	0,44	0,00	9,74	4,65	2,44	2,77
	dp1	0,63	0,51	0,00	8,61	5,54	1,17	1,27
	m2	4,34	0,53	0,80	14,49	3,90	2,66	3,01
	dp2	3,94	1,19	1,78	6,54	1,75	1,57	1,81
Fosfato Total (mg/L)	m1	2,11	0,38	0,00	1,46	2,53	0,77	0,46
	dp1	0,59	0,46	0,00	0,81	1,10	0,81	0,18
	m2	1,29	0,98	0,55	1,47	1,41	1,53	0,98
	dp2	0,50	1,09	1,23	0,66	0,96	1,32	0,40
OD (mg/L)	m1	5,02	7,19	7,13	7,05	7,05	7,94	8,00
	dp1	0,63	0,40	0,60	0,59	0,55	0,41	0,29
	m2	4,54	7,50	6,77	7,22	7,32	8,06	7,83
	dp2	0,28	0,46	0,34	0,58	0,96	0,75	0,50
DBO (mg/L)	m1	1,28	1,55	1,63	0,81	1,01	1,47	1,60
	dp1	0,30	0,67	0,60	0,54	0,70	0,64	0,83
	m2	0,79	1,08	0,89	0,64	0,58	0,70	0,81
	dp2	0,46	0,83	0,61	0,41	0,15	0,32	0,57
Sólidos Totais (mg/L)	m1	49,69	62,60	59,79	84,11	58,65	71,30	69,53
	dp1	13,13	21,21	9,36	10,15	16,86	19,85	18,02
	m2	45,35	48,94	45,53	71,40	61,31	68,11	48,89
	dp2	15,17	29,57	9,36	19,51	6,33	20,05	23,65
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	m1	2050,00	1180,00	217,50	10,00	43375,00	114812,50	12125,00
	dp1	1676,31	2213,46	322,53	20,00	71122,40	223467,31	8901,08
	m2	542,00	92,00	66,00	8,00	2648,00	21408,00	91900,00
	dp2	1094,77	90,94	104,79	17,89	3878,86	31563,39	200195,26

m1=média do período chuvoso; m2=média do período estiagem; dp1=desvio padrão chuvoso; dp2=desvio padrão período de estiagem.

Fonte: Dos autores (2021).

1 Frente ao exposto na Tabela 3, verifica-se que os valores médios de pH da maior parte dos  
2 pontos estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para  
3 cursos d'água classe 2, entre 6 e 9, exceto os pontos 1 e 5, que no período chuvoso obtiveram  
4 resultados inferiores a 6. Os resultados encontrados vão de encontro aos apresentados por  
5 Pastro et al. (2020) e Bega et al. (2021) em que os valores de pH são maiores nos períodos de  
6 estiagem em decorrência de maior insolação, que eleva as atividades fotosintéticas,  
7 diminuindo dióxido de carbono, causando elevação nos valores de pH, exceto para nascentes.  
8 As médias de temperatura apresentaram resultados assertivos com a época do ano e o regime  
9 climático, sendo que as maiores temperaturas foram encontradas no verão, onde há maior  
10 incidência solar e as menores médias foram caracterizadas pela estação mais fria, ou seja, o  
11 período seco.

12 Os maiores valores de turbidez foram encontrados no período de chuvas, decorrente do arraste  
13 de sedimentos e movimentação do curso d'água. Neste trabalho, os maiores valores de  
14 turbidez foram encontrados nos pontos 1, 4, 5, e 6 para o período de estiagem. Esses valores  
15 podem ser justificados pelo uso e ocupação do solo para agricultura nos pontos 1 e 5 e, no  
16 ponto 4 se relaciona com a existência de cercas de proteção, que dá acesso à animais de  
17 pequeno e grande porte, causando agitação dos sedimentos do fundo do curso d'água,  
18 consequentemente aumentando a concentração de sólidos suspensos e dos valores de turbidez.  
19 O trabalho de Oliveira (2019) encontrou resultados semelhantes ao constatar a presença de  
20 animais próximos aos pontos de monitoramento de nascentes e córregos em Jacutinga.

21 As concentrações médias de nitrato nos pontos amostrados estavam dentro dos padrões  
22 definidos na Resolução CONAMA 357/2005 para classe 2, de 10 mg L<sup>-1</sup> N, exceto no ponto  
23 5. Esse resultado é reflexo da localização desse ponto, que fica próximo a uma lavoura  
24 cafeeira e em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados, como já visto em campo,  
25 pode haver lixiviação desses nutrientes para a nascente em questão, aumentando as  
26 concentrações de nitrato. Esses resultados vão de encontro aos obtidos por Pinheiro et al.  
27 (2013), que verificaram que as águas de escoamento superficial onde houve aplicação de  
28 nitrogênio no solo excedeu os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

29 Os valores de fósforo total se apresentaram acima dos recomendados pela legislação  
30 ambiental em vigor para cursos d'água classe 2, ou seja, acima de 0,1 mg L<sup>-1</sup>, exceto para o  
31 ponto 4 durante o período chuvoso. Foram observados maiores valores de concentração média  
32 para o período de estiagem nos pontos 2, 3, 4, 6 e 7. Resultados semelhantes foram  
33 encontrados por Fia et al. (2015) para o Ribeirão Vermelho, em que as concentrações de  
34 fósforo na estiagem alcançaram até 140 vezes a concentração observada no período chuvoso.

1 Os pontos 1 e 5, que possuem lavoura cafeeira na área de drenagem, apresentaram maiores  
2 concentrações no período de chuvas, em decorrência do arraste de material das áreas  
3 plantadas. Pinto et. al. (2012) encontraram resultados similares ao avaliar a qualidade da água  
4 de nascentes com plantações de café no entorno.

5 Os valores de concentração de OD devem ser acima de 5 mg/L de acordo com a resolução  
6 vigente. Todos os pontos de monitoramento nos dois períodos analisados tiveram resultados  
7 positivos, com exceção do ponto 1 no período de estiagem, que não apresentou média dentro  
8 dos padrão. Oliveira (2019), obteve o mesmo resultado em sua pesquisa, onde um dos pontos  
9 de monitoramento apresentou baixos níveis de OD e relacionou este resultado com a presença  
10 de matéria orgânica que leva ao consumo de oxigênio dissolvido.

11 Ainda de acordo com Pinto et. al. (2012), os resultados abaixo de 5 mg/l de oxigênio  
12 dissolvido para o ponto 1 e os valores de fosfato podem estar associados aos processos  
13 eutróficos e ações antrópicas. As médias de DBO e Sólidos Totais apresentaram maiores  
14 médias no período chuvoso, resultados similares aos encontrados por Pontes, Marques e  
15 Marques (2012), que associaram os valores observados ao arraste de matéria orgânica para o  
16 curso d'água, como consequência da formação de escoamento superficial.

17 Ainda com relação aos pontos analisados nas campanhas realizadas, com exceção dos Pontos  
18 4 e 5, os demais pontos apresentaram valores de Coliformes Termotolerantes acima da  
19 legislação vigente (CONAMA 357/2005) para Classe 2. Tal resultado corrobora com os  
20 resultados apresentados em Vieira (2015) e de Oliveira (2019) em locais com características  
21 semelhantes. A presença de coliformes indica a possibilidade de contaminação por fezes,  
22 geralmente depositadas nestes locais por atividades agropastoris, que, conseqüentemente,  
23 podem gerar prejuízos à saúde humana, caso tal água seja consumida.

24

### 25 **3.2 Análise multivariada**

26 Os resultados a seguir correspondem à matriz de dados das componentes principais, para os  
27 sete pontos nos períodos de estiagem e chuvoso, tais dados estão apresentados na tabela 4 e 5  
28 respectivamente.

29

30

31

32

33

1 Tabela 4: Cargas fatoriais, autovalores e variância nas duas primeiras componentes principais  
 2 dos 7 pontos de coleta no período de estiagem.

Variável	PC1	PC2
pH	0,5118	-0,1419
Temperatura	-0,5137	0,2023
Turbidez	-0,2032	-0,5524
Nitrato	0,0578	0,6238
Fosfato Total	0,4066	0,139
OD	0,4042	-0,1623
DBO	0,2299	-0,1821
Sólidos Totais	0,2138	0,3936
Coliformes Termotolerantes	0,0475	-0,1045
Autovalor	2,8136	1,7603
Variância (%)	31,2620	19,5590
Variância acumulada (%)	31,2620	50,8210

3 Fonte: Dos autores (2021).

4

5 A primeira componente principal (CP1) representa 31,26% da variância total dos dados,  
 6 apresentando como variáveis mais significativas temperatura e pH, sendo que a temperatura  
 7 demonstrou uma associação negativa. Já nas variáveis pH, fosfato total, OD e DBO obtiveram  
 8 associações positivas com a mesma componente. A relação contrária apresentada na CP1,  
 9 entre as variáveis Fosfato Total e Temperatura, também foi registrado no estudo da  
 10 Cecconello et al. (2018) pesquisando sobre Índice de qualidade de água modificado pela  
 11 análise multivariada: estudo de caso do Arroio Pelotas - RS. Segundo os autores, quando há  
 12 aumento na temperatura haverá decréscimo na concentração de fosfato total, isso porque a  
 13 elevação de temperatura facilita a taxa de crescimento microbiano e as reações químicas,  
 14 físicas e biológicas, diminuindo a concentração do mesmo, pois este é um nutriente  
 15 indispensável para o metabolismo microbiano (Sperling, 2005).

16 A segunda componente principal corresponde a 19,56% da variância total dos dados e possui  
 17 como variável mais significativa o nitrato, sendo ela uma associação positiva. Já como  
 18 associação negativa mais representativas, temos as variáveis de turbidez e coliformes  
 19 termotolerantes. Dentre as componentes principais, o nitrato foi a variável que obteve maior

1 representatividade dos dados, com valor de 0,6238. O que reforça a importância de tal  
 2 variável para análise de qualidade da água, já que a mesma em excesso, pode causar sérios  
 3 impactos na fauna, flora e para a saúde humana, como por exemplo a síndrome do bebê azul,  
 4 quando o consumo de nitrato é elevado e pode ser fatal em bebês menores que seis meses,  
 5 quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida em metahemoglobina (EMBRAPA,  
 6 2002).

7

8 Tabela 5: Cargas fatoriais, autovalores e variância nas três primeiras componentes principais  
 9 dos 7 pontos de coleta no período chuvoso.

<b>Variável</b>	<b>PC 1</b>	<b>PC 2</b>	<b>PC 3</b>
pH	0,4062	-0,2312	0,5003
Temperatura	-0,4109	0,0161	-0,4661
Turbidez	0,4543	-0,1153	-0,1949
Nitrato	-0,2501	0,2493	0,5269
Fosfato Total	-0,3686	-0,3335	0,3244
OD	0,3254	0,5402	0,1286
DBO	0,3495	-0,0199	-0,3018
Sólidos Totais	-0,1707	0,5831	-0,0303
Coliformes Termotolerantes	0,0645	0,3571	0,0551
Autovalor	2,3623	1,819	1,4213
Variância (%)	26,247	20,211	15,792
Variância acumulada (%)	26,247	46,458	62,25

10

11

Fonte: Dos autores (2021).

12 Para a análise de componentes principais do período chuvoso, fez-se uso de três PCAs para  
 13 explicar mais de 50% da variância acumulada. A primeira componente principal do período  
 14 chuvoso corresponde a 26,24% da variância total dos dados e tem uma associação positiva  
 15 representada pelas variáveis Turbidez e pH e uma associação negativa representada pela  
 16 variável de temperatura. A CP1 apresenta que a variável turbidez tem grande correlação  
 17 positiva no período chuvoso, diferente do período de estiagem. Esse resultado se deve ao fato  
 18 de que no período chuvoso há maior carreamento de sedimentos para os cursos d'água e  
 19 nascentes.

1 A segunda componente principal representa 20,21% da variância total dos dados e tem  
2 associação positiva com as variáveis OD, sólidos totais e coliformes termotolerantes. Na  
3 terceira componente as variáveis com associação positiva foram representadas por Nitrato e  
4 pH. Dentre as componentes principais, a variável com maior representatividade entre os dados  
5 desta matriz foi os sólidos totais, o seu aumento junto a turbidez já era esperado no período  
6 chuvoso devido ao pulso de inundação, arraste de sedimentos e movimentação do curso  
7 d'água.

8

#### 9 **4 CONCLUSÃO**

10

11 As análises realizadas durante o período de monitoramento evidenciaram que alguns dos  
12 pontos sofrem com as ações antrópicas, sejam elas provenientes de atividades humanas, como  
13 lançamento de esgoto ou pelo uso de defensivos e fertilizantes na agricultura. A partir das  
14 análises de estatística descritiva, foi possível verificar que as médias entre os períodos de  
15 estiagem e chuvoso apresentaram comportamentos diferentes, evidenciando que o fator  
16 sazonalidade é essencial e deve ser levado em conta no que diz respeito ao monitoramento de  
17 qualidade de água. Com as análises multivariadas, foi possível inferir de forma pontual quais  
18 as variáveis que contribuíram para compreender a maior variação dos dados. As variáveis pH  
19 e temperatura tiveram as maiores correlações contrárias em ambos os períodos, comprovando  
20 que elas influenciam os resultados das outras variáveis, ou seja, são responsáveis pelas  
21 maiores variações.

#### 22 **5 REFERÊNCIAS**

23

24 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2019) Indicadores de qualidade de água –  
25 Índices de qualidade de água (IQA). Disponível em:<  
26 <http://pnqa.ana.gov.br/indicadoresindice-aguas.aspx> >. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

27 AGRIZZI, D.V.; CECÍLIO, R.A.; ZANETTI, S.S. GARCIA, G.D.O.; AMARAL, A.A.D.;  
28 FIRMINO, E.F.A.; MENDES, N.G.D.S. Qualidade da água de nascentes do Assentamento  
29 Paraíso. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 23, 2018, p. 557-568.

30 ÁGUAS, T.; SILVA, Y. F.; MAIA, N.; BRAZ, A. Análise multivariada para caracterização  
31 da qualidade da água próxima a uma pequena central hidroelétrica. *Revista Eletrônica da*  
32 *Associação dos Geógrafos Brasileiros Seção Três Lagoas*, v. 1, n. 31, 2020, p. 66-85.

33 ÁGUAS, T.A.; DA SILVA, Y.D.F.; MAIA, N.J.C.; BRAZ, A.M. Análise multivariada para  
34 caracterização da qualidade da água próxima a uma pequena central hidroelétrica. *Revista*  
35 *Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros Seção Três Lagoas*, 2020, p. 66-85.

- 1 ANDRADE, E.M.; PALÁCIO, H.A.Q.; CRISÓSTOMO, L.A.; SOUZA, I.H.; TEIXEIRA,  
2 A.S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. *Revista*  
3 *Ciência Agrônômica, Fortaleza*, v.36, n.2, p.135-42, 2005.
- 4 BAKER, T.J.; MILLER, S.N. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess  
5 land use impact on water resources in an East African watershed. *Journal of Hydrology*, v.  
6 486, 2013, p. 100-111.
- 7 BEGA, J. M. M.; OLIVEIRA, J. N.; ALBERTIN, L. L. Dinâmica temporal da qualidade da  
8 água em um córrego urbano. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, n. 05, 2021, p. 903-  
9 913, 2021.
- 10 BRANDÃO, C. J. et al. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento,  
11 comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, 2011.
- 12 BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357/05.  
13 Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília,  
14 SEMA, 2005
- 15 CECCONELLO, S.T.; CENTENO, L.N.; GUEDES, H.A. S. Índice de qualidade de água  
16 modificado pela análise multivariada: estudo de caso do Arroio Pelotas, RS, Brasil.  
17 *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 5, 2018, p. 973–978.
- 18 CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa  
19 Conjunta COPAM/CERH-MG, Belo Horizonte, MG, 2008.
- 20 DE OLIVEIRA, J.F.D. Produção e qualidade de água em microbacias e nascentes de região  
21 hidromineral de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade  
22 Federal de Lavras, Minas Gerais, 2019.
- 23 FIA, R.; TADEU, H.; MENEZES, J. P.; FIA, F.; COUTINHO DE OLIVEIRA, L. Qualidade  
24 da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.20, n. 1,  
25 2015, p. 267-275.
- 26 GUEDES, H.A.; SILVA, D.D.D.; ELESBON, A.A.; RIBEIRO, C.; MATOS, A.T.D.;  
27 SOARES, J.H. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água  
28 do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, 2012, p.  
29 558-563.
- 30 HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ, J.M.;  
31 FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in alluvial aquifer  
32 (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. *Water Research*, v. 34, n. 3, 2000,  
33 p.807-816.
- 34 INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Monitoramento da qualidade  
35 das águas, 2019. Disponível em: < [http://www.igam.mg.gov.br/monitoramentoda-qualidade-](http://www.igam.mg.gov.br/monitoramentoda-qualidade-das-aguas2)  
36 [das-aguas2](http://www.igam.mg.gov.br/monitoramentoda-qualidade-das-aguas2) >. Acesso em: 10 de nov. de 2021.
- 37 INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Qualidade da água, 2019.  
38 Disponível em: < [http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&i](http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&i)  
39 [d=113](http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&i) >. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

- 1 LUMB, A.; SHARMA, T.C.; BIBEAULT, J.F.; A review of genesis and evolution of water  
2 quality index (WQI) and some future directions. *Water Quality Exposure and Health*. v.3,  
3 p.11-24, 2011.
- 4 MARTINS, F. B. et al. Classificação climática de köppen e de thornthwaite para Minas  
5 Gerais: cenário atual e projeções futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, 2018.
- 6 MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E.; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da  
7 qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Revista*  
8 *Ambiente & Água*, v. 13, n. 2, 2018, p. e2054.
- 9 MEIRELES, A.C.M.; ANDRADE, E.M.; FRISCHKORN, H.; CHAVES, L.C.G.;  
10 CRISÓSTOMO, L.A. Identificação dos principais constituintes da salinidade da água no rio  
11 Acaraú. In: *Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos*, 16., 2005, João Pessoa. Anais. João  
12 Pessoa: ABRH. 1 CD-ROM
- 13 PALÁCIO, H.A.Q. Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio  
14 Trussu, Ceará. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade  
15 Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- 16 PASTRO, M.S.; CECÍLIO, R.A.; ZANETTI, S.S.; OLIVEIRA, F.R. de; FERRAZ, F.T.  
17 Estatística multivariada aplicada à análise de qualidade da água em diferentes ambientes de  
18 microbacias hidrográficas. *Nativa*, v. 8, n. 2, 2020, p. 185-191.
- 19 PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; SCHNEIDERS, D.; OLIVEIRA, D.A.; ALBANO,  
20 R.M.R. Concentrações e cargas de nitrato e fosfato na Bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras,  
21 SC. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, 2013, p. 86-93.
- 22 PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R.C. Avaliação qualitativa da água de  
23 nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. *CERNE [online]*, v. 18, n. 3, 2012, p.  
24 495-505.
- 25 POLETO, C. *Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência.  
26 2014, p. 272.
- 27 PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na  
28 qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo-Contagem. *Ambiente & Água-An*  
29 *Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 7, n. 3, 2012, p. 183-194.
- 30 POONAN, T.; TANUSHREE, B.; SUKALYAN, C. Water Quality Indices – Important tools  
31 for water quality assessment: a review. *International Journal of Advances in Chemistry*, v.1,  
32 n.1, 2013, p.15-28.
- 33 REGAZZI, A.J. Análise multivariada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- 34 ROCHA, C.H.B; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de  
35 monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, v. 11,  
36 2016, p. 176-187.
- 37 SPERLING, M.V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo  
38 Horizonte: DESA/UFMG. 2005, V. 1, p. 452.

- 1 TYAGI, S.; SHARMA, B.; SINGH, P.; DOBHAL, R. Water Quality Assessment in Terms of  
2 Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*, v.1, n.3, 2013, p.34-38.
- 3 URBAN, R. C.; SILVA, A.; MANFRÉ, L.; NAKADA, L. Análise estatística descritiva e  
4 multivariada da variação da qualidade de água de um córrego urbano: estudo de caso do  
5 córrego Lavapés–Sorocaba/SP. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011.
- 6 VIEIRA, B. M. Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em  
7 microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo. Tese de mestrado -  
8 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito  
9 Santo, Centro Tecnológico, 2015.
- 10 VIOTTI, H.; DIAS, L. R. (Coords.). *Asas de Jacutinga*. São Paulo: ed. Bit Social. 2018.