

Análise da qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata (RS) através de métodos estatísticos

A água é essencial para a vida na terra, porém a degradação de sua qualidade é um dos principais problemas socioambientais da atualidade. Assim, ao longo dos anos, a atenção de ambientalistas tem recaído sobre os recursos hídricos, através do desenvolvimento de estudos de monitoramento sobre a degradação de sua qualidade. Baseando-se nesses fatos, este trabalho tem por objetivo analisar a qualidade da água do Arroio Moreira/Fragata, localizado no sul do estado do Rio Grande do Sul e inserido na grande Bacia Hidrográfica Litorânea, através de cinco pontos de monitoramento por meio de métodos estatísticos, como Análise de Variância (ANOVA) e Correlações. Esses métodos estatísticos são capazes de identificar os possíveis motivos ou fontes responsáveis pelas alterações na qualidade da água do corpo hídrico, ainda fornecem interpretações simples a partir da análise de dados complexos. Assim, através dos resultados obtidos foi possível detectar para o Arroio Moreira/Fragata a correlação forte entre alguns dos parâmetros bem como dos parâmetros com o Índice de Qualidade da Água (IQA). Ainda através da correlação foi possível inferir que o despejo doméstico pode ser um dos fatores que mais influência na qualidade do arroio em questão. Já o ANOVA possibilitou a verificação de quais parâmetros mais variaram em relação aos pontos de amostragem durante o período das coletas.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental; Qualidade da água; Análises estatísticas.

Water quality analysis of Arroio Moreira/Fragata (RS) by statistical methods

Water is essential for life on land. Nevertheless, the degradation of its quality is one of the main socio-environmental problems nowadays. Over the years, the attention of environmentalists has fallen on water resources, through the development of monitoring studies on the degradation of their quality. Based on these facts, this work aims to analyze the water quality of the Arroio Moreira/Fragata, located in the south of the state of Rio Grande do Sul and inserted in the great Coastal Hydrographic Basin, through five monitoring points through methods statistical data (ANOVA). These statistical methods are able to identify the possible reasons or sources responsible for changes in the water quality of the water body, yet provide simple interpretations from the analysis of complex data. Hence, through the results obtained it was possible to detect for Arroio Moreira/Fragata the strong correlation between some of the parameters as well as the parameters with the Water Quality Index (IQA). Furthermore, using the correlation, it was possible to infer that domestic dumping may be one of the factors that most influence the quality of the stream in question. ANOVA, on the other hand, enabled the verification of which parameters most varied in relation to the sampling points during the collection period.

Keywords: Environmental monitoring; Water quality; Statistical analysis.

Topic: Engenharia Ambiental

Received: 08/05/2020

Approved: 04/06/2020

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Gabriel Borges dos Santos 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8502930511377553>
<http://orcid.org/0000-0002-0013-0134>
gabrielwxsantos@hotmail.com

Marlon Heitor Kunst Valentini 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6499660114940771>
<http://orcid.org/0000-0003-3183-5142>
marlon.valentini@hotmail.com

Larissa Aldrighi da Silva 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1786513412610267>
<http://orcid.org/0000-0002-1985-3279>
larissa.aldrighi@gmail.com

Henrique Sanchez Franz 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0985124189064768>
<http://orcid.org/0000-0002-7003-2687>
hsffranz@gmail.com

Bárbara de Lima Corrêa 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3961220820729315>
<http://orcid.org/0000-0001-8029-3285>
barb.lima.correa@gmail.com

Victoria Huch Duarte 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1244963610234373>
<http://orcid.org/0000-0002-8780-1227>
victoriahduarte@gmail.com

Marcos Antonio da Silva 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8534572990651848>
<http://orcid.org/0000-0002-5111-197X>
marcos_silvap1@hotmail.com

Marília Guidotti Corrêa 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2113299633932476>
<http://orcid.org/0000-0001-9091-6001>
mariliaguidotti@yahoo.com.br

Beatriz Müller Vieira 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7971506885058825>
<http://orcid.org/0000-0002-0813-2417>
biamvieira14@hotmail.com

Willian César Nadaleti 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4670559561277136>
<http://orcid.org/0000-0002-4727-4127>
williancezarnadaleti@gmail.com

Bruno Müller Vieira 
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1885554662703620>
<http://orcid.org/0000-0002-9615-3778>
bruno.prrpg@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0019

Referencing this:

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.; NADALETTI, 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. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0019>

INTRODUÇÃO

A existência de Informações sobre a qualidade da água em variáveis bacias hidrográficas no Brasil ainda são insuficientes, ou em alguns casos, nem existem. Porém, diversas pesquisas nos dias de hoje vêm focando na qualidade das águas superficiais, uma vez que a mesma tem grande importância em diversas áreas, desde abastecimento para a população até mesmo para a agricultura (RIBEIRO et al., 2016).

De acordo com Mendonça et al. (2008) e Bertossi et al. (2013), a degradação que os recursos hídricos superficiais vêm sofrendo é um dos maiores problemas ambientais que ocorre a nível mundial. Deste modo, o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais se torna uma ferramenta de extrema importância no que compete a recuperação ou prevenção da poluição das mesmas. Sendo assim, conhecer as características de qualidade da água aumenta a percepção ambiental do ecossistema ao qual se estuda e, além disso, possibilita detectar alterações provenientes da atividade humana (BERTOSSI et al., 2013; SOUZA et al., 2014).

Atualmente, a estatística representa um valioso instrumento de trabalho, pois através da mesma é permitido com que se estudem os mais variados fenômenos de diversas áreas do conhecimento (SABINO et al., 2014). Na área ambiental, a aplicação de métodos estatísticos pode facilitar a manipulação dos dados, visto que fornecem um resultado simples a partir de um conjunto de dados complexos (HAIR et al., 2009). Conforme Zhao et al. (2012), as utilizações desses métodos podem ajudar na identificação de fontes de poluição no que compete ao monitoramento de recursos hídricos. Vale destacar ainda que a utilização dos mesmos permite extrair informações significativas sem que os mesmos percam a exatidão (ZHAO et al., 2011).

Análises de correlação e de variância são exemplos de métodos estatísticos que podem permitir e identificar os possíveis motivos ou fontes responsáveis pelas alterações na qualidade da água do corpo hídrico, assim como, consegue transformar o resultado de uma análise de dados complexos em interpretações simples. A análise de variância (ANOVA) é um dos métodos mais utilizados regularmente em trabalhos associados a qualidade de corpos hídricos, o mesmo além de mostrar se há variação significativa dos dados também indica como se comporta o corpo hídrico (BILGIN, 2015).

Neste contexto, temos a Bacia Hidrográfica do Arroio Moreira, localizada no Sul do Estado do Rio Grande do Sul (RS), mais especificamente ao sudoeste da área urbana do município de Pelotas, a mesma configura uma unidade de planejamento e gestão ambiental de grande importância para a região. O monitoramento e preservação do Arroio Moreira/Fragata, principal afluente da bacia em questão, é de suma importância, visto que constitui um dos três mananciais de abastecimento de água da cidade de Pelotas (TUCHTENHAGEN, 2018; SIQUEIRA, 2018; HANSMANN, 2013). Contudo, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata através do uso de métodos estatísticos, tais como o uso de matriz de correlação e testes de variância (ANOVA) para os pontos de amostragem.

METODOLOGIA

Descrição da área de estudo e pontos de coleta

Conforme Siqueira (2018), a Bacia Hidrográfica do Arroio Moreira/Fragata está inserida na grande Bacia Hidrográfica Litorânea, do sistema hidrográfico do estado do RS, mais especificamente na Bacia Hidrográfica Mirim – São Gonçalo. Ainda de acordo com o mesmo autor a bacia possui uma área de 228 km², baixa urbanização, extensas áreas de banhados, importantes areais e abrange três municípios diferentes: Pelotas (131,0 km²), Capão do Leão (65,5 km²) e Morro Redondo (31,0 km²). O Arroio Moreira/Fragata, possui um desnível geométrico de 285m com o comprimento de 38.474m desembocando no Canal São Gonçalo (VALADÃO et al., 2018; PELOTAS, 2013). Os cinco pontos de coleta realizados neste trabalho são representados na Figura 1.

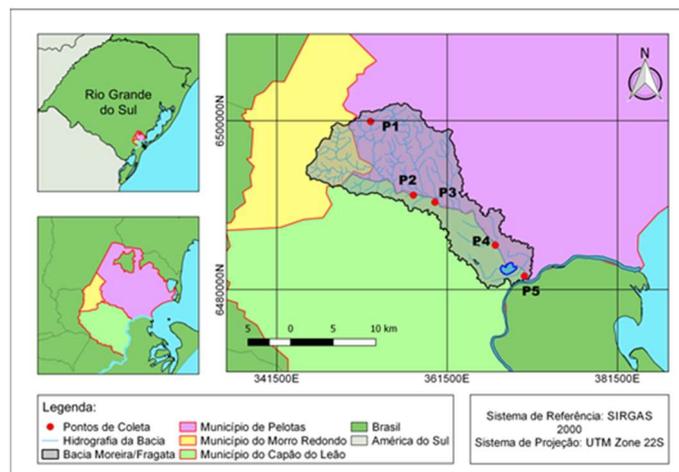


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Moreira/Fragata e os pontos de Amostragem.

A escolha dos 5 pontos de coletas se deu através da descrição apresentada na Tabela 1, além disso, traz as coordenadas geográficas obtidas através do programa Google Earth, referenciado através do sistema de referência geodésico - WGS 84.

Tabela 1: Descrição e coordenadas dos pontos de coleta.

Pontos	Descrição	Coordenada (S)	Coordenada (W)
P1	Nascente com a cota mais alta	31°37'06.92"	52°33'46.39"
P2	Pós Estação de Tratamento de Água Arroio Moreira	31°42'23.57"	52°30'12.98"
P3	Pós Arroio Michaela (afluente)	31°42'50.22"	52°28'37.01"
P4	Próximo à área urbana de Pelotas	31°45'39.10"	52°24'09.85"
P5	Exutório (São Gonçalo)	31°47'45.71"	52°22'08.57"

Amostragem e parâmetros determinados

Tanto a coleta quanto o armazenamento, preservação e análise das amostras seguiram as normas padrão descritas pelo Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA, 2017), menos a análise de matéria orgânica que seguiu a Norma Técnica da ABNT NBR 10739 de 1989. Todos esses processos foram realizados junto a Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM) – UFPel, localizada na cidade de Pelotas/RS, mais especificamente foram realizados junto ao laboratório de Análise de Águas e Efluentes pertencente a agência.

O monitoramento foi realizado através de seis coletas em datas diferentes, conforme mostra Tabela 2, todas essas escolhidas devido ao período de maior probabilidade de contribuição por lançamentos de

defensivos agrícolas, efluentes industriais, entre outros, devido às atividades agrícolas e agroindustriais serem intensas na região.

Tabela 2: Datas da realização das coletas.

Ano	Data da Coleta		
2018	03/05	12/06	10/07
2019	13/02	11/03	08/04

Todos os parâmetros determinados neste trabalho estão demonstrados na Tabela 3, assim como o método utilizado para análise.

Tabela 3: Parâmetros determinados no estudo.

Tipo	Parâmetro	Método utilizado
Parâmetros físicos	Temperatura	Medidor Multiparâmetro de Bolso (Combo 5)
	Condutividade elétrica	Medidor Multiparâmetro de Bolso (Combo 5)
	Turbidez	Turbidímetro Ap 2000 Policontrol
	Sólidos totais	Gravimétrico
Parâmetros químicos	Ph	Medidor Multiparâmetro de Bolso (Combo 5)
	Nitrogênio Kjeldahl	Digestão ácida e determinação por titulação
	Fósforo	Colorimétrico – Espectroscopia de UV-Vis
	Oxigênio dissolvido	Titulométrico
	Matéria orgânica	Titulométrico
	Demanda Bioquímica de oxigênio	Titulométrico
Parâmetro biológico	Alumínio	Colorimétrico – Espectroscopia de UV-Vis
	Coliformes Termotolerantes	Método de tubos múltiplos

Índice de qualidade da água (IQA)

Para o cálculo do Índice de Qualidade da água (IQA) do Arroio Moreira/Fragata usou-se a metodologia proposta pela National Sanitation Foundation (NSF), adaptada pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB). O IQA utilizado neste estudo é composto por nove parâmetros (temperatura, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio DBO, nitrogênio total (NTK), fósforo total, turbidez e sólidos totais), cada um com seus respectivos pesos (w) para a realização do cálculo (Tabela 4), que se dá através da Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número que varia entre 0 e 100, sendo o extremo inferior considerado como o de pior qualidade e o superior considerado o de melhor qualidade;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número que também varia entre 0 e 100.

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade.

Tabela 4: Pesos relativos dos parâmetros para o cálculo do IQA.

Parâmetros	Pesos
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes (C. Termo)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura (T)	0,10
Nitrogênio Total (N)	0,10
Fósforo Total (P)	0,10
Turbidez (Turb)	0,08
Sólidos Totais (ST)	0,08

Fonte: ANA (2005).

A partir dos resultados obtidos classificou-se o corpo hídrico em diferentes níveis de qualidade, níveis esses determinados pela ANA (2005) para o estado do RS, conforme mostra Tabela 5.

Tabela 5: Classificação dos valores do IQA para o estado do Rio Grande do Sul.

Valor do IQA	Qualidade da água
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Aceitável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: ANA (2005).

Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas se utilizou o software de estatística conhecido como Excel ActionStat.

Padronização dos dados

O primeiro passo ao se analisar dados é verificar se eles devem ser tratados. Além da remoção da influência da unidade de medida, a padronização dos dados poderá também reduzir as diferenças entre grupos em variáveis que melhor descrevam os conglomerados (VICINI, 2005). A metodologia sugerida por Wilks (2006) para padronização dos dados se dá através da Equação 2. Essa equação, além de normalizar os dados ela suprime a ordem de grandeza.

$$y = \frac{x - \bar{x}}{s(x)} \quad \text{Equação 2.}$$

Onde:

Y é o valor padronizado;

X é o valor do resultado obtido em laboratório;

\bar{X} é a média;

S (X) é o desvio padrão.

Teste de normalidade

Antes de jogar os dados analisados na matriz de correlação se precisa saber se os mesmos são compatíveis com o tipo de coeficiente de correlação a ser utilizado. Para isso é necessário testar a normalidade destes dados. Para tal, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) com um intervalo de confiabilidade de 95% e um nível de significância de 0,05.

Matriz de correlação

De acordo com Reis (1997): “a matriz de correlação poderá permitir identificar subconjuntos de variáveis que estão muito correlacionadas entre si no interior de cada subconjunto, mas pouco associadas a variáveis de outros subconjuntos”.

Assim, com o intuito de verificar a relação entre as variáveis estudadas e o IQA para o Arroio Moreira/Fragata, utilizou-se uma matriz de correlação com coeficiente de Spearman, mostrando desta forma qual parâmetro está mais correlacionado com os demais por ponto de coleta. Destaca-se que para existir

uma correlação excelente entre as variáveis o coeficiente (r) deve ser igual a $|1|$, ou seja, quanto mais próximo o r estiver de 1 ou -1, mais forte será a correlação. Vale destacar que se r for maior que zero ($r > 0$) a correlação entre as variáveis é linear positiva, assim, à medida que aumenta o valor de uma das variáveis o valor da outra também aumenta, porém se for menor que zero ($r < 0$), a correlação entre as variáveis é linear negativa, ou seja, à medida que cresce uma das variáveis, a outra decresce (MOURA et al., 2013).

Análise de variância (ANOVA)

O último teste executado neste estudo foi o de variância (ANOVA), com o objetivo de examinar se há variância significativa dos parâmetros analisados entre os pontos de coleta realizados no Arroio Moreira/Fragata. Utilizou-se um nível de significância de 0,05. Vale destacar que para os parâmetros que obtiverem um p-valor menor que 0,05 são rejeitadas as hipóteses nulas (BILGIN, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Correlação dos parâmetros para o Arroio Moreira/Fragata

Após obterem-se as médias por pontos dos dados estudados, padronizaram-se as mesmas, assim aplicou-se o teste K-S para avaliar a distribuição das amostras. Conforme a Tabela 6, apenas os parâmetros MO e AI não obtiveram a distribuição normal, conforme analisado pelo teste K-S no programa ActionStat, assim, confirma-se a hipótese de uma distribuição não normal. Portanto, com esse resultado, utilizou-se o coeficiente de Spearman para a criação da matriz de correlação, uma vez que para o uso desse coeficiente não precisa que os dados apresentem normalidade amostral (GUIMARÃES, 2017).

Tabela 6: Teste Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Parâmetro	Hipótese Nula	Teste	Decisão
Temp.			Reter a hipótese nula
Ph			Reter a hipótese nula
Turb.			Reter a hipótese nula
OD			Reter a hipótese nula
DBO			Reter a hipótese nula
C. Termo			Reter a hipótese nula
N	Distribuição Normal	K-S	Reter a hipótese nula
P			Reter a hipótese nula
ST			Reter a hipótese nula
Cond.			Reter a hipótese nula
IQA			Reter a hipótese nula
MO			Rejeitar a hipótese nula
AI.			Rejeitar a hipótese nula

Logo após a aplicação do Teste K-S criou-se a matriz de correlação em cima das médias por pontos dos dados aqui abordados, utilizando o coeficiente de Spearman. A matriz é apresentada na Tabela 7. Helena et al. (2000) considera uma forte correlação aquela que, em módulo, obteve um coeficiente (r) superior a $|0,5|$, porém, Levine et al. (2013) aborda que correlações mais próximas de $|1,0|$ são correlações mais perfeitas, por isso, neste estudo se considerou as correlações superiores a $|0,9|$, conforme Tabela 8.

Tabela 7: Matriz de correlação: Médias por ponto.

	Temp.	pH	Turb.	OD	DBO	C. Termo.	N	P	ST	MO	Cond.	Alumínio	IQA
Temp.	1,000												
Ph	0,200	1,000											
Turb.	0,700	0,800	1,000										
OD	-0,500	0,700	0,200	1,000									
DBO	-0,100	-0,400	-0,500	-0,100	1,000								
C. Termo	0,300	-0,300	0,000	-0,200	0,500	1,000							
N	0,359	-0,205	0,051	-0,154	0,616	0,975	1,000						
P	0,500	-0,400	0,100	-0,500	0,200	0,900	0,821	1,000					
ST	0,975	0,103	0,667	-0,564	-0,205	0,359	0,368	0,616	1,000				
MO	0,800	-0,300	0,300	-0,700	0,100	0,700	0,667	0,900	0,872	1,000			
Cond.	0,900	0,000	0,600	-0,600	-0,300	0,400	0,359	0,700	0,975	0,900	1,000		
Al	0,700	0,700	0,800	0,200	0,100	0,200	0,359	0,100	0,564	0,300	0,400	1,000	
IQA	-0,500	0,400	-0,100	0,500	-0,200	-0,900	-0,821	-1,000	-0,616	-0,900	-0,700	-0,100	1,000

Tabela 8: Correlações fortes.

Correlação	Coef. de correlação
Temp. – ST	0,975
Temp. – Cond.	0,900
C. Termo. – N	0,975
C. Termo. – P	0,900
C. Termo. – IQA	-0,900
MO – P	0,900
P – IQA	-1,000
MO – Cond.	0,900
MO – IQA	-0,900

Ao analisar as correlações da Tabela 8 notamos que a maioria apresenta uma forte correlação positiva, ou seja, quanto maior for a concentração de determinado parâmetro, maior será a concentração do parâmetro ao qual ele se correlaciona. Por exemplo, quando maior for a concentração de C. Termo na água maior será a concentração de N ou do P, e vice-versa. No que diz respeito a essas correlações, elas podem ser atribuídas ao fato de que ambos podem ser oriundos de dejetos humanos e/ou animais (RODRIGUES et al., 2008). Porém, a correlação entre MO e P pode se dar devido ao P ser um dos principais nutrientes liberado pela decomposição da MO na água, assim, quanto mais MO mais P se terá (CETESB, 2019).

A correlação entre condutividade e temperatura, segundo Pinto (2007), pode ser explicada pelo fato de que a condutividade depende diretamente da temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura, maior a condutividade da água. Já Silva et al. (2008) relata a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura com o aumento dos ST do corpo hídrico. Ainda de acordo com o mesmo autor também existe uma relação entre o aumento da condutividade elétrica com o aumento da MO a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

Já analisando as correlações dos parâmetros com o IQA, destaca-se as variáveis P, C. Termo e MO, todas essas possuem uma forte correlação negativa com o índice de qualidade da água do Arroio Moreira/Fragata, significando que quanto maior estas variáveis, menor o IQA. Isso se válida pelo fato de que estas variáveis podem ser advindas de fontes de poluição agrícola e/ou de esgotos domésticos (ANA, 2005).

Pode-se inferir através dos resultados apresentados que o despejo doméstico pode ser o fator que mais influência na qualidade da água do Arroio Moreira/Fragata. Isto pode ser explicado através da Tabela 8, ao qual mostra grande correlação entre os parâmetros N - C. Termo e P - C. Termo, vale ressaltar que ambos nutrientes são oriundos de dejetos humanos e/ou de animais (RODRIGUES et al., 2008). Além disso,

todos esses três parâmetros (N, F e C. Termo) possuem grandes pesos dentro do cálculo do IQA (Tabela 4), e acabam ‘puxando’ o resultado do IQA para um nível inferior. Contudo, para melhor compreender o resultado dessas correlações se analisou suas significâncias, apresentadas na Tabela 9. Consideram-se correlações significantes as que obtiverem um p-valor inferior a 0,05.

Tabela 9: Significância das correlações

	Temp.	Ph	Turb.	OD	DBO	C. Termo	N	P	ST	MO	Cond.	Al.	IQA
Temp.													
pH	0,747												
Turb.	0,188	0,104											
OD	0,391	0,188	0,747										
DBO	0,873	0,505	0,391	0,873									
C. Termo	0,624	0,624	1,000	0,747	0,391								
N	0,553	0,741	0,935	0,805	0,269	0,005							
P	0,391	0,505	0,873	0,391	0,747	0,037	0,089						
ST	0,005	0,870	0,219	0,322	0,741	0,553	0,542	0,269					
MO	0,104	0,624	0,624	0,188	0,873	0,188	0,219	0,037	0,054				
Cond.	0,037	1,000	0,285	0,285	0,624	0,505	0,553	0,188	0,005	0,037			
Al.	0,188	0,188	0,104	0,747	0,873	0,747	0,553	0,873	0,322	0,624	0,505		
IQA	0,391	0,505	0,873	0,391	0,747	0,037	0,089	0,000	0,269	0,037	0,188	0,873	

Considerando as correlações mais perfeitas da Tabela 8, todas elas foram significantes, apenas uma correlação com o coeficiente de Spearman inferior a 0,9 apresentou um p-valor inferior a 0,05 (Cond. – ST). Isso revela que certos parâmetros, como condutividade e sólidos totais, influenciam um sobre o outro, ou seja, asseguram sua significância apesar de não apresentarem uma correlação dita como mais perfeita, isto é, são variáveis que influenciam significativamente uma com a outra, porém em menor intensidade.

Análise de variância (ANOVA)

A última análise realizada para cada um dos parâmetros e para o próprio IQA entre os pontos de monitoramento foi à de variância, a utilização da mesma foi com o intuito de melhor entender o comportamento do corpo hídrico estudado. Ou seja, esse teste foi utilizado para medir se teve variação significativa entre os pontos de monitoramento, assim, como falado anteriormente na metodologia, para aqueles resultados que obtiverem um p-valor menor que 0,05 considera-se sua variabilidade como significativa dentro da análise (BILGIN, 2015). Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados da análise de Variância (ANOVA).

ANOVA	Significância
Temp.	0,925
pH	0,653
Turb.	0,102
OD	0,000
DBO	0,769
C. Termo	0,003
N	0,896
P	0,118
ST	0,341
MO	0,165
Cond.	0,069
Al.	0,335
IQA	0,001

Observando a Tabela 10, no que diz respeito à variância dos parâmetros e dos IQA's entre os pontos de monitoramento, apenas o OD, C. termo e o próprio IQA possuíram variação significativa (todos com p-valor abaixo de 0,05).

De acordo com o estudo realizado por Silva et al. (2014) no Rio Agrari (Amapá), no período de cheia para o OD foi detectado diferenças significativas entre a maioria dos pontos de coleta, ou seja, um dos possíveis fatores para a variação do OD pode se dar devido a períodos chuvosos. Já no que compete aos C. Termo esse mesmo autor chegou à conclusão de que períodos de seca e chuva podem ser os responsáveis por essa variação, o que também é constatado por Andrietti et al. (2016) em seu estudo no Rio Caiibi (Mato grosso), ao qual o C. Termo apresentou diferença significativa entre as estações.

Já a significativa variação do IQA pode ser explicada pelo fato de que os dois parâmetros de maior peso para o seu cálculo, OD e C. Termo (Tabela 4), foram os únicos parâmetros que obtiveram variação significativa, ou seja, p-valor menor que 0,05, assim, conforme for os resultados desses dois parâmetros, a tendência é de que o IQA vá acompanha-los, por exemplo, quanto maior a concentração de C. Termo na água pior é sua qualidade, ou seja, pior o seu IQA.

CONCLUSÕES

Conclui-se que no desenvolvimento do trabalho, através de métodos estatísticos, foi possível avaliar a qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata. Através do teste de correlação com coeficiente de Sperman foi possível inferir que o despejo doméstico pode ser o fator que mais influência na qualidade da água do corpo hídrico aqui estudado. Já a variação da qualidade da água entre os pontos de monitoramento, medido através da Análise de Variância (ANOVA) pode confirmar que os parâmetros que mais variaram significativamente foram o C. Termo e o OD, ambos parâmetros com maior peso no cálculo do IQA, assim, a variação desses parâmetros por consequência causaram uma significativa variação do IQA.

Porém, tanto para a proteção quanto para melhor entender os processos que interferem na qualidade do Arroio Moreira/Fragata se faz necessário à avaliação do curso d'água em um período de monitoramento maior, assim como, a realização de mais pontos de amostragem. Além disso, o desenvolvimento da caracterização quanto ao uso e ocupação do solo pode auxiliar na discussão dos resultados.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional De Águas. **Cadernos De Recursos Hídricos 1:** Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil. Brasília: ANA, 2005.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M.. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.1, 2016.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23 ed. Washington: APHA, 2017.

BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, M. A.. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.2025-2036, 2013.

BILGIN, A.. An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.187, v.721, 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2019.

GUIMARÃES, P. R. B.. **Análise de correlação e medidas de associação**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017.

HAIR, J. F.; BLACK, T.. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HANSMANN, H. Z.. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas/RS**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; FERNÁNDEZ, L.. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v.34, n.3, p.807-816, 2000.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; KREHLEL, T. C.; BERENSON, M. L.. **Estatística: Teoria e Aplicações**. Usando Microsoft Excel em Português. 6 ed. 2013.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. A. M.. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, Salvador, v.4, n.1-2, p.145-163, 2008.

MOURA, V. M.; BRITO, S. M. O.; SILVA, A. B.. Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil. **Rev. Virtual Quim.**, v.5, n.5, p.869-890, 2013.

PELOTAS. **Plano Ambiental de Pelotas**. Prefeitura Municipal de Pelotas, Secretaria de Qualidade Ambiental. Pelotas, 2013.

PINTO, M. C. F.. **Manual medição in loco**. CPRM, 2007.

REIS, E.. **Estatística Multivariada Aplicada**. 2 ed. Lisboa: Silabo, 1997.

RIBEIRO, T. G.; BOAVENTURA, G. R.; CUNHA, L. S.; PIMENTA, S. M.. Estudo da Qualidade das Águas por Meio da Correlação de Parâmetros Físico-Químicos, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns. **Geochimica Brasiliensis**, v.30, p.84-94, 2016.

RODRIGUES, A. M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N. M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G. T.; BARBERO, L. M.. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais

em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.990-997, 2008.

SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V.; ALMEIDA, K. C. B.. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. **Eng. Sanit. Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, p.87-94, 2014.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V.. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, p.733-742, 2008.

SILVA, E. S.; OLIVEIRA, J. C. S.. Avaliação da qualidade da água da Reserva Particular Natural (RPPN) Seringal Triunfo, Rio Araguari, Ferreira Gomes-ap-Brasil. **Biota Amazônia**, v.4, n.2, p.28-42, 2014.

SIQUEIRA, E. B.. **Identificação do Parâmetro Curva Número para uma Sub-bacia da Encosta do Sudeste do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C.. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3, p.263-274, 2014.

TUCHTENHAGEN, I. K.. **Variabilidade espacial de indicadores físicos e visuais da qualidade estrutural dos solos da sub-bacia Santa Rita, Pelotas/RS**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

VALADÃO, L. S.; PEREIRA, R. S.; SILVA, M. D.; MONKS, J. L. F.. Caracterização espacial e análise da qualidade da água da Bacia do Arroio Moreira/Fragata, Pelotas, RS. **Revista Thema**, v.15, n.1, p.282-297, 2018.

VICINI, L.. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, 2005.

WILKS, D. S.. **Statistical Methods in the atmospheric sciences**. 2 ed. International geophysics series 91, 2006.

ZHAO, Y.; XIA, X. H.; YANG, Z. F.; WANG, F.. Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v.13, p.1213-1226, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01>