



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE UNB PLANALTINA - FUP

Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

RENATA MACHADO MONGIN

**ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DO MONITORAMENTO DA
QUALIDADE DA ÁGUA:
O CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA, DF

Dezembro de 2020

RENATA MACHADO MONGIN

**ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DO MONITORAMENTO DA
QUALIDADE DA ÁGUA:
O CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de Concentração Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa: Ferramentas Aplicadas aos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi

**Brasília, DF
Dezembro de 2020**

MM743a Mongin, Renata Machado
Análise Estatística Multivariada do Monitoramento da
Qualidade da Água: O caso da Estação Ecológica Águas
Emendadas / Renata Machado Mongin; orientador José Vicente
Elias Bernardi. -- Brasília, 2020.
120 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Rede
Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) --
Universidade de Brasília, 2020.

1. Qualidade da água. 2. Análise por componentes
principais. 3. Monitoramento. 4. Recursos hídricos. 5.
Unidade de Conservação. I. Bernardi, José Vicente Elias,
orient. II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Renata Machado Mongin

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE UNB PLANALTINA - FUP

Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

**ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DO MONITORAMENTO DA
QUALIDADE DA ÁGUA: O CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS
EMENDADAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, na Área de Concentração Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovado por

Professor Doutor José Vicente Elias Bernardi (FUP/UnB)
(Orientador)

Professora Doutora Lucijane Monteiro (FUP/UnB)
(Examinadora Interna)

Doutor Maurrem Ramon Vieira (ANA)
(Examinador Externo)

Brasília DF, 17 de dezembro de 2020

Aos meus pais marido e filhos, por todo o amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata por todo o caminho trilhado na elaboração desta dissertação.

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida, da sabedoria, pela perseverança e força espiritual nos momentos de dúvida e angústia.

Aos meus pais, Mongin e Sonia, pelo imenso amor e carinho, bem como pela dedicação e apoio irrestrito a todas as atividades realizadas.

Ao meu marido Edgar, pelo companheirismo, apoio, compreensão e auxílio em várias etapas deste processo

Aos meus filhos, Camila, Lucas e Letícia, pelo amor, carinho e compreensão que serviram como força motivadora.

Aos meus queridos mestres professores(as) doutores(as), Maria Cristina de Oliveira, Claudia Padovesi, Carlos Tadeu, Antônio Nobre, Jonilto e Alexandre Nascimento, pelo conhecimento transmitido. E à professora doutora e coordenadora Lucijane Monteiro, sempre solícita a resolver os entraves, angústias e desentendimentos.

Aos técnicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, que não mediram esforços na realização de excelentes aulas – palestras muito esclarecedoras, que agregaram conhecimentos que serão levados aos nossos postos de trabalho.

Aos colegas de turma, Gisela, Consuelo Franco, Marcia Rosa, Raísa Vasconcelos, Jessica, Anna Luiza, Gean Amorim, Paulo, Genilson, Josias Lopes, Nataluzo, Edmilson, Gabriel, José Alves, Leandro Oliveira e Diogo Segatti, por todo companheirismo nos momentos de angústia e comemorações compartilhados; pelo apoio nas horas de desespero e alegria nas conquistas.

À equipe da secretaria acadêmica e, em especial, ao Aristides Junqueira, que quando pode esteve à disposição para resolver os problemas burocráticos.

Ao Guilherme Sena, pelo auxílio nas coletas e análises.

Aos amigos do IBRAM, pela colaboração nas campanhas de monitoramento, revisão dos dados e, em especial, a Lourdes, Renata Motta, Marina, Diogo Martins, Misael, Igor e Alípio.

À minha eterna Superintendente Vandete Maldaner, pelo apoio dado desde o início para a elaboração desta pesquisa e para meu ingresso no programa de mestrado.

À minha querida amiga e chefe, Karine Karen Martins, pelo encorajamento, vibração nas conquistas, ajuda e companheirismo em várias etapas do processo de elaboração deste trabalho.

Agradecimentos também são devidos ao meu orientador, Vicente Bernardi, que, desde o início, me deu ideias de como alcançar meus objetivos, pelas orientações e apoio. Trata-se de uma pessoa de personalidade ímpar que a princípio causa espanto, mas na qual, com o tempo, fui aprendendo a confiar.

Ao IBRAM, pelo apoio aos estudos e pesquisa, pela disponibilização dos dados sem os quais não seria possível a realização deste estudo.

À Caesb, pela disponibilização dos dados, e ao amigo Renan, pelo apoio irrestrito.

Finalmente, cabe ressaltar que o presente trabalho foi realizado com apoio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, por meio do projeto CAPES/ANA AUXPE n.º2717/2015, que financia o programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por expandir e consolidar a pós-graduação stricto sensu no Brasil.

RESUMO

Cada bacia possui águas com características próprias que são afetadas por fatores naturais ou antrópicos. Conhecer as fontes responsáveis pela variabilidade dos parâmetros é uma estratégia que auxilia na tomada de decisões para que a qualidade das águas atenda aos usos preponderantes. Este conhecimento pode ser obtido pela análise dos dados de monitoramento. As redes de monitoramento são onerosas; portanto, é preciso dimensioná-las com atenção às peculiaridades da bacia e de forma a identificar a variabilidade dos dados com o menor custo possível. Nesse contexto, este trabalho utilizou ferramentas estatísticas para propor uma rede de monitoramento mínima para a Estação Ecológica Águas Emendadas. Localizada na porção nordeste do DF, suas águas contribuem para duas importantes bacias hidrográficas brasileiras: Araguaia-Tocantins e Paraná. As variáveis estudadas foram: OD, Turbidez, pH, condutividade, sólidos dissolvidos, temperatura, nitrato e amônio. Os dados, coletados pelo Instituto Brasília Ambiental - IBRAM no período de 2012 a 2015, foram processados por meio da Análise por Componentes Principais que, pelas cargas, selecionou os parâmetros que melhor refletem a variabilidade dos dados e, pela projeção espacial dos casos, identificou os pontos com características similares. A caracterização de cada microbacia foi complementada com análise estatística descritiva, que incluiu os dados qualitativos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB. Os resultados estabeleceram a condutividade, OD, pH e temperatura como parâmetros indicativos das características naturais e turbidez e amônio como sinalizadores das variações causadas por alterações do uso e ocupação do solo. A metodologia aplicada foi eficaz para propor ajustes na rede de monitoramento do IBRAM, com redução de seis pontos de amostragem.

Palavras-chave: Qualidade da água, Análise por Componentes Principais, Monitoramento, Recursos hídricos, Unidade de Conservação.

ABSTRACT

Each basin has waters with its own characteristics that are affected by natural or man-made factors. Knowing the sources responsible for the variability of the parameters is a strategy that helps in making decisions so that the quality of the water meets the predominant uses. This knowledge can be obtained by analyzing the monitoring data. Monitoring networks are expensive; therefore, it is necessary to dimension them with attention to the peculiarities of the basin and in order to identify the variability of the data at the lowest cost as possible. In this context, this work used statistical tools to propose a minimum monitoring network for the Águas Emendadas Ecological Station. Located in the northeast portion of the DF, its waters contribute to two important Brazilian hydrographic basins: Araguaia-Tocantins and Paraná. The studied variables were: OD, Turbidity, pH, conductivity, dissolved solids, temperature, nitrate and ammonium. The data, collected by the Instituto Brasília Ambiental - IBRAM in the period from 2012 to 2015, were processed through Principal Component Analysis which, by the loads, selected the parameters that best reflect the data variability and, through the spatial projection of the cases, identified points with similar characteristics. The characterization of each watershed was complemented with descriptive statistical analysis, which included qualitative data from the Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB. The results established conductivity, OD, pH and temperature as parameters indicative of natural characteristics and turbidity and ammonium as indicators of variations caused by changes in land use and occupation. The applied methodology was effective in proposing adjustments in the IBRAM monitoring network, with a reduction of six sampling points.

Palavras-chave: Water quality, Principal Component Analysis, Monitoring, Water Resources, Conservation Unit.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACP	Análise por Componentes Principais
AC	Análise Hierárquica de Cluster
AD	Análise de Discriminantes
ANA	Agencia Nacional de Águas e Saneamento Básico
AF	Análise Fatorial
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
Cond	Condutividade Elétrica
CRH-DF	Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal
°C	Graus Celsius
DF	Distrito Federal
ESEC-AE	Estação Ecológica Águas Emendadas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
IB	Instituto de Ciências Biológicas
IBRAM	Instituto Brasília Ambiental
LD	Limite de detecção
Mg/l	Miligrama por litro
NO ₃	Nitrato
NH ₄	Amônio
NMP	Número mais provável
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Ponto de monitoramento
pH	Potencial hidrogeniônico
SEDUMA	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
SDT	Sólidos dissolvidos Totais
Temp	Temperatura
Turb	Turbidez
PCA	Principal Component Analyze

UC	Unidade de Conservação
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UnB	Universidade de Brasília
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por centímetro

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de publicação e citações dos pesquisadores das principais redes.....	32
Tabela 2 – Ranking das 10 referências mais citadas	36
Tabela 3 - Grandezas das microbacias da ESEC-AE	46
Tabela 4 - Localização dos Pontos de Amostragem.....	65
Tabela 5 - Parâmetros avaliados	68
Tabela 6 – Campanhas de amostragem período 2012-2019.....	69
Tabela 7 - Análise estatística descritiva dos dados do monitoramento nas microbacias da ESEC-AE.	77
Tabela 8 - Autovalores (<i>eigenvalues</i>) e percentual de variância individual e cumulativo das 4 primeiras componentes referentes aos dados do monitoramento das 5 microbacias da ESEC-AE.	80
Tabela 9 - Carga das variáveis (loadings) em cada uma das 3 principais componentes. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,65 e em * as suplementares. Análise do conjunto de dados que compõe as 5 bacias da ESEC-AE.....	83
Tabela 10 – Matriz de correlação dos dados de monitoramento das 5 bacias da ESEC-AE no período de 2012-2015.....	85
Tabela 11 - Análise estatística descritiva da microbacia do Fumal.....	88
Tabela 12 - Autovalores (<i>eigenvalues</i>) e percentual de variância individual e cumulativo das 3 primeiras componentes referentes aos dados do monitoramento das 4 microbacias do Fumal.....	88
Tabela 13 - Carga das variáveis (loadings) em cada uma das 3 principais componentes. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,65 e em * as suplementares	90
Tabela 14 - Análise estatística descritiva da microbacia do Vereda Grande.....	93
Tabela 15 - Autovalores (<i>eigenvalues</i>) e percentual de variância individual e cumulativo das 3 primeiras componentes referentes aos dados do monitoramento das 4 microbacias do Fumal.....	93
Tabela 16 - Carga das variáveis em cada uma das 4 principais componentes na microbacia do Vereda Grande. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,60 e em * as suplementares.....	95
Tabela 17 – Análise descritiva Monitoramento CAESB captação do Córrego Brejinho.....	97
Tabela 18 -Análise descritiva Monitoramento IBRAM Córrego Brejinho - P4	98
Tabela 19 - Análise descritiva Monitoramento CAESB captação do Córrego Fumal	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Estratégia de busca sistemática nas bases de pesquisa científica.....	23
Quadro 2– Principais grupos de pesquisa.....	31
Quadro 3 - Quadro comparativo entre os aspectos das águas emendadas na ESECAE e em outras localidades no Brasil.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da estrutura da dissertação.....	22
Figura 2 – Gráfico com tendência de publicações no período de 2009 a 2018.....	30
Figura 3 - Redes de pesquisadores	32
Figura 4 - Ranking dos países e instituições com maior número de publicações	34
Figura 5 – Análise das palavras chaves citadas ao menos 10 vezes na coleção selecionada ...	35
Figura 6 - Mapa de localização	48
Figura 7 – Mapa de Microbacias	49
Figura 8 - Coluna estratigráfica das Unidades do grupo Paranoá presentes na ESEC-AE	52
Figura 9 - Mapa Geológico da ESEC-AE	53
Figura 10 – Mapa de feições geomorfológicas.....	56
Figura 11 - Mapa de solos	58
Figura 12 - Média da variação sazonal das temperaturas mínima, média e máxima da Estação Brasília operada pelo Inmet no período de 1972 a 1992.....	59
Figura 13 – Média mensal das precipitações e temperaturas no período de 2010 a 2019.....	60
Figura 14 - Mapa de Uso e Ocupação do solo.....	62
Figura 15 – Mapa de localização dos pontos de Amostragem.	64
Figura 16 - a) Ponto 14 com o leito do Córrego Vereda Grande completamente seco; b) Ponto 13 Leito seco do Córrego Vereda Grande, em outubro de 2019.....	66
Figura 17 - a) Ponto de monitoramento no Córrego Fumal P6, b) Ponto P3 no Córrego Brejinho.....	66
Figura 18 - a) Ponto 4 no Córrego Brejinho b) Ponto 18 no Vereda Grande.....	67
Figura 19 – a) Ponto 10 na microbacia da Lagoa Bonita em 2017; b) Ponto 10 em outubro de 2019 totalmente seco, detalhe da placa de autorização para abastecimento de caminhões pipa.....	67
Figura 20 – Nascente no ponto de monitoramento P5, afloramento de quartzito onde ocorre a surgência das águas subterrâneas.	68
Figura 21 - a) Sonda multiparâmetros utilizada para obter os dados do monitoramento realizado pelo IBRAM. b) garrafa de polietileno utilizada para coleta das amostras que foram analisadas em laboratório.	70
Figura 22 - Fluxograma da metodologia aplicada.....	76
Figura 23 – Gráfico dos Autovalores e número do autovalor para as CP dos dados do monitoramento das cinco microbacias da ESEC-AE.....	81
Figura 24 – Projeção das variáveis no plano fatorial das CP 1 e 2. * Variáveis suplementares em vermelho. Análise do conjunto de dados que compõe as cinco bacias da ESEC-AE.	84
Figura 25 – Diagrama com a projeção da pontuação dos casos do monitoramento realizado nas cinco microbacias da ESEC-AE no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas componentes principais.	87

Figura 26 - Diagrama dos Autovalores e número do autovalor para as CP dos dados do monitoramento da microbacia do Fumal.....	89
Figura 27 - Diagrama da pontuação dos casos do monitoramento realizado na microbacia do Fumal no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas componentes principais	91
Figura 28 – Projeção das variáveis da microbacia do Ribeirão Fumal no plano fatorial das CP 1 e 2.....	92
Figura 29 - Gráfico de autovalores para a microbacia do Vereda Grande	94
Figura 30 – Diagrama da pontuação dos casos do monitoramento realizado na microbacia do Vereda Grande no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas principais componentes .	96
Figura 31- Medianas mensais de <i>E-coli</i> na captação dos córregos Fumal e Brejinho nos períodos de 2010 a 2019.....	100
Figura 32 - Medianas mensais de <i>E-coli</i> e turbidez na captação dos córregos Fumal e Brejinho no período de 2010 a 2019	100
Figura 33 - Medianas mensais de turbidez da captação dos córregos Fumal e Brejinho no período de 2010 a 2019	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	PERGUNTA DE PESQUISA.....	18
1.2	OBJETIVO GERAL.....	18
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4	JUSTIFICATIVA.....	19
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	23
2.2	MONITORAMENTO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO.....	24
2.3	A IMPORTÂNCIA DA ACP NA INTERPRETAÇÃO DE DADOS DO MONITORAMENTO.....	25
3	ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA.....	27
3.1	INTRODUÇÃO.....	27
3.2	METODOLOGIA.....	27
3.3	RESULTADOS.....	29
3.3.1	Análise de Acoplamento.....	30
3.3.2	Análise de Instituições.....	33
3.3.3	Análise de Palavras-Chave.....	34
3.3.4	Análise das referências.....	36
3.4	DISCUSSÃO.....	37
3.4.1	Análise de acoplamento bibliográfico.....	37
3.4.1.1	Aplicação para determinação dos fatores e variáveis associadas, responsáveis pela alteração da qualidade das águas.....	38
3.4.1.2	Aplicação para análise da variabilidade espacial.....	39
3.4.1.3	Aplicação para análise da variabilidade temporal.....	40
3.4.2	Análise das referências.....	40
3.5	CONCLUSÕES.....	41
4	O CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS.....	43
4.1	INTRODUÇÃO.....	43
4.2	LOCALIZAÇÃO E HIDROGRAFIA.....	45
4.2.1	Microbacias.....	46
4.3	GEOLOGIA.....	50
4.4	GEOMORFOLOGIA.....	54
4.5	SOLOS E VEGETAÇÃO.....	56
4.6	CLIMA.....	58
4.7	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	60
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	63
5.1	O MONITORAMENTO NA ESEC-AE.....	63
5.2	TRATAMENTO DOS DADOS.....	71
5.3	ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....	71
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	73
5.5	PROPOSTA METODOLÓGICA PARA REDE MÍNIMA DE MONITORAMENTO DA ESEC-AE.....	74
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
6.1	CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS QUE FORMAM A ESEC-AE.....	77
6.1.1	Estatística Descritiva.....	77

6.1.2	Análise por componentes principais do conjunto de microbacias que compõe a ESEC-AE	79
6.2	CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO FUMAL	87
6.3	CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO VEREDA GRANDE	92
6.4	ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE MONITORAMENTO DA CAESB	96
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
7.1	PLANO DE MONITORAMENTO	103
	REFERÊNCIAS.....	107
	ANEXO.....	111

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para vida no planeta. Com o avanço das cidades e áreas agrícolas, aumentaram os desafios para assegurar a disponibilidade e a qualidade de água adequada para os diversos usos, conforme estabelecido nos objetivos da lei federal 9433/97, que instituiu o instrumento do enquadramento. Esse dispositivo legal tem a finalidade de agir como uma ferramenta que assegure uma água com nível de qualidade compatível aos usos preponderantes mais exigentes.

Para assegurar uma água com qualidade adequada, é necessário conhecer suas características e as variáveis que estão correlacionadas a elas. Esse conhecimento pode ser obtido pela análise dos dados gerados pelo monitoramento dos corpos hídricos (LIMA, 2004).

Os cursos d'água fazem parte de uma rede que irá escoar a água precipitada, de modo a convergir para um único ponto de saída. Essa área de captação natural da água de precipitação que constitui um sistema físico com um único ponto de saída denomina-se bacia hidrográfica (TUCCI, 1993).

É interessante destacar que cada bacia possui características próprias. O monitoramento permite conhecer as características das águas, bem como os processos naturais e antrópicos que influenciam a sua qualidade (LIMA, 2004). Contudo, para que seja eficiente, depende de um projeto de monitoramento adequado aos objetivos propostos (SOARES, 2001).

As redes de monitoramento geram um conjunto de dados, os quais precisam ser processados, a fim de gerar informações capazes de nortear as ações dos gestores. Se corretamente embasadas, as medidas tomadas poderão auxiliar a assegurar uma água com qualidade apropriada aos usos requeridos.

Para proteger os ecossistemas, é necessário distinguir as variações na qualidade da água, decorrentes das características naturais do meio, das alterações ocasionadas pela ação do homem (SOUZA, 2009).

Nas Unidades de Conservação (UC), um dos principais objetivos é assegurar a manutenção dos ecossistemas e, para isso, se faz necessário conhecê-los. Isso é importante, na medida em que permite manter as propriedades naturais das águas.

Nesse contexto, as informações geradas devem ser capazes de fornecer subsídios para apontar os fatores que afetam as características das águas. Em vista disso, a aplicabilidade dos

dados do monitoramento deve permitir a caracterização da situação ambiental e a identificação das fontes que influenciam na variabilidade da qualidade das águas.

Quanto mais preciso for o conhecimento acerca da bacia de estudo, melhor será o ajuste da solução para atender os seus objetivos (LIMA, 2004). Apesar disso, as redes de monitoramento têm custos elevados, que podem chegar ao ponto de inviabilizar a coleta de dados, assim como a realização de uma gestão bem direcionada. Nesse ponto, salienta-se que uma rede ajustada às características locais pode trazer dados que representem a variabilidade das águas, sem a necessidade de custos extras com análises redundantes ou locais de amostragem pouco relevantes.

Essa otimização pode ser realizada por meio de ferramentas de análise estatística multivariada, a saber: análise por componentes principais (ACP), análise de Cluster (AC), análise fatorial (AF) e análise de discriminantes (AD). Esses recursos têm sido usados mundialmente para retirar informações dos dados de monitoramento, assim como para simplificar as redes de monitoramento sem acarretar a perda de informação (ROCHA; PEREIRA, 2015; MUSTAPHA; ARIS, 2012).

Nessas circunstâncias, este estudo se propõe a usar a técnica estatística multivariada de ACP, para propor a realização de ajustes na rede de monitoramento de uma UC.

1.1 PERGUNTA DE PESQUISA

Como a técnica estatística multivariada de ACP está sendo usada para avaliar os dados de monitoramento da qualidade da água?

Quais são os locais e os parâmetros que melhor representam as características dos corpos d'água da Estação Ecológica Águas Emendadas (ESEC-AE)?

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo propor ajustes a rede de monitoramento da ESEC-AE por meio de estudos e aplicações de análises estatísticas multivariadas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudar a técnica de ACP e suas aplicações na avaliação de dados de monitoramento da água;
2. Sistematizar os dados do monitoramento qualitativo na ESEC-AE;
3. Verificar quais são os parâmetros que melhor representam a variabilidade dos dados;
4. Verificar quais são os pontos de monitoramento que possuem características semelhantes;
5. Verificar as características da qualidade das águas nas microbacias da ESCAE e,

1.4 JUSTIFICATIVA

As alterações na qualidade das águas podem afetar a diversidade dos ecossistemas, programas regulares de monitoramento são necessários para fornecer informações que podem subsidiar ações e projetos de proteção aos recursos naturais (ALVES et al., 2018).

Porém programas de monitoramento tem custos elevados é por esse motivo que um desenho da rede de monitoramento, com definição de parâmetros e locais que melhor representem a variabilidade dos dados, pode gerar uma otimização dos custos humanos e financeiros e maior eficiência na gestão das águas (NONATO et al., 2007; ROCHA; PEREIRA, 2015).

Os dados de monitoramento precisam ser processados para gerar informação que atenda aos objetivos pretendidos. Diante disso, esse processamento requer uma análise adequada que permita, por exemplo, correlacionar as alterações na qualidade das águas com fatores naturais ou antrópicos.

Segundo Nguyen et al. (2019), a análise estatística multivariada por componentes principais (ACP) é a ferramenta mais utilizada para o tratamento dos dados de monitoramento, visto que processa os multiparâmetros da qualidade da água de forma integrada, tornando possível extrair informações, por meio da matriz de correlação ou covariância, de modo a pontuar os parâmetros que melhor expressam a variabilidade dos dados. Sendo assim, é possível, por exemplo, extrair as variáveis mais representativas, além de permitir a correlação de cada Componente Principal (CP) com os fatores responsáveis pela variação da qualidade das águas. Desse modo, esse tipo de análise vai ao encontro de tomadas de decisão embasadas assim como contribuir para o ajuste de redes de monitoramento e, por

consequência para uma maior efetividade na gestão dos recursos hídricos (ALVES et al., 2018; NGUYEN et al., 2019).

A Estação Ecológica Águas Emendadas (ESEC-AE) oferece diversos serviços ecossistêmicos como, por exemplo, abrigo para a manutenção da biodiversidade e do microclima da região, além de beleza cênica. Entre outras benesses oferecidas, essa área de proteção ambiental apresenta uma fonte de água para o abastecimento humano.

As águas que brotam das inúmeras nascentes formam o Córrego Vereda Grande, contribuinte do Rio Maranhão, e os Córregos Brejinho e Fumal, que são fontes para o abastecimento de água das regiões administrativas de Planaltina e Sobradinho.

O monitoramento da qualidade das águas em Unidades de Conservação (UC) possibilita o conhecimento de suas características intrínsecas e a detecção de fontes de alteração da qualidade. Por isso, é importante realizar o monitoramento das UCs, visto que as informações geradas podem subsidiar políticas públicas que visem à manutenção das características naturais (FIGUEIREDO et al., 2019).

Nesse sentido, Figueiredo et al. (2019) são incisivos ao recomendar um monitoramento constante e efetivo nas áreas de conservação, especialmente onde há presença de recursos hídricos. Bilich (2007) realizou estudos de qualidade da água que abrangiam o córrego Fumal e detectou problemas ambientais envolvendo a ocupação inadequada de terras. Em vista disso, o autor recomendou um maior monitoramento dos recursos hídricos da região.

Ressalta-se que, em dezembro de 2014, o Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH-DF) publicou a resolução nº 2, que aprova o enquadramento dos cursos d'água e dá encaminhamentos a respeito dessa questão. Nesta normativa legal, os cursos d'água da ESEC-AE foram enquadrados em classe especial (Vereda Grande), classe 1 (Brejinho) e classe 2 (Fumal).

A resolução 357 do Conama, de 2005, estabelece as condições e usos preponderantes para cada classe de cursos d'água:

- A classe 1 tem como peculiaridade a necessidade de assegurar a manutenção do ecossistema e das comunidades aquáticas, estabelecendo limites máximos para vários parâmetros de qualidade especificados na normativa.
- A classe especial precisa manter as características naturais, a fim de assegurar a preservação das comunidades aquáticas em Unidades de Conservação de Proteção Integral. Na normativa, não foram estabelecidos limites de referência para os elementos presentes na água. Por isso, há a necessidade de

monitoramento, para conhecer as características naturais e verificar se estão ocorrendo alterações ao longo do tempo.

- Os cursos d'água classe 2 também devem ter uma qualidade capaz de promover a manutenção das comunidades aquáticas. Porém, apresentam limites máximos para as substâncias presentes na água, de modo que apresentam uma água com qualidade inferior à da classe 1.

Para que os cursos d'água apresentem padrões de qualidade que atendam aos requisitos das respectivas classes de enquadramento, são necessários o monitoramento desses corpos hídricos e ações que assegurem a manutenção ou melhoria da qualidade das águas.

Nesse sentido, o monitoramento sistemático do IBRAM na ESEC-AE era o único que abrangia o córrego Vereda Grande (Classe especial), porém foi interrompido em 2019. Diante dessa realidade, este estudo tem como objetivo o aperfeiçoamento da referida rede, com vistas à continuidade da coleta de dados, uma vez que eles são de grande valia para compor o sistema de monitoramento distrital consolidado na resolução nº 2/2014 do CRH – DF (alterada pela resolução nº3/2018).

Nesse contexto, o estudo das ferramentas de análise estatística multivariada e de suas aplicações para processar os dados de monitoramento vem ao encontro de uma melhor eficiência da gestão dos recursos hídricos. Assim sendo, a ferramenta de ACP foi aplicada para propor ajustes na rede de monitoramento da ESEC-AE, de modo a reduzir seus custos sem que haja perda de informação essencial.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

De forma a atender aos objetivos propostos, esta dissertação foi estruturada em sete capítulos (Figura 1), sendo que o primeiro contém a introdução, os objetivos e a justificativa do estudo realizado. Na sequência, no capítulo 2, é abordado o referencial teórico acerca da temática de monitoramento da qualidade das águas e análises estatísticas multivariadas.

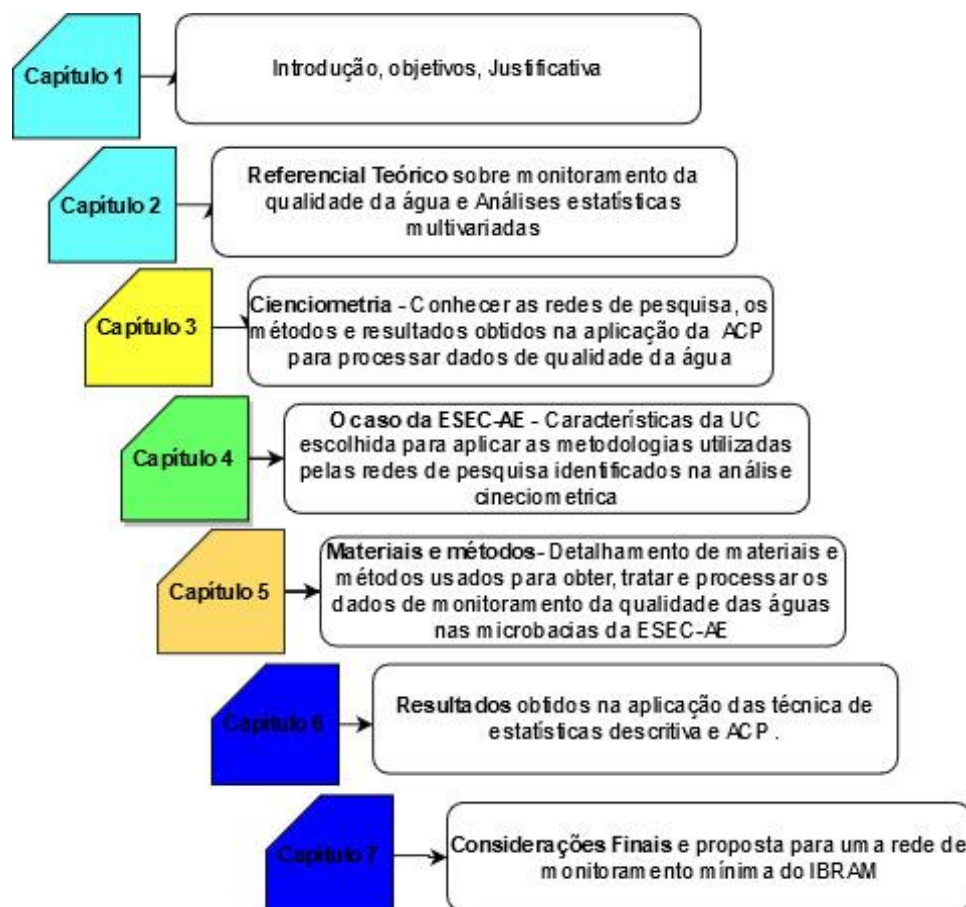
De modo a aprofundar os estudos sobre as técnicas estatísticas de análise multivariadas, no capítulo 3, é detalhada a análise cienciométrica. A técnica foi executada com objetivo de conhecer a metodologia aplicada pelos principais pesquisadores, ao utilizar a ACP no tratamento dos dados de qualidade da água. Neste capítulo, conclui-se que a ACP pode ser utilizada para auxiliar na criação de uma rede mínima de monitoramento. Em

seguida, o capítulo 4 apresenta as características da ESEC-AE, área onde será aplicada a metodologia que tornará possível propor uma rede mínima de monitoramento.

Já no capítulo 5 são descritos os materiais e métodos usados para obter, tratar e processar os dados de monitoramento, com o objetivo de conhecer os elementos responsáveis pela variabilidade da qualidade das águas nas microbacias da área de estudo. As técnicas estatísticas aplicadas visavam também conhecer as características das águas e agrupar os pontos semelhantes. Inclui-se, nesse capítulo, a descrição das análises para detectar similaridades e incongruências entre os dois monitoramentos existentes. Ao final, é apresentada a metodologia utilizada para propor ajustes à rede de monitoramento local.

No capítulo 6, são apresentados os resultados obtidos na análise estatística dos dados de qualidade da água das principais microbacias da área de estudo, por meio da aplicação da estatística descritiva e da ACP. Finalmente, o capítulo 7 relata os resultados alcançados e a proposta elaborada para ajustar a rede de monitoramento do IBRAM.

Figura 1 - Fluxograma da estrutura da dissertação



Fonte: da autora (2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão da literatura foi realizada por meio da abordagem das temáticas referentes ao monitoramento da qualidade da água, da análise estatística multivariada, da ACP e das unidades de conservação.

Para os levantamentos, foram realizadas buscas no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBCT.

A pesquisa sistemática seguiu as estratégias de busca estruturadas no Quadro 1. A pesquisa exploratória foi feita por meio dos achados nas referências dos trabalhos selecionados pela busca sistemática.

Quadro 1 - Estratégia de busca sistemática nas bases de pesquisa científica

ESTRATÉGIA DE BUSCA SISTEMÁTICA	
Palavras-chave	Português - monitoramento qualidade da água, qualidade da água, estatística multivariada, ACP e Unidades de conservação
	Inglês - Water quality monitoring, water quality, PCA
Operador booleano	and
Recorte temporal	2009-2019
Critério de busca	revisado por pares
Análise preliminar	Título, palavras-chave e resumo
Critério de seleção	Qualis CAPES A1, A2, B1, B2 e B3

Fonte: da autora (2020).

2.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com Soares (2001), a manutenção da qualidade ambiental está diretamente relacionada ao conhecimento das variáveis. Esse conhecimento pode ser obtido pelo monitoramento, e sua eficiência depende, em especial, de um projeto e da operação adequada, bem como da escolha de pontos de monitoramento e de parâmetros que atendam aos objetivos requeridos.

Segundo Tucci (1993), o monitoramento da qualidade da água pode observar três objetivos principais: determinar se a água atende aos usos propostos, acompanhar os processos de evolução de sua qualidade e de suas relações com os usos do solo ao longo do tempo ou avaliar o ambiente aquático como um todo.

É interessante pontuar que fatores de natureza hidrológica, sazonal e antrópica exercem influência nas características da água, causando alterações em sua qualidade (AMORIM et al., 2017). Por isso, é essencial conhecer as principais fontes da alteração. Isso porque padrões de variação bem definidos podem ser comparados à impressão digital do rio, o que contribui para uma melhor definição do monitoramento ambiental (DAOU et al., 2018).

Nessa linha, Tundisi, J.G. e Tundisi, T.M. (2011) consideram o monitoramento como um aspecto fundamental para o gerenciamento de recursos hídricos e relatam a necessidade de adequar a rede de monitoramento, de forma a atender aos objetivos com o menor custo possível. Nesse contexto, o estudo de Rocha e Pereira (2015) mostrou a relevância da identificação de parâmetros que melhor representam as peculiaridades de cada bacia na gestão e na redução de custos de monitoramento.

Souza (2009) relata que reduzir o número de variáveis e ajustar os pontos de coleta são ações que condizem com as diretrizes básicas do monitoramento. De acordo com a autora, são elas: “(i) identificar as alterações das características da qualidade da água de um corpo de água, (ii) reduzir os custos de monitoramento, e (iii) ajustar o plano à dinâmica de ocupação e uso do solo de uma bacia” (SOUZA, 2009, p. 4).

Diante disso, observa-se que o desenho de uma rede de monitoramento deve obedecer a critérios substanciais, obtidos através de análise dos dados que permitam correlacionar o impacto das condições do entorno com as características locais. É nesse contexto que as análises estatísticas multivariadas são amplamente utilizadas em estudos para delinear as redes de monitoramento (NGUYEN et al., 2019).

2.2 MONITORAMENTO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Figueiredo et al. (2019), em uma pesquisa realizada na Unidade de Conservação de Uso Sustentável Lageado, em Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul (MS), demonstraram a importância de estudos de avaliação e monitoramento em áreas de preservação próximas a áreas urbanizadas. Os autores constataram que o monitoramento é capaz de detectar alterações ao longo de tempo, de forma a subsidiar políticas públicas.

Pereira-Silva et al. (2011) constaram a importância de um monitoramento contínuo em cada uma das bacias dentro da Estação Ecológica de Jataí, localizada a Nordeste (NE) do estado de São Paulo. Através da ACP, os autores conseguiram identificar os diferentes fatores que influenciam na qualidade das águas em cada microbacia dentro da UC.

Apesar da existência de estudos anteriores, observou-se a carência de estudos envolvendo a qualidade da água em Unidades de Conservação. Ainda que seja reconhecida a importância dessas unidades para garantir a manutenção da qualidade das águas, poucos trabalhos têm se preocupado com o monitoramento e o conhecimento das características e variações da hidroquímica das águas em regiões protegidas no Brasil.

Bittencourt e Paula (2012) levantaram todos os estudos existentes nas bases de dados da Scielo que abrangessem pesquisas relacionadas às UCs federais, e encontraram 290 publicações. Não houve limitação temporal, mas a pesquisa abrangeu publicações até janeiro de 2012, sendo que o artigo mais antigo era datado de 1967. As pesquisadoras utilizaram técnicas da cienciometria para avaliar estatisticamente as publicações. Ao final, concluíram que as UCs federais brasileiras são poucos estudadas, considerando que existiam 916 UCs registradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC. Ressalta-se que a mata Atlântica foi o bioma mais estudado, o que corresponde a 49% das publicações. Por fim, as autoras alertaram para a necessidade de mais estudos acerca das UCs, a fim de se ter uma gestão mais efetiva na preservação ambiental (BITTENCOURT e PAULA, 2012).

2.3 A IMPORTÂNCIA DA ACP NA INTERPRETAÇÃO DE DADOS DO MONITORAMENTO

As análises estatísticas multivariadas tem sido usadas em diversos estudos que avaliam os dados de monitoramento da qualidade da água para extrair informações e auxiliar o processo de interpretação dos dados (ALVES et al.; 2018, DUTTA; DWIVEDI; KUMAR, 2018; DAOU; NABOUT; KASSOUF, 2016; NGUYEN et al., 2019; TRINDADE, 2013).

Nguyen et al. (2019) evidenciaram, em ensaio teórico que avaliou em profundidade 59 trabalhos de todos os continentes, que as análises por componentes principais são a ferramenta mais utilizada para o tratamento dos dados de monitoramento da qualidade das águas.

Os estudos são usados para extrair diversas informações, de acordo com os objetivos pretendidos. No estudo de Daou et al. (2018), a análise estatística por componentes principais

se mostrou eficiente para separar os rios, de acordo com o estado trófico, e identificar quais eram os principais processos que afetavam a qualidade da água

Foi constatado que vários estudos usam os métodos estatísticos de ACP para identificar os parâmetros que melhor representam a variabilidade dos dados, no sentido de minimizar os parâmetros a serem monitorados e reduzir os custos operacionais (GUEDES et al., 2012; MEDEIROS; SILVA; LINS, 2018; ROCHA; PEREIRA, 2016; TUNDISI, J.G e TUNDISI, T.M. 2011).

Com isso, pode-se dizer que a análise dos dados de monitoramento por meio da ACP consegue fornecer informações importantes para dar clareza e transparência à tomada de decisões e gestão de recursos hídricos (TRINDADE, 2013).

3 ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA

3.1 INTRODUÇÃO

A aplicabilidade dos dados do monitoramento deve permitir a caracterização da situação ambiental e o estabelecimento de relação com fatores que influam na variabilidade da qualidade das águas.

A cienciometria é uma análise quantitativa da produção científica que permite conhecer como a pesquisa em determinado tema vem se desenvolvendo. Tal procedimento usa técnicas estatísticas para analisar a produção de pesquisadores, países e instituições (BITTENCOURT; PAULA, 2012).

Por meio das técnicas cienciométricas, é possível conhecer os principais grupos de pesquisa que utilizam as técnicas estatísticas multivariadas para avaliar os dados de qualidade da água.

Nesse sentido, o presente capítulo tem como objetivo geral entender como os grupos de pesquisa utilizam a ferramenta de estatística multivariada de análise por componentes principais no tratamento dos dados de qualidade da água, assim como quais são as principais aplicações e resultados obtidos.

3.2 METODOLOGIA

No sentido de realizar uma análise para conhecer a metodologia e os resultados obtidos pelos pesquisadores que trabalham com dados de qualidade da água utilizando a ferramenta de ACP, foi realizada uma pesquisa na coleção principal da *Web of Science*, utilizando as palavras-chave PCA (principal *componente analisis*) e *Water quality*. É interessante destacar que, segundo Merigo et al. (2017), a *Web of Science* é a principal base de citações científicas utilizada por autores de todo o mundo.

Foi realizada uma pesquisa avançada, usando os operadores booleanos and e ou, bem como as seguintes especificações: TI (título) = “*water quality*” and TS (tema) = PCA or “*Principal Componente Analisis*”. O período delimitado se deu entre 2009 e 2019. Foram encontrados 599 resultados (Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI), que foram refinados pelas seguintes segmentações: idioma português ou inglês; tipo

de documento: artigos, excluindo-se as áreas de pesquisa: *metallurgical engineering, spectroscopy, zoology, marine freshwater biology, food science technology, optics, oceanography, energy fuels, fisheries*). Com isso, foram obtidos 468 artigos selecionados na busca. Os dados foram exportados no formato de texto, por meio da opção que permitia a exportação do registro completo, no qual constam dados de autores, coautores, título, resumo, fontes de pesquisa e referências citadas.

O arquivo foi analisado com auxílio dos *softwares* HistCite, versão 9.8.24 (Filadélfia, PA, EUA) e VOSviewer, versão 16.8.

O HistCite organiza os dados obtidos na *Web of Science*, ou índice de citação científica, e traz as informações que podem ser exportadas em formato de texto .csv. As informações foram transformadas em tabelas e gráficos, de modo que foram realizadas análises de autores, citações, cronologia, instituições e palavras através do *software* Excel.

Os dados foram organizados com objetivo de se conhecer a tendência, quanto ao número de publicações ao longo dos últimos anos, e os principais autores, publicações e instituições que trabalham com a temática abordada. Nesse sentido, os resultados também permitiram identificar as referências mais citadas nos últimos dez anos.

Na análise realizada, o recorte temporal foi o indicado acima, visto que o objetivo era conhecer os trabalhos e autores mais atuais envolvendo qualidade da água e análises por componentes principais.

Para conseguir visualizar as redes de pesquisa e as conexões entre os autores, coautores e palavras-chave, foi utilizado o *software* VOSviewer, versão 16.8.

O VOSviewer é um software gratuito elaborado especificamente para as análises bibliométricas, com foco na visualização das redes de conhecimento, por meio da construção de mapas. As construções podem ser elaboradas tendo como tema a relação entre autores, coautores, publicações, palavras-chave, entre outras, com base em cocitações ou coocorrências (ECK; WALTMAN, 2010). Os mapas são de fácil visualização, com a opção de escolher a abordagem que se deseja e o zoom da visualização. Além disso, as imagens são facilmente exportadas em formato JPG (ECK; WALTMAN, 2010).

Existem diferentes tipos de visualizações disponíveis. Na chamada “*network visualization*”, é possível visualizar as interações dos grupamentos selecionados pela análise de cluster do programa. As redes são desenhadas com cores e tamanhos de círculos diferenciados. Quanto maior o círculo, maior a importância do autor, sendo que cada rede de pesquisa é representada por uma cor diferente (ECK; WALTMAN, 2010).

Foi realizada a análise de acoplamento bibliográfico de autores, para obter as principais redes que pesquisam, na atualidade, a qualidade da água e a análise estatística por componentes principais. Para tanto, foram selecionados os autores, dentro da coleção dos 468 artigos, que apresentaram ao menos 3 publicações. Os resultados dessa análise encontram-se no Quadro 2.

Observa-se que a análise de acoplamento é determinada pelo número de referências comuns citadas pelos artigos. Quanto maior o número de referências em comum entre dois autores, maior é a frequência de acoplamento entre eles (GRÁCIO, 2016). Com isso, pode-se conhecer as correntes científicas e o desenvolvimento intelectual de um determinado domínio científico (GRÁCIO, 2016).

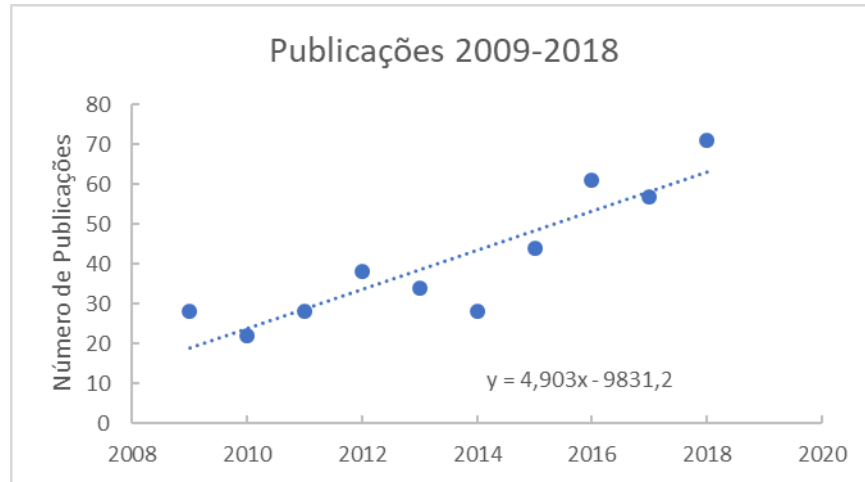
As palavras-chave apresentam importância na busca de artigos relacionados à temática abordada (MIGUÉIS et al., 2013). Para identificar esse ponto, foi realizada uma análise das palavras mais encontradas nos resumos e títulos das publicações da coleção analisada. Por meio do software VOSviewer, foi executada uma análise de coocorrências, tendo como delimitador da seleção um número mínimo de ocorrências de cada palavra em pelo menos dez publicações.

No tratamento dos resultados, é possível excluir palavras que não interessam à análise. Diante disso, foram descartadas palavras-chave iguais grafadas de maneiras distintas. Vejam-se os exemplos: *principal component analysis*, *principal components analysis* e *pca*; *cluster analysis* e *cluster-analysis*; *multivariate analysis*, *multivariate statistical analysis* e *multivariate statistical techniques*; *water quality index* e *wqi*. Além disso, nomes de países e lugares também foram retirados, pois não correspondiam ao objetivo da análise.

3.3 RESULTADOS

No período de 2009 a 2018, o número de publicações envolvendo análise estatística multivariada de dados de qualidade da água tem tido uma linha de tendência crescente, conforme observado na Figura 2. O ano de 2018 foi o que apresentou maior número de publicações, com 71 artigos, e o ano de 2010 obteve o menor número, com 22 artigos. O ano de 2019 não foi incluído na análise, pois os dados foram adquiridos até o mês de julho, totalizando 55 artigos nesse período.

Figura 2 – Gráfico com tendência de publicações no período de 2009 a 2018



Fonte: da autora (2020).

3.3.1 Análise de Acoplamento

Foram encontradas cinco redes de colaboração representadas por 26 autores. O Quadro 2 mostra os autores que pertencem às redes de pesquisa identificadas nesta pesquisa acerca da temática qualidade da água e análise estatística por componentes principais. As redes foram formadas por meio da aplicação da análise de acoplamento realizada pelo aplicativo VOSviewer. Para melhor entendimento, é apresentada uma coluna na qual estão listadas as ferramentas estatísticas (técnica) e um resumo das aplicações utilizadas pelos de autores.

Quadro 2– Principais grupos de pesquisa

Autores	Local	Técnica	Aplicação
Aris, A. Z.; Mustapha, A.; Ramli, M. F. (Grupo 1)	Nigéria Univ. Putra Malásia	ACP/AF Cluster e AD	Agrupamento espacial por Cluster e ACP, grupos com diferentes graus de contaminação. ACP para identificar as principais fontes de contaminações e variáveis indicativas.
Juahir, H.; Azid, A.; Khalit, S. I.; Samsudin, M. S.; Saudi, A. S. M.; Toriman, M. E.; Zain, S. M. (Grupo 2)	Malásia	ACP/AF, Cluster e AD	Cluster e PCA para identificar grupos com diferentes graus de contaminação. PCA para identificar as variáveis associadas a marcadores de diferentes tipos de poluição e uso de solo.
An, K. G.; Bodrud-doza, M.; Daou, C; Karbassi, A. R; Kassouf, A. R.; LI, SY.; Lischeid, G.; Voza, D.; Vukovic, M.; Yerel, S. (Grupo 3)	Oriente médio, Europa e Ásia	ACP/AF Cluster, AD e rede neural	Cluster: - variação sazonal. ACP: Avaliação de ecossistemas; avaliação espacial e sazonal da variabilidade na qualidade das águas e fatores associados.
Georgescu, L. P.; Itiescu, C.; Murariu, G. (Grupo 4)	Romênia	ACP/AF	Variações sazonais da qualidade da água e IQA
Dong, J. D.; Wang, Y. S.; Wu, M.L. (Grupo 5)	China	ACP	Simplificar a retirada de informações de um grande conjunto de dados, avaliação espacial e temporal.

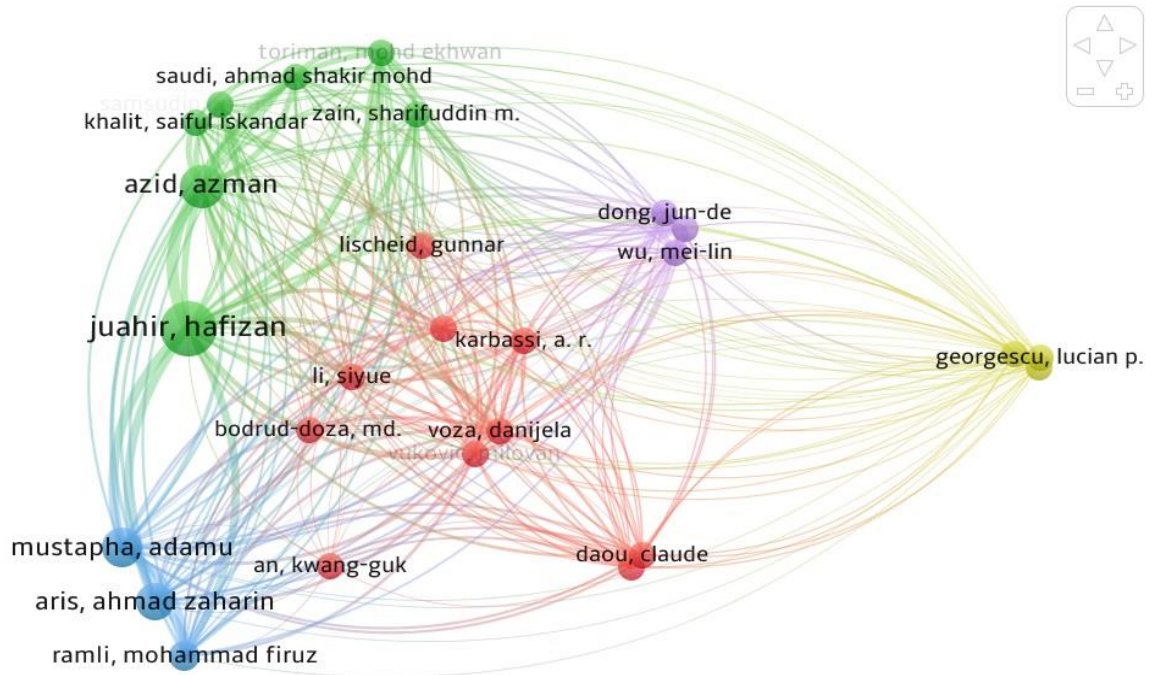
Fonte: da autora (2020).

As redes de pesquisa podem ser visualizadas na Figura 3, obtida pelo software VOSviewer. O tamanho dos círculos representa a importância do autor, de acordo com o número de publicações e conexões com outros autores. As linhas mostram as conexões entre os autores da rede de pesquisa. Já as conexões indicam o número de referências citadas que duas publicações têm em comum. (ECK; WALTMAN, 2010).

Na Figura 3 e na Tabela 1, observa-se o destaque ao pesquisador Juahir, H., que é representado pelo maior círculo, devido ao número de publicações e conexões. Sua posição representa a estreita relação com os pesquisadores Azid. A. e Mustapha, A., que também ocupam posição de destaque, devido ao número de publicações.

A rede de pesquisa número 4, em amarelo, apresenta conexões com as demais redes, porém com menos ligações e, portanto, encontra-se mais afastada.

Figura 3 - Redes de pesquisadores



Fonte: da autora (2020).

Na Tabela 1, estão relacionados os autores dos grupos de pesquisa, o número de publicações na coleção selecionada e o número total de citações desses artigos na *Web of Science*.

Tabela 1 - Número de publicação e citações dos pesquisadores das principais redes

Nº	Autor	artigos	citações	Nº	Autor	artigos	citações
1	Juahir, H.	13	272	14	Karbassi, A. R	3	171
2	Azid, A.	8	17	15	Dong, J. D.	3	43
3	Mustapha, A	7	95	16	Wang, Y. S.	3	43
4	Aris, A. Z.	6	95	17	Wu, Mei-lin	3	43
5	Ramli, M. F.	4	6	18	Daou, C	3	6
6	Toriman, M. E	3	142	19	Kassouf, A. R.	3	6
7	Saudi, A. S. M	3	3	20	Li,S.	3	197
8	Voza, D.	3	9	21	Georgescu, L. P.	3	19
9	Vukovic, M.	3	9	22	Itiescu, C.	3	19
10	Zain, S. M.	3	152	23	Murariu, G.	3	10
11	Khalit, S. I. Samsudin, M.	3	2	24	Bodrud-doza, M.	3	30
12	S.	3	2	25	Lischeid, G.	3	61
13	Yerel, S.	3	11	26	An, K. G.	3	4

Fonte: *Web of science* (2019).

3.3.2 Análise de Instituições

As 468 publicações selecionadas são provenientes de 66 diferentes países. A China é líder em publicações, e a Academia Chinesa de Ciências lidera o ranking, com 27 publicações (Figura 4). A Malásia está em segundo lugar no ranking de países, sendo que as pesquisas estão concentradas em três Universidades, que estão entre as 10 primeiras no ranking de Instituições, conforme Figura 4. O Brasil tem 28 publicações, ocupando a 6ª colocação.

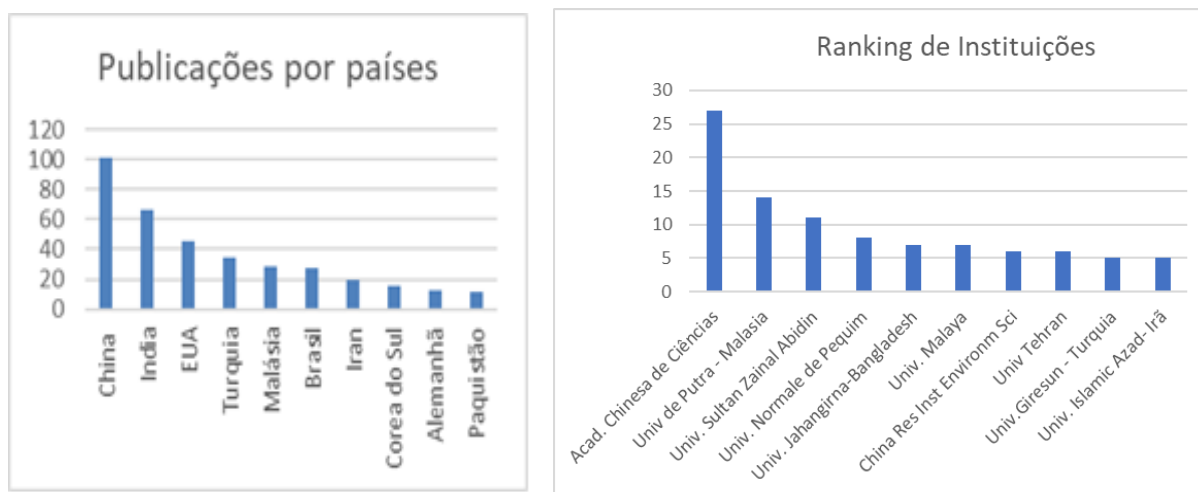
O Brasil e os EUA, apesar de estarem entre os 10 primeiros no ranking de publicações, não possuem um polo com foco em estudos que envolvam a temática abordada. Isso se reflete no fato de não haver nenhuma instituição desses países entre as 10 primeiras do ranking. A análise de acoplamento vai ao encontro desse resultado, visto que, neste estudo, não foi verificada a existência de núcleos de pesquisa envolvendo pesquisadores brasileiros ou americanos.

A Malásia se destaca por apresentar as publicações concentradas em 2 Instituições: Universidade de Putra e Univ Sultan Zainal Abidin, nas quais encontram-se os principais pesquisadores dos grupos 1 e 2 das redes de pesquisa obtidas na análise de acoplamento bibliográfico.

Na China, apesar de haver maior número de publicações, a pesquisa é mais pulverizada em relação à Malásia, dado que foi encontrada apenas uma rede de pesquisa na análise de acoplamento. A Academia Chinesa de Ciências é um polo de pesquisas que envolve estudos da qualidade por meio da técnica de ACP.

As Universidades com maior número de publicações representam as principais redes de pesquisa. Esse ponto demonstra a força de instituição na formação de elos entre os pesquisadores.

Figura 4 - Ranking dos países e instituições com maior número de publicações



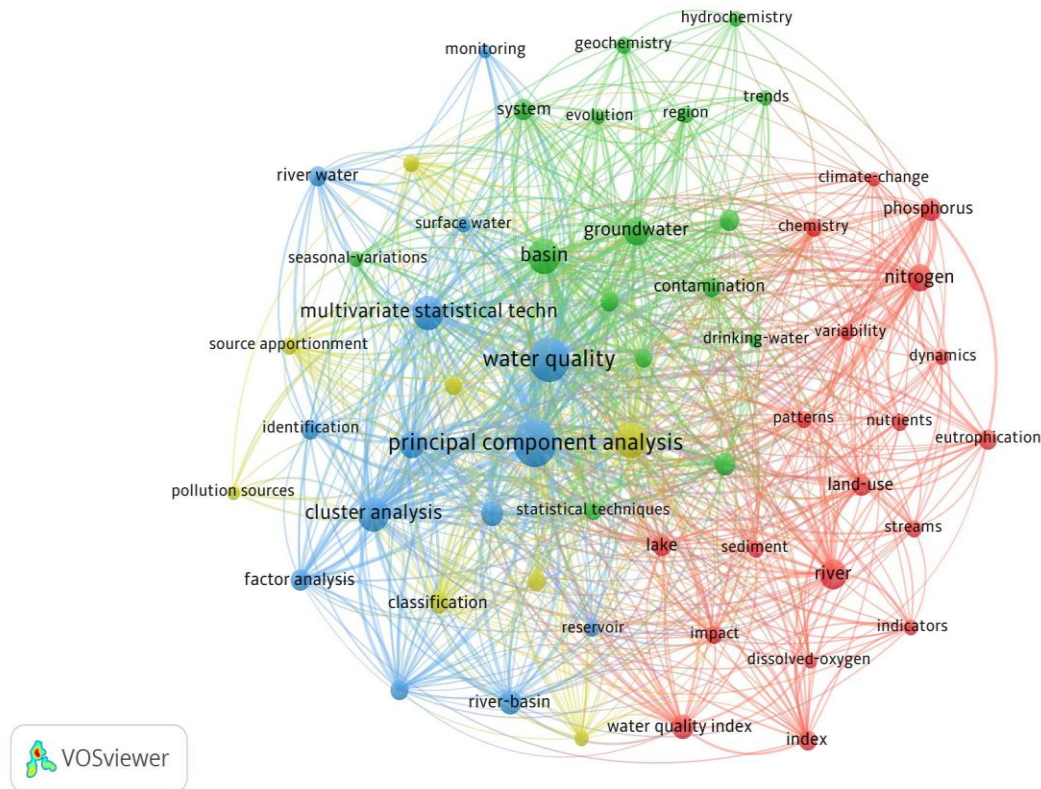
Fonte: da autora (2020).

3.3.3 Análise de Palavras-Chave

Na análise das palavras-chave, entre as 1348 palavras presentes nos títulos e resumos, 77 atendiam ao requisito de aparecer em ao menos 10 trabalhos. Após a retirada de palavras sinônimas, lugares e termos não relacionados aos objetivos da pesquisa, restaram 54 palavras, que foram agrupadas em quatro grupos temáticos.

Na Figura 05, é possível visualizar a rede de palavras geradas pelo *software* VOSviewer. Quanto maior é o círculo, maior é o número de ocorrências da palavra. As diferentes cores indicam os quatro grupos temáticos formados.

Figura 5 – Análise das palavras chaves citadas ao menos 10 vezes na coleção selecionada



Fonte: da autora (2020).

Destaca-se que cada grupo é formado por palavras com diferentes temáticas:

O grupo vermelho, que possui 20 palavras, identificou os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade das águas e alguns fatores responsáveis pela variabilidade hidroquímica das águas. Nele, as principais palavras foram: Química, mudanças climáticas, oxigênio dissolvido, eutrofização, impacto, uso da terra, nitrogênio, nutrientes, fósforo, rio, sedimento, córregos, variabilidade, índice de qualidade da água (*Chemistry, climate-change, dissolved-oxygen, eutrophication, impact, land-use, nitrogen, nutrients, phosphorus, river, sediment, streams, variability, water quality index*).

O grupo verde conta com 15 palavras e teve como principal característica a identificação dos diferentes compartimentos das águas que são estudados: águas subterrâneas, superficiais, água para abastecimento e bacias hidrográficas.

Já o grupo azul tem 13 palavras, que indicaram as principais técnicas estatísticas multivariadas utilizadas para extrair dados do monitoramento: a análise por componentes principais teve o maior número de ocorrências, seguida pela análise de cluster, pela análise fatorial e pela análise de discriminantes, respectivamente.

No grupo amarelo, que contém sete palavras, foram identificadas aquelas relacionadas à classificação dos corpos d'água superficiais, de acordo com o nível de poluição. Os termos são, a saber: distribuição, quimiometria, classificação, poluição, fontes de poluição, tipos de fonte, qualidade da água de superfície (*apportionment, chemometrics, classification, pollution, pollution sources, source apportionment, surface water quality*).

3.3.4 Análise das referências

Foram identificados os 10 trabalhos mais citados na coleção. Vale destacar que o conhecimento é construído através de bases que vão se consolidando se transformando ao longo do tempo (ZANINI; PINTO; FILIPPIM, 2012).

A tabela 2 traz os autores e o ranking dos trabalhos mais citados. Na coluna de citações, é possível saber quantas vezes a publicação foi citada no conjunto dos 468 trabalhos avaliados. Na coluna de citações totais, consta o número total de citações do artigo até novembro de 2019, de acordo com as informações divulgadas nos respectivos periódicos eletrônicos.

Tabela 2 – Ranking das 10 referências mais citadas

N	Autores	Título	Periódico	Citações	Cit. Tot.
1	SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. (2004)	<i>Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) - A case study</i>	Water Research - A1	150	815
2	SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. (2007)	<i>Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan</i>	Environmental Modelling and Software	144	845
3	SEMENOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS (2003)	<i>Assessment of the surface water quality in Northern Greece</i>	Water Research - A1	125	690

4	VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. (1998)	<i>Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis</i>	Water Research - A1	125	716
5	LIU, CW.; LIN, KH.; KUO, YM. (2003)	<i>Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan</i>	Science of The Total Environment - A1	111	766
6	HELENA, B; PARDO, R; VEGA, M; BARRADO, E.; FERNANDEZ, J; FERNANDEZ, L. (2000)	<i>Temporal Evolution of Groundwater Composition in an Alluvial Aquifer (Pisuerga River, Spain) by Principal Component Analysis</i>	Water Research - A1	95	640
7	SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. (2005)	<i>Water quality assessment and apportionment of pollution sources of gomti river (India) using multivariate statistical techniques: a case study</i>	Analytica Chimica Acta - A1	87	518
8	KAZI, T. G.; ARAIN, M. B.; JAMALI, N. M. K.; JALBANI, M; AFRID, H. I.; SARFRAZ, R. A.; BAIG, J. A.; SHAH, A. Q. (2009)	<i>Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study</i>	Ecotoxicology and Environmental Safety - A1	65	306
9	OUYANG, Y. (2005)	<i>Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis</i>	Water Research - A1	54	285
10	ALBERTO, W. D.; PILAR, D. M.; VALERIA, A. M.; FABIANA, P. S.; CECILIA, H. A.; LOSÁNG, B. M. (2001)	<i>Pattern Recognition Techniques for the Evaluation of Spatial and Temporal Variations in Water Quality. A Case Study: Suquia River Basin (Córdoba-Argentina)</i>	Water Research - A1	51	595

Fonte: da autora (2020).

3.4 DISCUSSÃO

Na análise da temporalidade, observou-se uma tendência de crescimento das publicações que envolvem análises estatísticas por componentes principais dos dados de qualidade das águas. Observa-se que o interesse do público científico e a pesquisa relacionada ao tema vêm crescendo em termos mundiais.

3.4.1 Análise de acoplamento bibliográfico

Os 26 autores das cinco redes de pesquisa identificadas pela ferramenta VOSviewer trabalharam com análises estatísticas multivariadas que envolviam dados de qualidade das

águas superficiais. Os métodos estatísticos de Análise por Componentes Principais - ACP, Análise Fatorial – AF, Análise Hierárquica de Cluster - AC e Análise Discriminante - AD foram aplicados para avaliar dados de monitoramento que abrangiam diferentes rios da Europa, do Oriente Médio, da Ásia e da África (Nigéria).

3.4.1.1 Aplicação para determinação dos fatores e variáveis associadas, responsáveis pela alteração da qualidade das águas

Nos cinco grupos de pesquisa, é unanimidade a utilização da ferramenta de ACP e AF para a interpretação dos dados de monitoramento, em busca de conhecer os principais fatores naturais e antrópicos determinantes da variabilidade hidroquímica das águas.

Os estudos de Juahir et al. (2010), Kasim et al. (2015), Aris et al. (2013), Rwoo et al. (2017) e Khalit et al. (2017), Daou et al. (2018), Daou Nabbout e Kassouf (2016), Iticescu et al. (2016, 2019), Voza et al. (2015) e Voza e Vuković (2018) identificaram que a técnica de ACP é eficiente para a avaliação de séries de monitoramento, no sentido de retirar informações que associam as alterações da qualidade da água com o uso e a ocupação do solo. Dessa forma, pode-se ter uma melhor interpretação dos dados, dada a sua atuação como uma ferramenta eficaz para auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos. Para atingir o resultado esperado, os pesquisadores usaram a ACP, associando os parâmetros às principais componentes encontradas, por meio da carga (*loading*) apresentada por cada variável.

As componentes principais (através da matriz de correlação) conseguem representar o sentido principal das variações da qualidade da água. Cada componente extraída reproduz um percentual da combinação linear das variáveis originais (DAOU et al., 2018; DAOU; NABBOUT; KASSOUF, 2016). As cargas (*loading*) das variáveis exprimem a contribuição de cada variável original na formação da componente principal (HUA; KUSIN; PRAVEENA, 2016). Nos estudos em que há uma grande quantidade de dados, os autores utilizam a AF para facilitar a interpretação dos resultados obtidos na ACP.

De acordo com Vega et al. (1998), ao aplicar-se a AF, ocorre uma redução da contribuição das variáveis de menor significado. Dessa forma, as variáveis mais determinantes são realçadas, simplificando a análise dos resultados.

A AF é aplicada por meio da rotação das componentes principais que apresentam autovalores (*eigenvalues*) maior que 1 (JUAHIR et al., 2010; ARIS et al., 2013; RWOO et al., 2017; KHALIT et al., 2017; MUSTAPHA et al., 2013, 2014; MUSTAPHA; ARIS, 2012;

VOZA et al., 2015; VOZA; VUKOVIĆ, 2018; ITICESCU et al., 2016, 2019; DAOU et al., 2018).

3.4.1.2 Aplicação para análise da variabilidade espacial

Para determinar os trechos com características semelhantes, de acordo com a variabilidade espacial, e evidenciar as variáveis associadas, são utilizadas técnicas de ACP/AF e AC, de forma conjunta ou separada.

Juahir et al. (2010), Kasim et al. (2015), Aris et al. (2013), Rwoo et al. (2017) e Khalit et al. (2017) utilizaram a técnica de Grupamento Hierárquico de Cluster para avaliar as variações espaciais da qualidade das águas e definir grupos de estações de monitoramento com diferentes padrões de carga poluente. Por meio da distância euclidiana, é formado o dendograma, no qual é possível identificar conjuntos de dados com característica semelhantes. Esses estudos tinham como uma de suas metas racionalizar os pontos de coleta, de forma a proporcionar agilidade e redução de custos sem perda de informação.

Para extrair as variáveis que melhor representavam a variabilidade espacial dos dados, Juahir et al. (2010), Kasim et al. (2015) e Aris et al. (2013) aplicaram a técnica de ACP em cada trecho identificado na análise de cluster. Essa técnica permitiu relacionar os fatores que melhor expressavam a variação na qualidade da água, de acordo com a sua localização espacial. As análises de Cluster e ACP, em conjunto, se mostraram eficazes para auxiliar no planejamento das redes de monitoramento, no conhecimento e no controle dos fatores associados à variabilidade da qualidade das águas.

Os estudos de Mustapha et al. (2013, 2014), Mustapha e Aris (2012), pertencentes ao grupo 1 de pesquisa, utilizaram ACP/AF e AC para identificar os grupos com características espaciais distintas. A ACP determinou as diferentes fontes que definiam as alterações das características físico-químicas e biológicas da água, de acordo com a variabilidade espacial dos pontos de monitoramento. As fontes estavam associadas a diferentes tipos de uso e ocupação do território. A aplicação da análise de Cluster confirmou os grupos obtidos pela análise por componentes principais rotacionadas. Essas análises permitem a redução dos locais de monitoramento e uma rede mais precisa, reduzindo o custo e o tempo de monitoramento, sem implicar perdas significativas de informação.

As três principais componentes determinadas após aplicação da ACP e da AF correspondiam às três diferentes fontes de poluição na bacia, que representavam diferentes trechos dos rios.

Por outro lado, o estudo de Daou et al. (2018), nos quatro principais rios Libaneses, separou os rios estudados de acordo com o estado trófico e identificou os principais processos que afetaram a qualidade das águas apenas com a ferramenta ACP. Os autores utilizaram um gráfico tridimensional, formado pelas três principais componentes, para visualizar a pontuação (*score*) de cada caso. Cada rio foi representado no gráfico por um grupo distinto, de modo que cada um deles apresentava um grau diferente de contaminação.

3.4.1.3 Aplicação para análise da variabilidade temporal

Para avaliar a variabilidade sazonal dos dados Iticescu et al. (2016), por meio da observação das projeções das cargas (*loadings*) nos planos fatoriais, constaram as diferentes relações e correlações entre os parâmetros ao longo das quatro estações climáticas do ano no Rio Danúbio (Romênia). As diferenças foram explicadas por fatores naturais, como temperatura e vazão, e antrópicas, como atividades agrícolas. A análise fatorial foi usada para confirmar os resultados obtidos pela ACP.

A variabilidade temporal dos dados e o conhecimento das principais variáveis que melhor representam as alterações ao longo do tempo podem ser conhecidos com a utilização da análise de Cluster, em conjunto com a ACP. Voza et al. (2015) e Voza e Vuković (2018) conseguiram identificar os fatores responsáveis pela variabilidade sazonal dos dados, aplicando a ACP nos grupos definidos pela AC. As análises conjuntas permitiram definir que as variações sazonais nas características bioquímicas da água estão associadas a fatores naturais.

3.4.2 Análise das referências

A análise de citação vai ao encontro do conhecimento e de sua dinâmica, bem como da identificação dos autores e respectivos trabalhos, que serviram de base para a construção do conhecimento em um determinado período de tempo (ROSSETTO et al., 2018).

Entre as dez referências mais citadas, Singh, K. P.; Malik, A.; Mohan, D. e Sinha, S. se destacam como um grupo de trabalho de relevância nos estudos de análise dos dados de qualidade da água por meio de análises estatísticas multivariadas. Os pesquisadores possuem dois trabalhos entre os dez mais citados. Os pesquisadores Vega, M.; Pardo, R.; Barrado, E.

são uma forte referência na construção do conhecimento, também com dois trabalhos entre os mais citados, como pode ser observado na Tabela 2.

Observa-se que as referências mais citadas são formadas por artigos relativamente recentes (1998 – 2009), enfatizando a temporalidade na construção do conhecimento. Visto que, a base de pesquisa teve a temporalidade delimitada entre os anos de 2009 a 2019, as principais referências utilizadas pelos pesquisadores estão, em sua maioria, dentro do intervalo temporal de dez anos.

Conforme observado na Tabela 2, a revista *Water Research* foi o principal meio de publicação das referências mais citadas. Seus artigos são citados dentro das publicações das principais redes de pesquisa identificadas na análise de acoplamento bibliográfico. Observa-se que as citações embasam, principalmente, a parte metodológica das publicações, contribuindo para explicar os métodos estatísticos multivariados.

Com o objetivo de conhecer as contribuições das principais referências, foi realizada a leitura minuciosa das quatro referências mais citadas.

A ferramenta de Análise por componentes principais (PCA) foi utilizada nos estudos de Vega et. al. (1998), Simeonov et al. (2003), Singh et al. (2004) e Shrestha e Kazama (2007), para extrair informações de dados físico-químicos e biológicos de qualidade das águas. A principal aplicação nos estudos indicados era identificar um número reduzido de variáveis para explicar a variância dos dados em termos espaciais e temporais.

No estudo de Simeonov et al. (2003), a análise de componentes principais foi usada para identificar as principais fontes responsáveis pela alteração da qualidade das águas. Já a análise de cluster, por meio da identificação das similaridades e correlações entre as variáveis, se mostra confiável para determinar estratégias na definição de rede de amostragem de dados de qualidade da água, contribuindo para redução do número de locais de amostragem (VEGA et. al., 1998; SIMEONOV et al., 2003; SINGH et al., 2004; SHRESTHA; KAZAMA, 2007).

3.5 CONCLUSÕES

A ACP é uma ferramenta de análise estatística multivariada, usada amplamente pelas redes de pesquisadores encontradas neste estudo, para processar as informações complexas advindas do monitoramento da qualidade das águas. Ressalta-se que foi utilizada com êxito na determinação das principais variáveis que indicam as alterações espaciais e temporais na qualidade das águas.

A ferramenta se mostrou eficiente, quando utilizada de forma isolada ou em conjunto com outras técnicas estatísticas multivariadas, como AC e AF. Note-se que a ferramenta pode ser utilizada para diferentes aplicações, sendo determinante para o entendimento de dados que envolvem multiparâmetros de qualidade das águas.

Ademais, essa análise se mostrou de grande utilidade para o desenvolvimento de trabalhos que tenham como objetivo gerar um desenho otimizado das redes de monitoramento. Isso ocorre porque a ACP pode ser usada para identificar grupamentos com características semelhantes e, portanto, se mostra eficaz para a escolha de locais de amostragem.

Finalmente, a análise cienciométrica permitiu verificar que a ferramenta de ACP pode ser aplicada para criar uma rede mínima, sem que haja perda de informação significativa, dado que permitirá a redução dos locais de amostragem e a seleção dos parâmetros que melhor representam a variabilidade dos dados.

4 O CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS

4.1 INTRODUÇÃO

Para aplicar a técnica de ACP, a fim de propor ajustes a rede de monitoramento, o critério de escolha da Estação Ecológica Águas Emendadas considerou uma série de fatores:

- Trata-se de uma Estação Ecológica, ou seja, uma unidade de conservação com vocação para a pesquisa;
- É a única unidade de conservação administrada pelo IBRAM que possui dados representativos de monitoramento da qualidade das águas dentro dos limites de sua poligonal;
- Havia a possibilidade da participação da pesquisadora no processo de coleta e análise dos dados de qualidade, realizado pelo IBRAM no período de 2010 a 2017;
- As veredas são ecossistemas frágeis e alterações no ambiente, sejam naturais ou antrópicas, podem trazer mudanças irreversíveis ou até sua completa extinção (CAMPOS, 2008). Portanto, há a necessidade de acompanhamento e gestão de suas águas;
- A resolução nº 2 de 2014 do Conselho de Recursos Hídricos do DF estabeleceu a classe de enquadramento para os cursos d'água que integram a unidade. Com isso, é necessário o acompanhamento da qualidade dos cursos d'água que se enquadram na classe especial, na classe 1 e na classe 2;
- A ESEC-AE presta vários serviços ecossistêmicos à população, dentre os quais estão alguns que são indicados por Queiroz (2015, p.121):

Fonte de captação de água para abastecimento humano; Reserva da biosfera do cerrado; Área de Conservação de espécies ameaçadas; Rede hídrica de contribuição com a qualidade hídrica de duas das principais bacias hidrográficas brasileiras (Araguaia-Tocantins e Paraná); Local emblemático, utilizado como um dos principais critérios para a seleção da nova capital do país; Unidade de Educação ambiental; Estação de pesquisa e desenvolvimento acadêmico; Forte apelo socioambiental. Mobilização de reconhecimento e valorização. Fonte de inspiração para manifestações culturais e místicas e Singularidade do fenômeno de águas emendadas.

De acordo com Campos (2008), apesar do fenômeno da ESEC-AE não ser único, ele apresenta várias peculiaridades que o tornam singular. Entre elas, destacam-se as apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Quadro comparativo entre os aspectos das águas emendadas na ESECAE e em outras localidades no Brasil

Feição/Aspecto/Controle	Estação Ecológica Águas Emendadas	Outras águas emendadas
Origem	Fase precoce do desenvolvimento do campo úmido que alimenta simultaneamente duas bacias hidrográficas	Em geral, formadas pela captura de drenagem após regressão de áreas de cabeceiras
Hidrologia	Divide duas regiões hidrográficas de alcance nacional	Dividem sub-bacias ou afetam pequenas áreas de drenagem
Vazão específica	muito elevada	moderada a pequena
Hidrogeologia	Inclui aquíferos freáticos com contribuição de aquíferos fraturados profundos	Em geral, se relacionam apenas a aquíferos intergranulares rasos
Área de Dispersão	Ocupa uma extensa área com gleissolos em um complexo campo úmido, veredas	Comumente apresentam pequenas áreas
Proteção Ambiental	Está totalmente no interior de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral	Em geral, ocupam áreas fortemente antropizadas

Fonte: Campos (2008).

Por fim, ressalta-se que se trata de uma unidade de conservação em tem como o maior expoente as suas águas, e o caráter emblemático das águas emendadas.

No estudo cienciométrico, foi possível perceber que a ACP foi utilizada pelos pesquisadores para, entre outras aplicações, conduzir pesquisas em torno da obtenção de melhorias nas redes de monitoramento. A ACP permite uma análise integrada das multivariáveis da qualidade da água, de forma a reduzir a perda de informação gerada, por exemplo, por uma análise estatística descritiva, que leva em conta cada variável de forma isolada.

Por meio da ferramenta de ACP, é possível conhecer as variáveis que melhor expressam a variabilidade dos dados coletados e reduzir parâmetros redundantes, ou seja, que traduzem a mesma informação, posto que as componentes principais são ortogonais entre si. Assim sendo, pelos pesos que apresentam, é possível identificar os parâmetros que melhor representam a variabilidade em cada CP obtida.

Os pesquisadores também utilizaram a ACP para identificar grupos de locais de monitoramento com características semelhantes. Dessa forma, é factível a redução dos pontos de amostragem.

A ACP é uma ferramenta que deve ser aplicada considerando as características locais, para permitir uma interpretação dos dados de acordo com a realidade local. Neste estudo, será aplicada a ACP, em conjunto com a estatística descritiva e a análise das características locais, de forma a auxiliar na proposta de ajustes na rede de monitoramento do IBRAM.

Dado que o monitoramento realizado pelo IBRAM foi interrompido completamente em 2019, esta pesquisa visa gerar subsídios para que as atividades voltem a ocorrer de forma otimizada, assim como auxiliar a trazer parcerias em prol da sua continuidade.

4.2 LOCALIZAÇÃO E HIDROGRAFIA

A Estação Ecológica Águas Emendadas está localizada na região centro-oeste do Brasil, na porção nordeste do Distrito Federal (Figura 6). É uma Unidade de Conservação de Proteção Integral e está inserida na área núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado. Essa unidade tem área de 216,44 Km², perfazendo aproximadamente 3,75% da área do Distrito Federal e 14,11% da área da Região Administrativa de Planaltina (CARVALHO, 2008).

Nessa região, ocorre o fenômeno das águas emendadas, onde, de uma única vereda de seis quilômetros de extensão, as águas que ali emergem correm em duas direções opostas: ao norte, formam o Córrego Vereda Grande, que deságua no Rio Maranhão e contribui para a bacia do Rio Maranhão, que é parte integrante da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Ao sul, o Córrego Brejinho forma o Córrego Fumal, que deságua no Rio São Bartolomeu, que pertence à bacia de mesmo nome e contribui para a Região Hidrográfica do Paraná (Figura 6).

A Vereda é uma área plana formada em uma falha geológica, alimentada por aquíferos porosos e fraturados, que se comporta como área acumuladora e dispersora das águas para duas grandes bacias brasileiras (CAMPOS, 2008; BAPTISTA, 2008).

As águas que se acumulam no complexo vereda-campo de murundus, que permanece saturado e, às vezes, com lâmina d'água na superfície, se dividem para as bacias do Paraná e do Tocantins-Araguaia (CAMPOS, 2008).

Para verificar o fenômeno das águas emendadas em superfície, existe uma janela temporal pequena ao final do período chuvoso. De acordo com o registro de Ribeiro et al.

(2008), foi observada a junção das duas bacias em abril de 2006, quando a área permaneceu alagada por 15 dias.

Os dois principais cursos que se formam a partir da Vereda são o Córrego Vereda Grande, a nordeste (NE), e o Córrego Brejinho, a sudeste (SE).

O córrego Vereda Grande segue para o Norte e recebe, pela margem esquerda, primeiramente, as águas do Córrego Tabatinga, e, depois, o Córrego Serrinha, então deságua na margem esquerda do Rio Maranhão, que é afluente do Rio Tocantins e faz parte da bacia do Maranhão.

Já o Córrego Brejinho segue para o sul e, após receber as águas do Córrego Cascarra, passa a ser denominado Córrego Fumal. O Fumal tem como afluente, pela margem direita, o Córrego Monteiro e deságua, pela margem esquerda, no Ribeirão Mestre D'armas. Este se junta ao Ribeirão Pipiripau e deságua no Rio São Bartolomeu, indo compor a bacia do São Bartolomeu.

4.2.1 Microbacias

Neste estudo os pontos de monitoramento analisados estão dentro de 4 microbacias: Vereda Grande, Fumal, Lagoa Bonita, Sarandi e da bacia do Alto Rio Maranhão (Figura 7).

Para cada microbacia foram calculados a área, a extensão do curso d'água, o perímetro e os seus respectivos índices de forma (Kc e Kf) (Tabela 3).

Tabela 3 – Características físicas das microbacias da ESEC-AE

Características das Microbacias ESEC-AE						
Microbacia	Área (km ²)	Percentual dentro da ESEC-AE (%)	Extensão do curso d'água principal (Km)	Perímetro (km)	Kc = $0,28 * P / \sqrt{A}$	Kf = A / L^2
Vereda Grande	48	78,97	8,98	29,205	1,18	0,60
Fumal	53	65,45	10,7	36,753	1,41	0,46
Sarandi	33	2,87	10,19	25,852	1,26	0,32
Lagoa Bonita	16	32,12		15,891		

Fonte: da autora (2020).

A forma das bacias é um fator que influencia no tempo de concentração, ou seja, no tempo necessário para escoar a água das cabeceiras até o seu exutório (VILLELA; MATTOS,

1975). Nesse sentido, foram criados índices que relacionam a forma da bacia com formas geométricas conhecidas.

O coeficiente de compactidade (K_c) é um número adimensional que relaciona a forma da bacia a uma circunferência: quanto mais próximo da unidade, maior é a semelhança com a forma circular e há, portanto, maior susceptibilidade a inundações.

O fator de forma (K_f), por sua vez, compara a bacia a um retângulo: quanto mais alongado e estreito, menor será o fator de forma e, com isso, menor será a possibilidade de chuvas intensas comprometerem o escoamento pela drenagem principal. Isso porque a distribuição dos tributários não será concentrada.

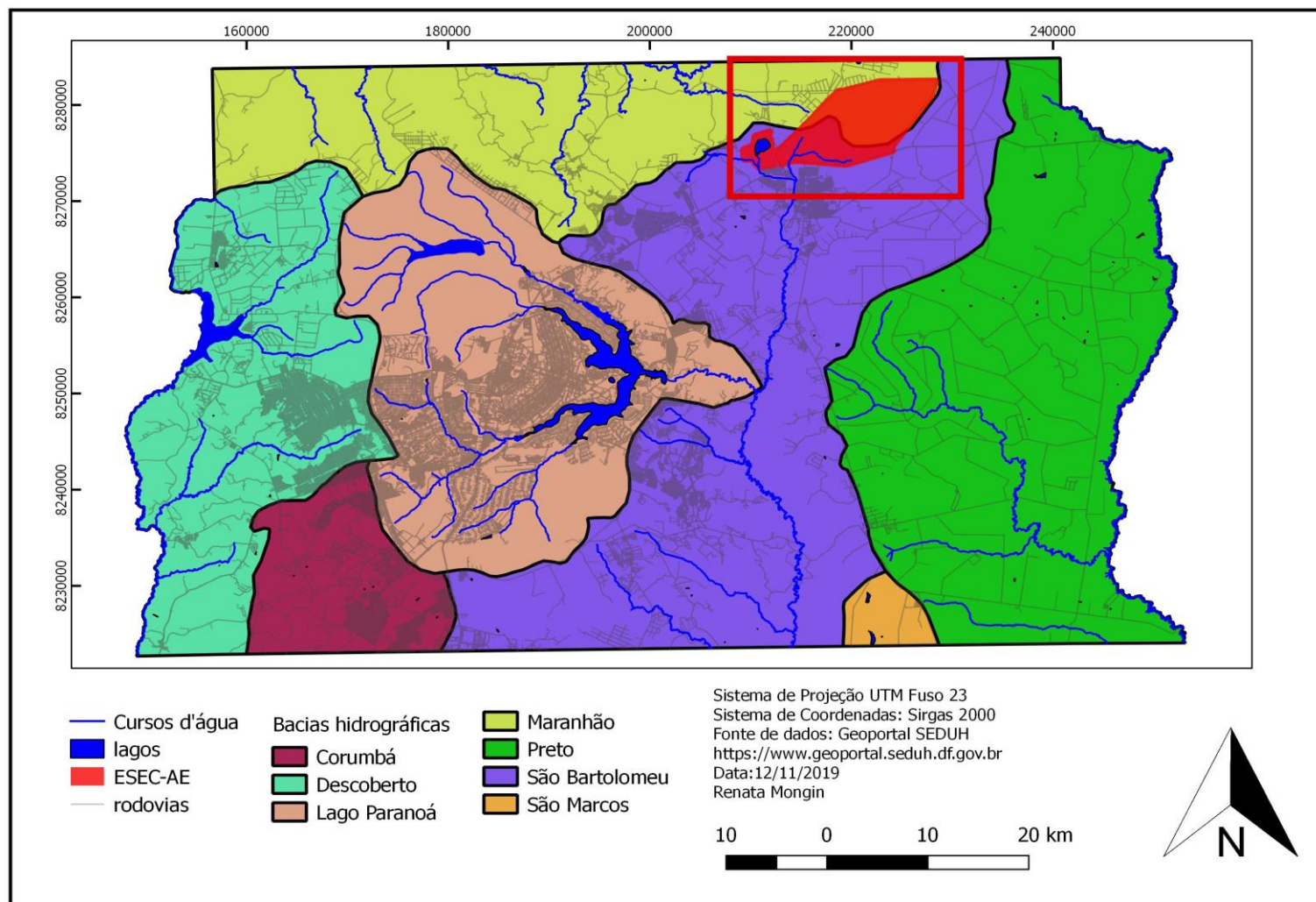
Na microbacia do Vereda Grande, 79% de sua área de drenagem se encontra inserida na poligonal da ESEC-AE, porém algumas áreas de cabeceiras estão cortadas pela rodovia BR-020, o que constitui um risco para a qualidade e a preservação dos cursos d'água. De acordo com os índices K_c e K_f , que avaliam as características de suas formas, essa microbacia apresenta uma propensão elevada a inundações.

A microbacia do Ribeirão Fumal, com forma de V alongado, apresenta 65% de sua área dentro da UC. Entretanto, também apresenta contribuições da área de drenagem provenientes da BR-020. Os índices K_c e K_f caracterizam a unidade como detentora de baixa probabilidade de inundações.

Apenas 3% das chuvas drenadas para a microbacia do Córrego Sarandi têm origem na ESEC-AE. Trata-se de uma bacia com características rurais e com propensão moderada a alagamentos. O Córrego Sarandi é o curso d'água principal e delimita a poligonal da UC.

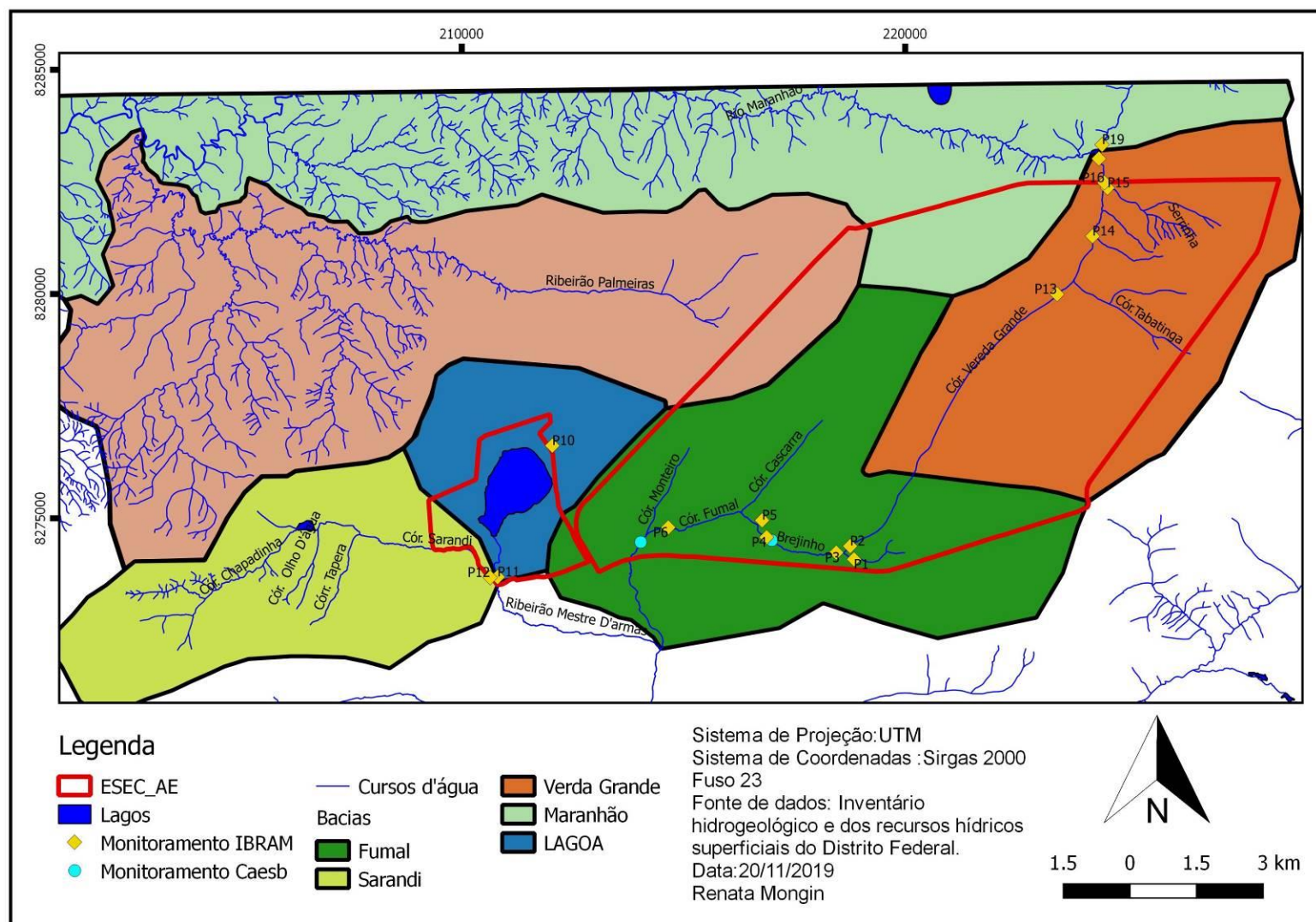
A microbacia da Lagoa Bonita tem 32 % da sua área no interior da UC. A área de cabeceira da bacia engloba uma área rural.

Figura 6 - Mapa de localização



Fonte: da autora (2020).

Figura 7 – Mapa de Microbacias



Fonte: da autora (2020).

4.3 GEOLOGIA

A Geologia influencia no relevo, solos e composição das águas. Por isso, o conhecimento das características geológicas da área de estudo é fundamental para o entendimento da geoquímica das águas.

Vale ressaltar que as estruturas geológicas exercem forte influência na rede hidrográfica. Como exemplos, tem-se a vereda, onde ocorre o fenômeno das águas emendadas, que apresenta um padrão retilíneo, com direção determinante NE-SW orientado por uma falha geológica; bem como o Córrego Tabatinga, de direção N45W, que é determinado por uma fratura (MORAES; CAMPOS, 2008).

No Distrito Federal, as rochas são atribuídas a quatro grupos de formação distinta: Grupos Paranoá, Canastra, Bambuí e Araxá.

O grupo Canastra é o mais antigo e, em seguida, tem-se a deposição do Grupo Paranoá, de modo que ambos são de origem meso/neoproterozoica. Já os grupos Araxá e Bambuí são de idade Neoproterozoica, formados por xistos variados e metassiltitos, respectivamente (FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1998).

O Grupo Paranoá é uma sequência psamo-pelito-carbonatada, que foi formada em plataforma marinha. Com ocorrência no Brasil central, o grupo apresenta duas zonas distintas de metamorfismo: as zonas externas e internas da faixa Brasília. O Distrito Federal está englobado na zona externa, apresentando um caráter anquimetamórfico até a fácies xisto verde (CAMPOS et al., 2013).

As litologias do Grupo Paranoá foram agrupadas em 11 unidades, identificadas por letras que, da base para o topo, são: SM, R1, Q1, R2, Q2, S, A, R3, Q3, R4 e PC (FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1998; CAMPOS et al., 2013).

Na ESEC-AE, o grupo Paranoá ocorre em mais de 95% da área e está representado pelas seguintes unidades geológicas: Unidade R3, Unidade Q3, Unidade R4 e Unidade PPC. A estratigrafia dessas sequências está representada na Figura 8.

O Grupo Canastra é formado por filitos variados e está presente em uma pequena faixa ao sul da Lagoa Bonita (Figura 9). O grupo ocorre na região devido ao sistema de cavalgamento São Bartolomeu, que colocou o grupo Canastra sobre o Grupo Paranoá. Na área que pertence à UC em estudo, o grupo está representado por clorita-fengita-quartzo-filito e quartzito micáceo (CAMPOS; FREITAS-SILVA, 1998; MORAES; CAMPOS, 2008).

Moraes e Campos (2008) descreveram as unidades Geológicas do Grupo Paranoá presentes na ESEC-AE, as quais são apresentadas abaixo, como resumo do trabalho dos autores:

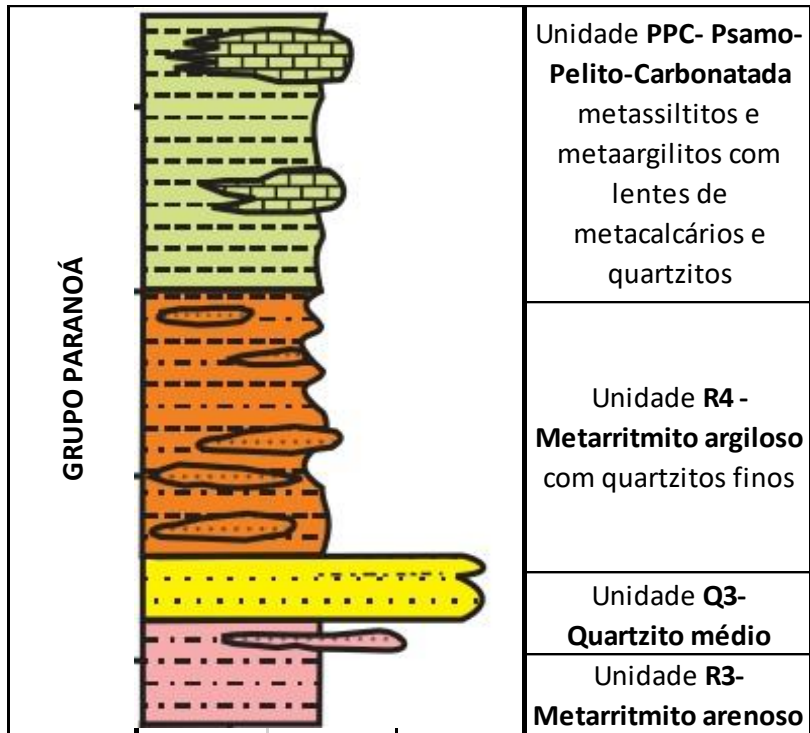
Unidade R3 (Metarritmito Arenoso) - intercalações de camadas de rochas arenosas e de materiais argilosos que ocorrem no extremo leste da área de estudo. Rochas formadas em ambiente sedimentar que passaram por processo de metamorfismo e se apresentam dobradas e intensamente fraturadas. As estruturas sedimentares de marcas onduladas, estratificações cruzadas, estratificações cruzadas tipo hummocky são indicativos de formação em águas rasas, onde ocorriam intensas tempestades.

Unidade Q3 (Quartzito Médio) - situado na porção leste da Estação Ecológica, é formada por quartzitos brancos e ocre, silicificados, maciços, fraturados e com granulação fina a média. As estruturas sedimentares observadas são estratos cruzados que evidenciam a deposição em condições de águas rasas.

Unidade R4 (Metarritmito Argiloso) - abrange toda a porção central da área de estudo. É formada por intercalações regulares de material arenoso fino e material argilo-siltoso. Essa formação ocorre em ambiente de águas mais profundas e calmas, onde eram depositadas as argilas, por decantação, e areias, por efeito das ondas e mares, com espessura variando de 2 a 25 cm e coloração branca, vermelha e rosada.

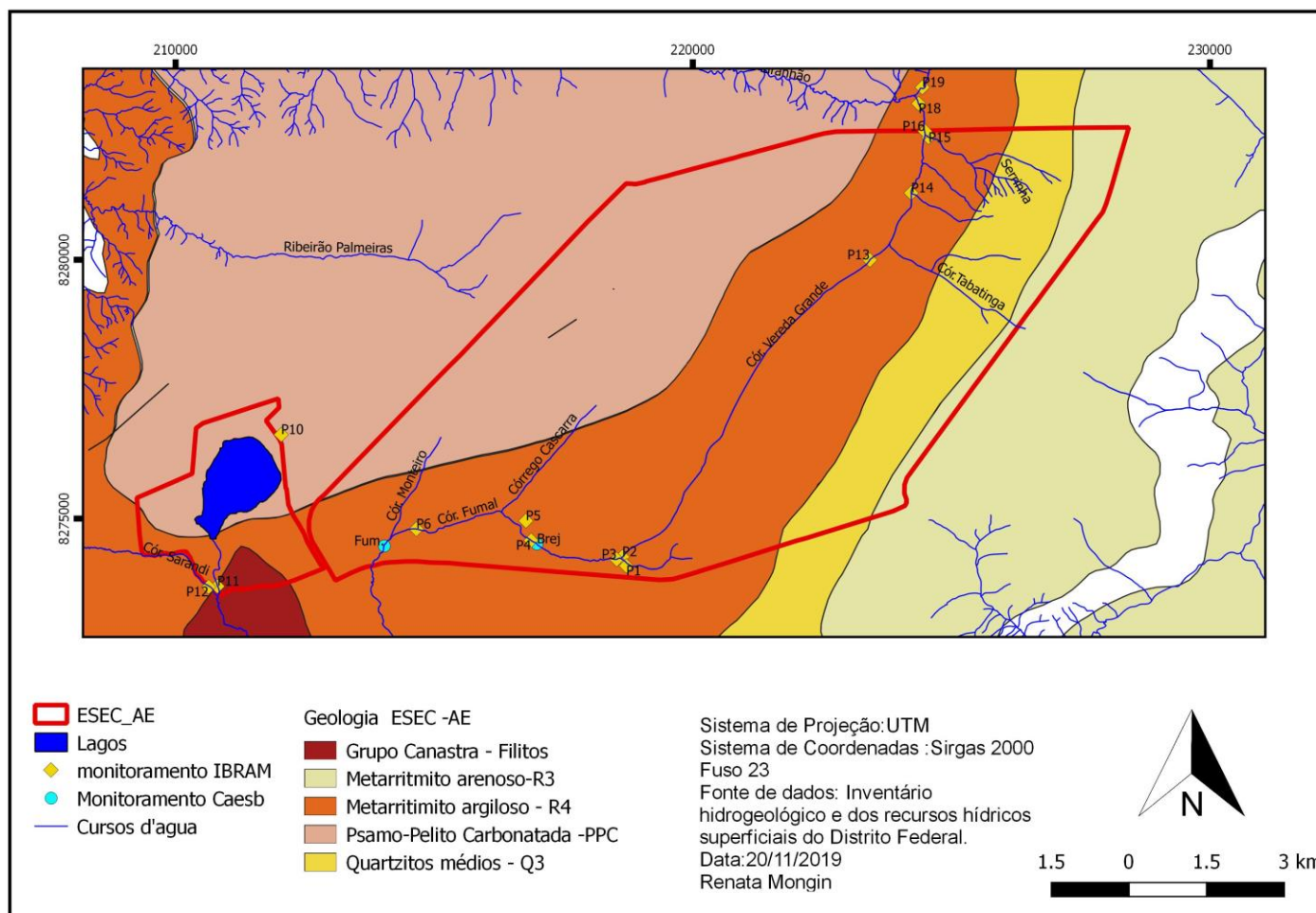
Unidade PPC – uma sequência psamo-pelito-carbonatada que representa o topo do grupo Paranoá. Foi formada em diferentes condições de profundidade. Os carbonatos (calcáreos e dolomitos) foram depositados em águas rasas e limpas, e os pelitos (metassiltitos e metaargilitos), em zonas mais profundas. As lentes e camadas de quartzitos foram depositadas em canais de marés. Essa Unidade ocorre na porção oeste e no entorno da Lagoa Bonita.

Figura 8 - Coluna estratigráfica das Unidades do grupo Paranoá presentes na ESEC-AE



Fonte: adaptado de Moraes e Campos (2008).

Figura 9 - Mapa Geológico da ESEC-AE



Fonte: da autora (2020).

4.4 GEOMORFOLOGIA

O Distrito Federal está situado em uma das porções mais elevadas do Planalto Central e apresenta um relevo suave com cotas variando de 800 a 1300 metros de altura (FONSECA, 2007). As feições geomorfológicas são fortemente compartimentadas pelo controle litoestrutural. As fases de deformação que ocorreram nas direções NS e EW produziram domos, bacias e estruturas regionais que se refletem na modelagem do relevo (MARTINS e BAPTISTA, 1998).

A proposta de apresentada por Martins e Baptista (1998) divide as feições do relevo do Distrito Federal em cinco compartimentos (Chapadas elevadas, planos intermediários, planícies, rebordos e escarpas).

As **Chapadas elevadas** ocupam 20,41% do DF. São regiões onde os processos químicos (lixiviação de óxidos) predominam em relação aos físicos (erosão e deposição). Porém na maior parte do Distrito Federal, as chapadas elevadas, ao sofrerem processos erosivos, aumentam a superfície dos planos intermediários, que irão transicionar para planícies. Apenas em situações locais, ocorre a transição direta das chapadas elevadas para as planícies, formando as escarpas com maior potencial erosivo.

Nos **Planos Intermediário** (43,31%) e **Planícies** (19,24%) predominam os processos de deposição e pedogênese.

Nos **Rebordos** (11,72% do território), ocorre a retenção das soluções intempéricas, provenientes das chapadas e planos intermediários, em alguns pontos, formando as couraças.

As **Escarpas** ocupam 3,91% do território e, em conjunto com os rebordos, são os compartimentos onde os processos de erosão, deposição e pedogêneses atuam de forma mais intensa.

Nascimento (2008) detalhou esses compartimentos no âmbito da ESEC-AE (Figura 10):

As **Chapadas elevadas** com direção NE ocorrem na porção leste, apresentando declividade de 0 – 1 % e altitude média de 1080 metros. Segundo a autora:

Os Rebordos caracterizam extensas rampas retilíneas que se prolongam desde as Chapadas Elevadas até o vale do Córrego Vereda Grande. Localmente estão divididas em duas subunidades: Rebordos Suaves e Rebordos Entalhados (NASCIMENTO, 2008, p. 134).

Os **rebordos suaves** têm declividade média de 2° e são recobertos de latossolos vermelhos, circunstâncias que favorecem a infiltração da água e a recarga dos aquíferos. Tais

formações irão evoluir para rebordos entalhados, à medida que o processo erosivo natural avançar no Córrego Vereda Grande.

Os **rebordos entalhados** possuem declividade entre 2° a 4° e entalham os canais de drenagem situadas na margem direita do Córrego Vereda Grande. De acordo com a autora, “o traçado dos canais é paralelo à declividade (controle estrutural), com padrão da drenagem retilíneo e densidade hidrográfica baixa”. Os canais são cobertos por latossolos.

As **escarpas** ocupam a porção NE da área, entre as chapadas elevadas e rebordos dissecados. São encostas com declividades de 15° a 30°, sustentadas nas rochas quartzíticas.

Os **planos intermediários** são vales abertos formados pelo rebaixamento de extensas colinas, e ocupam uma grande parte da área central (metarritmitos argilosos - R4) e oeste (PPC) da ESEC-AE. Os topos apresentam clara evidência de controle estrutural, sendo alongados na direção SW-NE. São recobertos por latossolos e solos concrecionários. Neste compartimento, ocorrem as lagoas associadas a ocorrências de calcário da unidade litológica PPC. Abaixo da cota de 1.035 metros, a depressão alongada passa a se encaixar, evoluindo para um vale em V, como um divisor de drenagem.

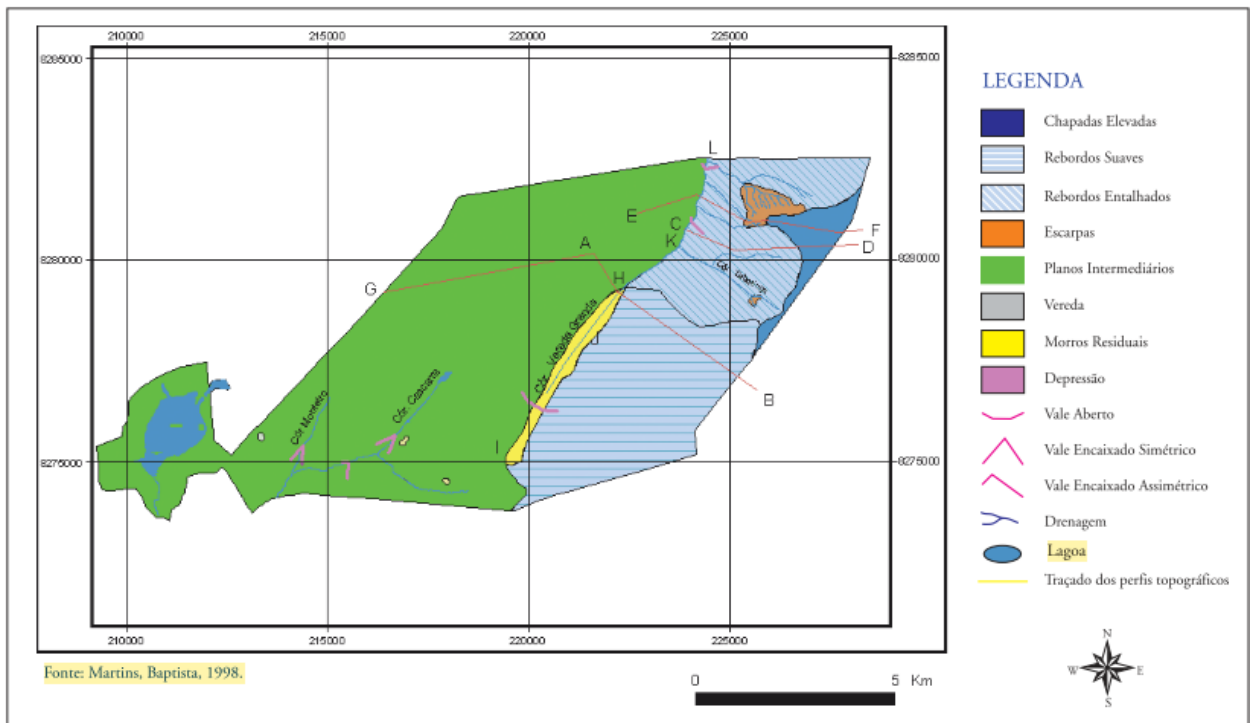
Os **morros residuais** ocorrem nas proximidades do Córrego Cascarra, onde afloram quartzitos (R4), associados a cambissolos e Neossolos Litólicos.

As **veredas** são espaços brejosos, locais de cabeceira de cursos d'água com formação de nascentes difusas. Nele, são encontradas plantas em solos hidromórficos, como a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (buriti emergente, sem formar dossel) (BRASIL, 2012).

Na ESEC-AE essas formações são abundantes. Tais espaços se caracterizam como uma unidade geomorfológica de vale aberto de fundo chato, que representa o limite dos rebordos suaves e planos intermediários.

Ocorre a altitudes de 1.032 m (ponto mais alto) até as proximidades de 1.025 m, ponto esse onde a drenagem se concentra e se canaliza em vale encaixado assimétrico (controle estrutural) no sentido do Córrego Vereda Grande (N) e simétrico no sentido do Córrego Fumal (SE). Nesse contexto, o Vale da Vereda se comporta como divisor de drenagens de fluxos opostos que tende, por processo de erosão regressiva, chegar ao fenômeno de captura de drenagem (NASCIMENTO, 2008, p.138).

Figura 10 – Mapa de feições geomorfológicas



Fonte: Martins e Baptista (1998) *apud* Nascimento (2008).

4.5 SOLOS E VEGETAÇÃO

Lacerda (2008) propôs um mapa de pedoformas para a ESEC-AE, tendo como base o levantamento pedológico em escala 1:100.000, elaborado pelo Serviço Nacional de Levantamento de Solos (EMBRAPA, 1978). Queiroz (2015) utilizou essas informações para refinar o mapeamento pedológico local, reconhecendo mais duas classes de solos ainda não registradas: o paleogleissolo e o latossolo amarelo (Figura 11).

Segundo Queiroz (2015), grande parte dos solos da ESEC-AE foram submetidos a processo de hidromorfismo, devido aos ambientes redutores das áreas úmidas. Porém com um longo período de estiagem (holoceno), houve o rebaixamento da lâmina d'água, ocasionando mudanças que ficaram registradas na formação dos solos. Na alteração do ambiente, os solos passaram por um processo de oxidação, evoluindo do Gleissolos para o Paleogleissolo, passando pelo Latossolo Amarelo e, depois, para Latossolos Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho, em seu estágio final. De acordo com a autora, a presença dessa sequência de solos é evidência de uma redução progressiva das áreas úmidas na ESEC-AE.

Lacerda (2008) faz uma descrição dos solos presentes na ESEC-AE:

Os Latossolos Vermelhos ocupam a maior parte da área, perfazendo 38% dela (Figura 11). Trata-se de solos profundos, de cor predominantemente bruno-avermelhada escura, apresentam intemperização intensa, com concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. A vegetação associada é a dos cerrados *stricto sensu* e campos, que abrangem as áreas de relevo plano a suavemente ondulado (LACERDA, 2008; EMBRAPA, 2018).

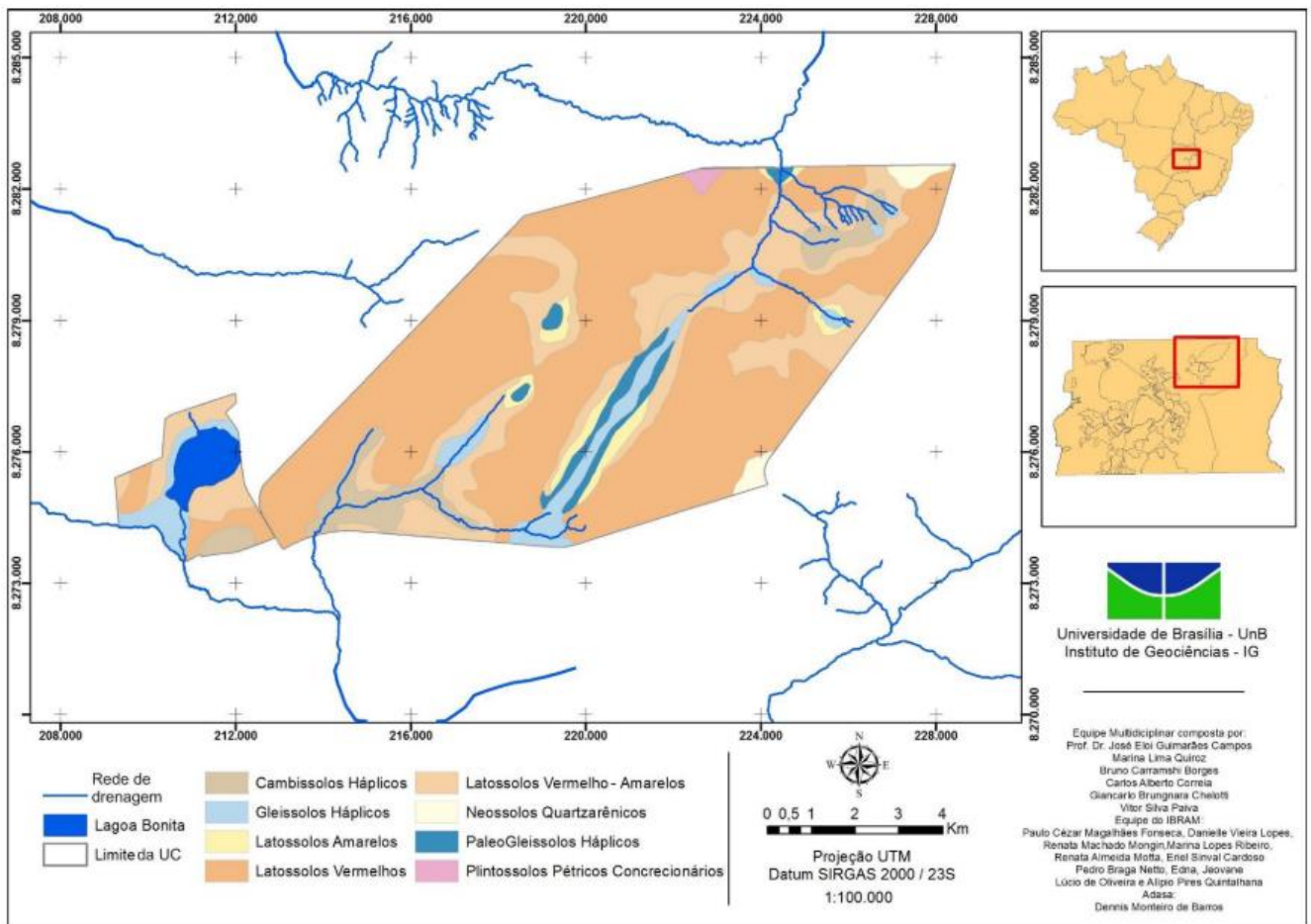
Os Latossolos Vermelho-Amarelos apresentam uma coloração vermelho-amarelada, decorrente do predomínio da goethita (FeOOH) em relação à hematita. Esses compostos ocorrem associados aos latossolos vermelhos e ocupam as superfícies aplainadas, com declividade ligeiramente maior que a de ocorrência dos Latossolos Vermelhos. O cerrado *stricto sensu*, associado aos campos limpos e sujos, é a vegetação predominante nesses solos.

Os Cambissolos, de cor bruno a bruno amarelada, juntamente com os neossolos, são solos rasos e pouco estruturados. Esse tipo de solo ocorre associado aos campos e campos rupestres.

Os Gleissolos estão associados às áreas úmidas, e ocorrem em ambientes redutores, proporcionados pela característica de alagamento dos solos durante uma boa parte do ano. Essa variedade está associada aos vales de veredas, campos de murundus e campos úmidos.

Os Neossolos Quartzarênicos ocorrem na porção leste da área de estudo. Trata-se de solos arenosos, pobres em nutrientes e com alta susceptibilidade a processos erosivos. Sua composição é rica em sílica e derivada do substrato constituído pelos quartzitos das unidades Q3 (Quartzitos Médios) e R3 (Metarritmito Arenoso). Esse tipo de solo ocorre associado ao cerrado e a campos que preservam a sua estabilidade e fornecem nutrientes, por meio da formação de serrapilheira.

Figura 11 - Mapa de solos

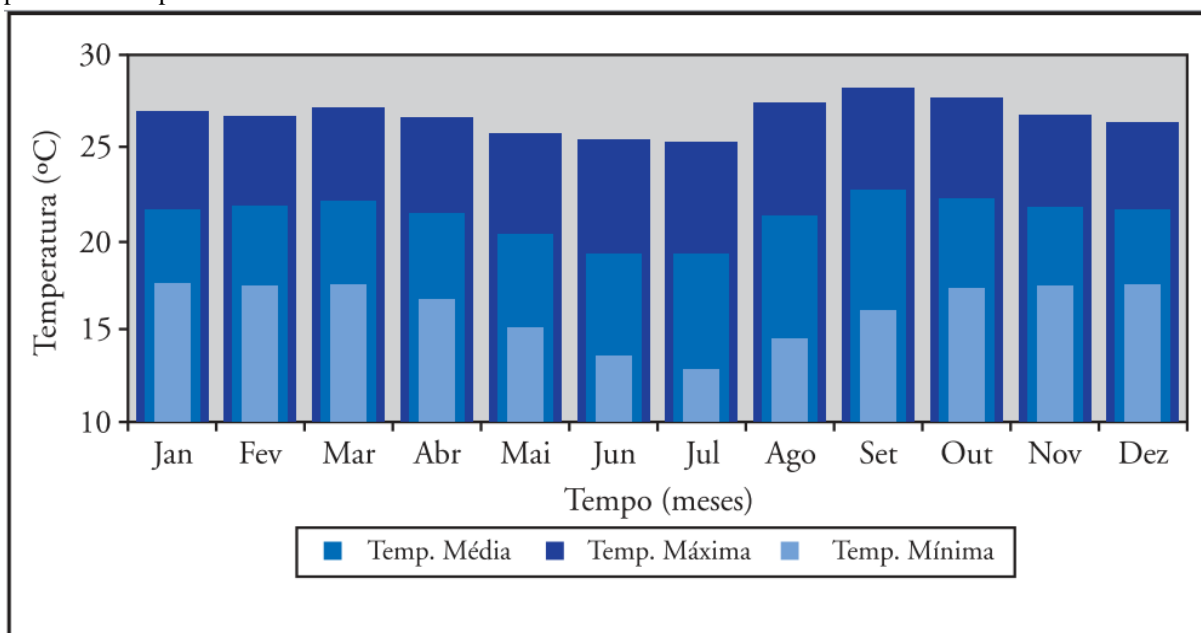


Fonte: Queiroz, 2015.

4.6 CLIMA

O Distrito Federal apresenta, de acordo com as diretrizes de Köppen-Geiger, um clima tipo Aw, definido como tropical com estação seca no inverno. Há duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril), outra seca (maio a setembro) (CARDOSO, MARCUZZO e BARROS, 2014). Os meses mais frios são junho e julho, e os mais quentes são setembro e outubro, como pode ser visualizado na Figura 12, que mostra a média das temperaturas mínimas, médias e máximas do período entre 1972 e 1992, obtidas com a estação Brasília, operada pelo Inmet (MAIA e BAPTISTA, 2008).

Figura 12 - Média da variação sazonal das temperaturas mínima, média e máxima da Estação Brasília operada pelo Inmet no período de 1972 a 1992.

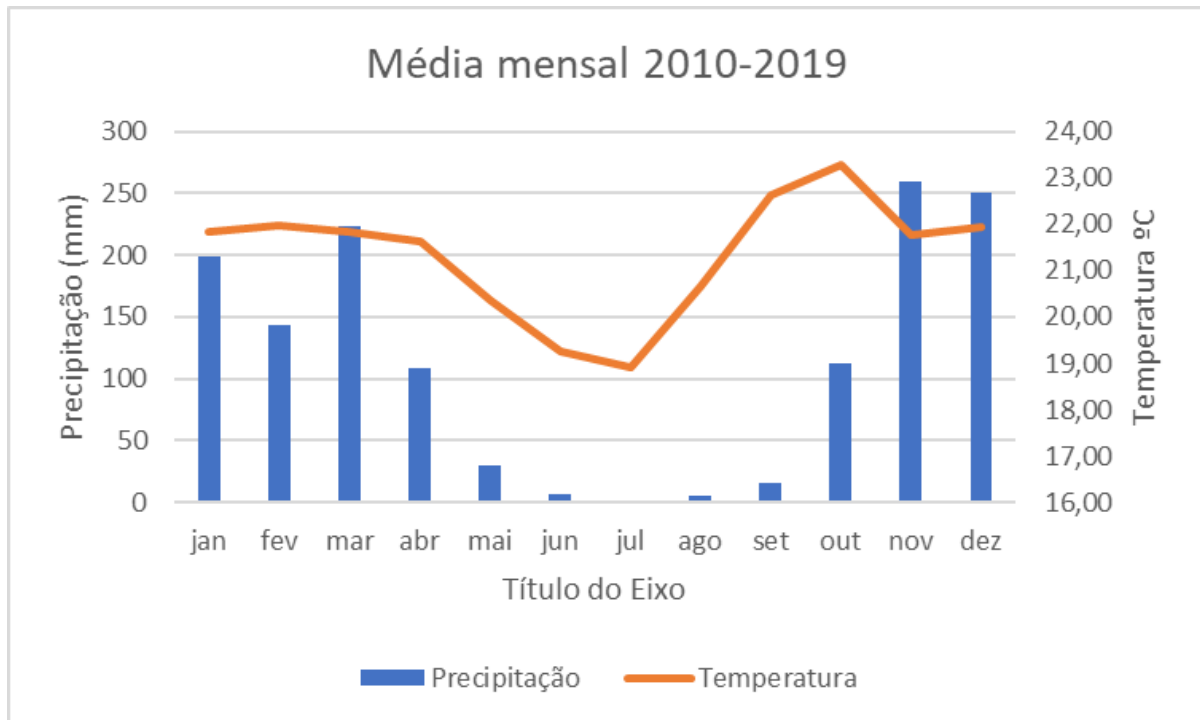


Fonte: Maia e Baptista (2008).

De acordo com as médias mensais de precipitação e temperatura no período de 2010 a 2019, obtidos com a estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), localizada na ESEC-AE (latitude 15.596491, longitude - 47.625801), foi possível observar que o período mais frio vai de maio a agosto, com temperaturas médias de 19,8 °C, sendo junho e julho os meses mais frios. O período de temperaturas médias mais altas vai de setembro a abril, e os meses de setembro e outubro são os mais quentes (Figura 13). Observa-se que setembro é um mês seco e quente, diferentemente dos demais meses secos, que são frios.

Em média, o período seco vai de maio a setembro, sendo julho o mês mais seco no período analisado. No período seco, chove, em média, 58,38 mm e, no chuvoso, 1298 mm; verifica-se que, de outubro a abril, chove o equivalente a 96% da chuva média anual.

Figura 13 – Média mensal das precipitações e temperaturas no período de 2010 a 2019.



Fonte: Inmet, 2020.

4.7 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A ESEC-AE, por ser uma unidade de conservação, apresenta dentro da sua poligonal, maior parte da área preservada, com vegetação nativa que vai do cerrado *stricto sensu* aos campos, veredas e matas de galeria. Na parte situada ao redor da lagoa, verifica-se uma área que era formada por pasto e, atualmente, sem a presença dos rebanhos, encontra-se em processo de recuperação natural. Na microbacia do Córrego Fumal, ainda há presença de Chácara com área de pasto e agricultura que drenam para o corpo hídrico (Figura 14).

Já o Ribeirão Vereda Grande e o Serrinha encontram-se mais no centro da Estação Ecológica, cercados por áreas de cerrado e mata nativa.

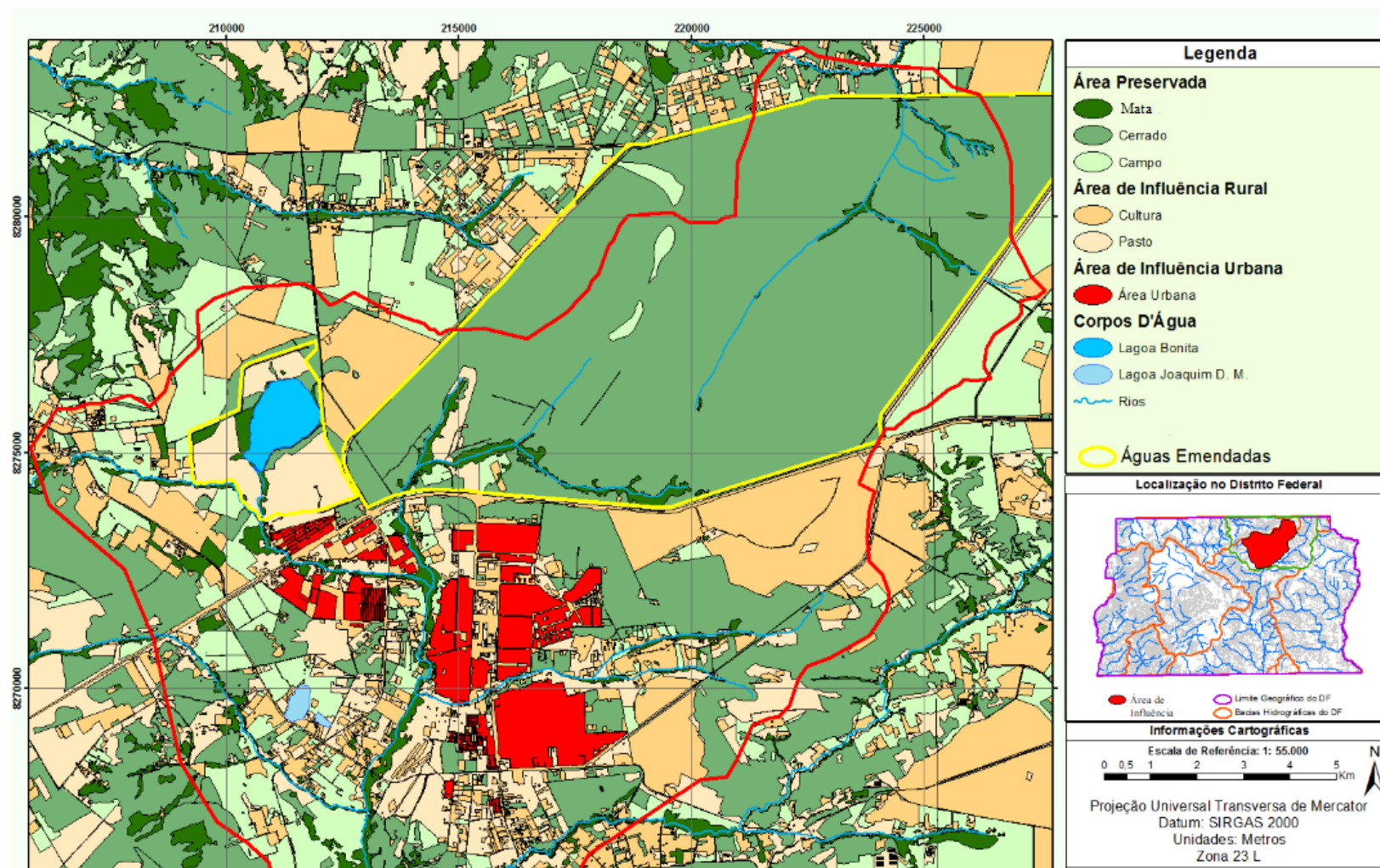
A microbacia do Sarandi drena uma área rural, assim como uma parte da microbacia da lagoa.

A microbacia do Fumal drena uma parte da área urbana e rural fora dos limites da ESEC-AE. O Córrego Brejinho localiza-se próximo à rodovia pavimentada BR-020.

Fora dos limites da área protegida, a unidade é toda cercada por vias pavimentadas e não pavimentadas. A BR-020, uma via pavimentada de grande movimentação, pode ser um foco de contaminação.

A área de amortecimento da Unidade é formada por chácaras, com presença de áreas cultivadas e pastagens, e, ainda, por uma parte com área urbana, na porção centro sul, representada pela região administrativa de Planaltina.

Figura 14 - Mapa de Uso e Ocupação do solo.



Fonte: Portela (2013).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 O MONITORAMENTO NA ESEC-AE

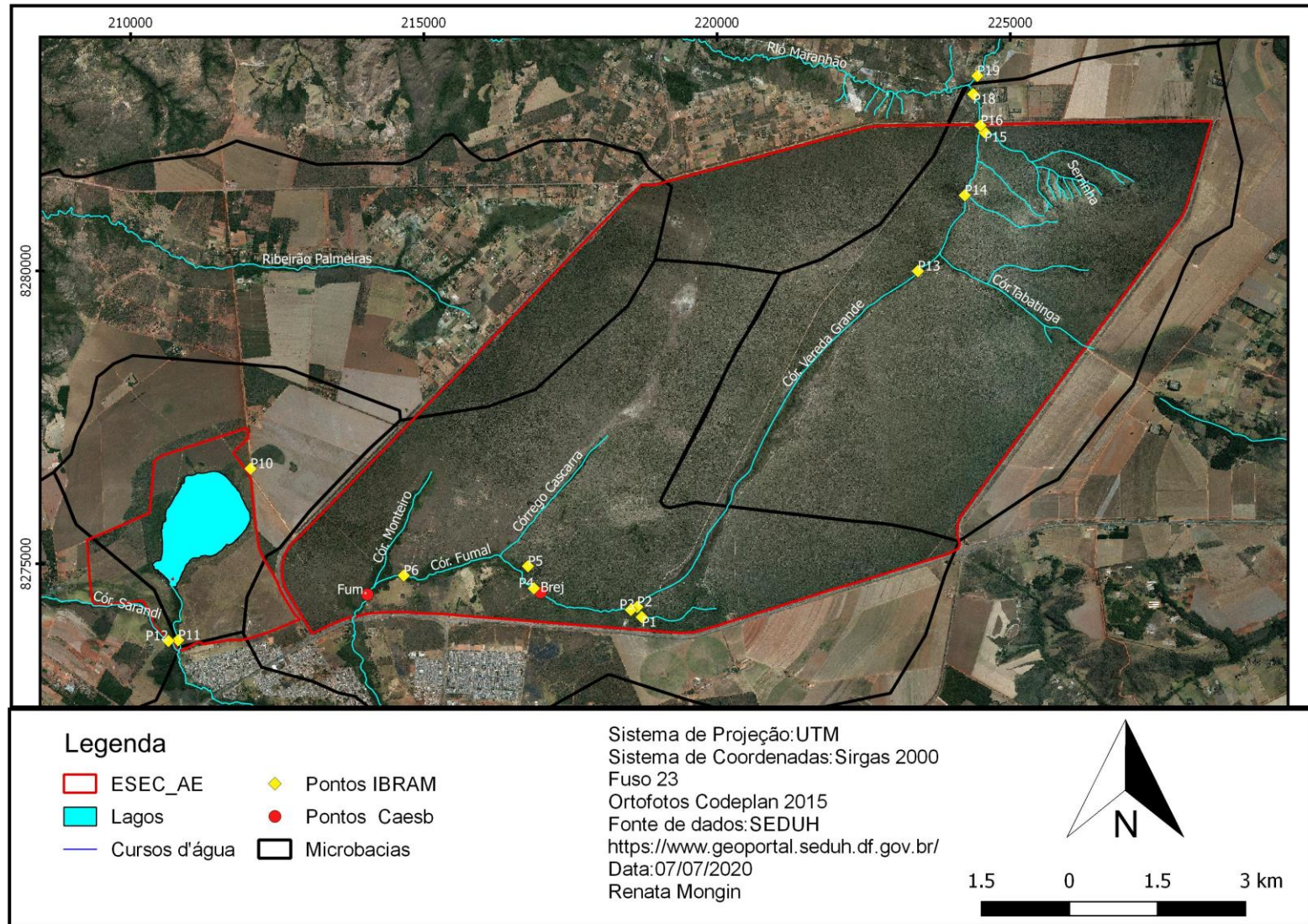
Neste trabalho, foram analisados dados dos monitoramentos sistemáticos do IBRAM (2012 - 2018), da CAESB (2010 – 2019) e dados complementares coletados em outubro de 2019. Todos realizados dentro dos limites e nas proximidades da ESEC-AE.

O Instituto Brasília Ambiental - IBRAM é a autarquia executora da política de meio ambiente e recursos hídricos do Distrito Federal e gestora das unidades de conservação distritais no âmbito do Distrito Federal. A Estação Ecológica Águas Emendadas - ESEC-AE é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral sob a gestão desse instituto.

O monitoramento qualitativo do IBRAM era executado em 15 locais de amostragem (Tabela 4). Os pontos abrangem as quatro microbacias da ESEC-AE, incluindo a bacia do alto Rio Maranhão. Seis pontos estão localizados na microbacia do Córrego Fumal, divididos em cinco pontos no Córrego Brejinho, denominados P1 a P5, e há um ponto no Córrego Fumal, denominado P6. Estão dispostos mais cinco pontos na microbacia do Vereda Grande, incluindo os Córregos Vereda Grande (P13, P14, P15 e P18) e Serrinha (P16). Há dois pontos na microbacia da lagoa Bonita, sendo P10 a montante da lagoa e P11 a jusante. Um ponto na microbacia do Sarandi (P12) e o ponto denominado P19, localizado na bacia do Rio Maranhão (Figura 15).

O monitoramento realizado pela CAESB se restringe a dois pontos (tabela 4), concentrados nas duas captações, localizadas na microbacia do Córrego Fumal, sendo um ponto no Córrego Brejinho e outro no Córrego Fumal (Figura 15).

Figura 15 – Mapa de localização dos pontos de Amostragem.



Fonte: da autora (2020).

Tabela 4 - Localização dos Pontos de Amostragem

Ponto	Microbacia	Curso D'Água	Coordenadas UTM
P1	Fumal	Brejinho	X:218576 Y:8274240
P2	Fumal	Brejinho	X:218551 Y:8274277
P3	Fumal	Brejinho	X:218499 Y:8274269
P4	Fumal	Brejinho	X:216809 Y:8274609
P5	Fumal	Afluente Brejinho	X:216562 Y:8274923
P6	Fumal	Fumal	X:214653 Y:8274814
P10	Lagoa	Montante lagoa	X:212043 Y:8276623
P11	Lagoa	Jus. Lagoa Bonita	X:210750 Y:8273529
P12	Sarandi	Sarandi	X:210718 Y:8273557
P13	Vereda Grande	Vereda Grande	X:223353 Y:8280014
P14	Vereda Grande	Vereda Grande	X:224179 Y:8281302
P15	Vereda Grande	Vereda Grande	X:224411 Y:8282397
P16	Vereda Grande	Serrinha	X:224474 Y:8282415
P18	Vereda Grande	Vereda Grande	X:224228 Y:8283184
P19	Maranhão	Maranhão	X:224219 Y:8283220
C. Brejinho	Fumal	Brejinho	X:216972 Y:8274527
C. Fumal	Fumal	Fumal	X:214033 Y:8274401

Fonte: da autora (2020).

C. Brejinho e C. Fumal correspondem, respectivamente, aos pontos da CAESB na Captação do Brejinho e do Fumal.

O monitoramento complementar (outubro de 2019), foi executada pela autora, com apoio técnico, material e financeiro do Prof.Água e do laboratório de limnologia do Instituto de Ciências Biológicas - IB da UnB. As coletas abrangeram os mesmos pontos de monitoramento do IBRAM (P1-P19). Neste período não foram analisados os pontos P10, P13 e P14, visto que estavam secos na data da coleta complementar (Figuras:16a, 16b e 19b).

Figura 16 - a) Ponto 14 com o leito do Córrego Vereda Grande completamente seco; b) Ponto 13 Leito seco do Córrego Vereda Grande, em outubro de 2019.



a

b

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os pontos de amostragem localizam-se em meio à mata galeria, em geral, com margens preservadas pela vegetação nativa (Figura 17).

Figura 17 - a) Ponto de monitoramento no Córrego Fumal P6, b) Ponto P3 no Córrego Brejinho.



a

b

Fonte Acervo IBRAM, 2013.

Alguns locais de amostragem encontram-se próximos a pontes, como o P4, no Córrego Brejinho, o P16, no Serrinha e o P18, no Vereda Grande (Figura 18).

Figura 18 - a) Ponto 4 no Córrego Brejinho b) Ponto 18 no Vereda Grande.



a



b

Fonte: Acervo IBRAM, 2012.

O Ponto 10 se localiza a montante da Lagoa Bonita, as margens de estrada de terra, um local permitido para abastecimento de carros-pipa. Nesse ponto, eram visíveis manchas verdes ao fundo, um possível indício da presença de algas (Figura 19 a). Na coleta de água realizada em outubro de 2019, o ponto encontrava-se totalmente seco (Figura 19 b).

Figura 19 – a) Ponto 10 na microbacia da Lagoa Bonita em 2017; b) Ponto 10 em outubro de 2019 totalmente seco, detalhe da placa de autorização para abastecimento de caminhões pipa.



a



b

Fonte: a) Acervo IBRAM, 2017; b) Acervo pessoal da autora.

Note-se que, no Ponto cinco, localizado a 15 metros da nascente, era possível visualizar a água brotar em meio a fraturas do quartzito (Figura 20).

Figura 20 – Nascente no ponto de monitoramento P5, afloramento de quartzito onde ocorre a surgência das águas subterrâneas.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Parâmetros e Campanhas de monitoramento

As variáveis físico-químicas avaliadas foram: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), oxigênio dissolvido (OD), percentual de saturação de Oxigênio dissolvido (%), temperatura da água (T), amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e turbidez (Tur) (Tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros avaliados

Parâmetros	Unidade	ranger	resolução/LD*	Precisão/acurácia
Temperatura	°C	5 - 60	0,01	± 0,15
Condutividade	μS/cm	Quatro eletrodos de níquel permitem determinar com precisão a condutividade e sólidos		
Sólidos Dissolvidos	mg/l			
OD	mg/l	0 - 100		
OD	%	0 - 100	1	
Amônio	mg/l	0 - 200	0,01	± 10% ou 2mg/l
Nitrato	mg/l	0 - 200	0,01	± 10% ou 2mg/l
Turbidez	UNT	0 - 1000	0,1	
pH		0 - 14	0,01	

*LD – Limite de detecção.

Fonte: Autor

Os dados eram obtidos em tempo real, por análise realizada através de sonda multiparâmetros da marca YSI modelo 6600 V2-2 (Figura 21a).

Antes das campanhas de monitoramento, a equipe do IBRAM realizava a calibração dos sensores da sonda conforme as normas previstas no manual do equipamento, com a utilização das respectivas soluções-padrão.

O monitoramento do IBRAM foi realizado no período de 2012 a 2018. Porém, devido a problemas operacionais e financeiros da instituição, existem dados abrangendo todos os parâmetros apenas no período de 2012 a 2015. Após essa data, os sensores da sonda apresentaram vários problemas e, por conta disso, no período de 2016 a 2018, faltam dados de OD, turbidez, condutividade e nutrientes. Portanto, as análises estatísticas multivariadas foram realizadas com os dados referentes ao período de 2012 a 2015, coletados em nove campanhas que abrangeram os períodos secos e chuvosos (Tabela 6).

Já no caso das análises estatísticas descritivas, a avaliação de cada parâmetro é feita separadamente. Assim sendo, foi possível aplicar essa técnica considerando todo o período de monitoramento, a saber, de 2012 a 2019.

Tabela 6 – Campanhas de amostragem período 2012 a 2019

Campanha	Período	Estação	Campanha	Período	Estação
1	20/07/2012 a 09/08/2012	Seca e fria	9	03/03/2015 a 17/04/2015	Chuvosa e quente
2	25/09/2012 a 04/10/2012	Chuvosa e quente	10	18/11/2016 a 23/11/2016	Chuvosa e quente
3	01/04/2013 a 08/04/2013	Chuvosa e quente	11	08/02/2017	Chuvosa e quente
4	19/06/2013 a 19/07/2013	Seca e fria	12	29/06/2017	Seca e fria
5	05/09/2013 a 17/09/2013	Seca e quente	13	09/08/2017 a 25/08/2017	Seca e fria
6	26/11/2013 a 11/12/2013	Chuvosa e quente	14	17/08/2018 a 06/09/2018	Seca e fria
7	20/03/2014 a 02/04/2014	Chuvosa e quente	15*	20/10/2019 a 22/10/2019	Chuvosa e quente
8	03/06/2014 a 18/06/2014	Seca e fria			

Fonte: da autora (2020).

Os dados da base do IBRAM abrangeram da 1^o a 14^o campanha.

A 15^a campanha, corresponde ao monitoramento complementar, realizado em outubro de 2019, com apoio técnico, material e financeiro do Prof.Água e do laboratório de limnologia do IB da UnB. As coletas foram realizadas nos mesmos pontos da rede de monitoramento do

IBRAM. Os dados foram obtidos, por meio de sonda para os parâmetros: temperatura, OD e condutividade. Para turbidez e pH, foram utilizados o turbidímetro e o pHmetro de bancada do laboratório de limnologia do IB da UnB. As amostras para análise em laboratório foram coletadas em frascos de polietileno (Figura 21b). A coleta foi realizada a meia profundidade e posicionada contra a correnteza. Ademais, as duas primeiras amostras eram descartadas, para ambientação dos frascos. As garrafas foram mantidas refrigeradas em caixa térmica com gelo até a chegada ao laboratório.

Os dados colhidos foram utilizados na análise estatística descritiva, a fim de complementar a série de dados até o ano de 2019.

Figura 21 - a) Sonda multiparâmetros utilizada para obter os dados do monitoramento realizado pelo IBRAM. b) garrafa de polietileno utilizada para coleta das amostras que foram analisadas em laboratório.



a



b

Fonte: a) Acervo IBRAM; b) Acervo pessoal da autora.

O monitoramento da CAESB, por sua vez, possui dados bimestrais sempre nos meses de fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro.

Foram solicitados os mesmos parâmetros avaliados pelo IBRAM para a CAESB, salvo o acréscimo do parâmetro *Escherichia Coli* (*E-coli*). Essa variável foi adicionada, pois está entre os parâmetros prioritários definidos na Resolução do CRH/DF nº 2 de 2015.

5.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram estruturados em tabelas no *software Excel*. As informações foram organizadas por microbacia hidrográfica.

Alguns dos dados brutos apresentavam valores abaixo do Limite de detecção (LD) e, em outros casos, havia alguns valores sem determinação. Os dados abaixo do limite de detecção foram substituídos pelo valor de detecção e os dados ausentes foram substituídos pela média, para os dados paramétricos ou mediana (não paramétricos), seguindo a mesma metodologia adotada por Alves et al. (2018), Trindade (2013) e Souza (2009).

Dados discrepantes, como pH abaixo de 4,0 (Anexo 1), foram substituídos pela média de cada ponto, seguindo a mesma lógica adotada por Souza (2009).

Ressalta-se que essa metodologia foi aplicada apenas quando as lacunas representavam menos de 20% dos dados.

O preenchimento das lacunas sem informação foi aplicado, para o monitoramento do IBRAM, no período de 2012 a 2015, visto que seria necessário dispor da série completa para realizar a ACP.

Os dados da CAESB receberam o mesmo tratamento para todo o período de 2010 a 2019. Na tabela dessa instituição, foram desconsiderados os dados de NH_4^+ e NO_3^- , que estavam abaixo do limite de detecção, visto que representavam mais de 20% dos dados.

Os dados tratados foram organizados em planilhas, que continham o conjunto completo de dados, e separados por microbacias. Essa configuração possibilitou analisar as propriedades de cada microbacia.

Os dados da CAESB foram mantidos em planilhas separadas. Ademais, as análises estatísticas foram executadas utilizando o *software Statistic*, versão 10.

5.3 ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS

A metodologia de análise estatística multivariada por componentes principais é um método de integração de dados ambientais, no qual muitas variáveis e amostras podem ser avaliadas de forma conjunta (BERNADI et al., 2009). Nos cursos d'água, onde diversas variáveis podem se correlacionar, é possível identificar as que melhor expressam as características locais. Isso porque essa metodologia consegue transformar um conjunto de variáveis em CPs ortogonais (não correlacionáveis).

As Componentes Principais - CPs são estruturadas em ordem decrescente de importância, de modo que a primeira componente represente a maior parte da variabilidade (SINGH et al., 2004). A quantidade de variação explicada por uma componente representa seu autovalor (*eigenvalue*) (Kaiser, 1960 apud Aris et al. 2013 p. 236).

Cada variável apresenta uma carga (*loading*) que retrata a sua contribuição na formação da CP. Dessa forma, os maiores valores de carga identificam as que melhor expressam a variabilidade em cada componente (HUA; KUSIN; PRAVEENA, 2016).

Cada caso (amostra) apresenta uma pontuação (*score*) em relação a cada CP, que é obtido pela multiplicação da matriz dos autovetores (cargas) pela matriz original (BERNADI et al., 2009). Estas podem ser visualizadas num diagrama de dispersão, onde os eixos são as CP. Esse diagrama é usado para verificar se existem grupos de amostras que apresentam características semelhantes.

A pontuação pode ser explicada pela fórmula:

$$Z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + \dots + a_{in}x_{nj}$$

Onde “Z” é a pontuação (*score*) do ponto para uma CP; “a” é a carga da componente e “x” é o valor medido da variável; “i” é o número da componente, “j” é o número da amostra e “n” é o número total de variáveis (KASSIM et al., 2015; HUA; KUSIM; PRAVEENA, 2016).

A ACP foi aplicada aos dados referentes ao monitoramento do IBRAM, compreendendo o período de 2012 a 2015. No primeiro momento, deu-se a aplicação em todo o conjunto de dados, com o objetivo de observar as características gerais e identificar a formação de grupos nos pontos de amostragem.

Na segunda etapa, foram analisadas separadamente as microbacias do Fumal e Vereda Grande, de forma a observar as principais características de cada microbacia e possibilitar a visualização, com mais detalhes, da formação de grupos nos casos. A análise foi executada nas microbacias onde há um maior número de pontos, com o objetivo de detectar particularidades dentro das microbacias que poderiam não ter sido detectadas na análise conjunta dos dados. Esse procedimento foi feito conforme Juahir et al. (2010) e Hua, Kusin e Praveena (2016), que executaram a ACP separadamente em cada grupamento com características distintas identificadas.

As cargas foram os métodos utilizados para fazer a correlação com as informações das características locais, a fim de selecionar as variáveis que melhor representam a variabilidade dos dados. Os diagramas de dispersão foram utilizados para identificar os pontos que poderiam ser agrupados, sem acarretar perda de informação. O diagrama com a projeção das

variáveis na CP foi aplicado de forma complementar, com o propósito de ratificar a informação obtida.

Na análise da microbacia do Vereda Grande, os dados do período seco foram sinalizados por uma coloração vermelha nos diagramas de dispersão. Essa caracterização teve o intuito de facilitar a observação do comportamento dos casos, visto que essa foi a única microbacia em que houve distinção de grupos, devido à sazonalidade climática.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva foi utilizada para organizar, descrever e conhecer o comportamento dos parâmetros analisados em cada microbacia e nos pontos que formaram agrupamentos distintos na ACP.

Assinala-se que a Estatística descritiva é útil para organizar e dar uma visão geral dos dados. Na organização das planilhas para a aplicação da técnica, foram levadas em consideração as características do meio, ou seja, a divisão dos pontos em microbacia e os grupos formados pela ACP.

Na ACP que envolveu todas as bacias, foram identificadas subdivisões dentro das bacias que foram consideradas para a análise descritiva. Por outro lado, houve bacias que foram agrupadas (Vereda Grande e Brejinho) e, nesse caso, os pontos foram analisados separadamente por microbacia. Portanto, para a bacia do Fumal, foram individualizados o Ponto 5, o Ponto 6 e os pontos 1, 2, 3 e 4, de forma agrupada. Na bacia do Vereda Grande, todos os pontos foram analisados conjuntamente. Na bacia da Lagoa, os pontos 10 e 11 foram analisados separadamente, devido ao resultado da ACP.

No segundo momento, a análise descritiva foi aplicada nos grupos formados pela ACP, que foi realizada de forma individualizada nas microbacia do Fumal e do Vereda Grande.

Para avaliar o comportamento dos parâmetros estudados, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, cuja função é verificar se os histogramas possuem distribuição normal ($p > 0,05$) ou ordinária ($p < 0,05$). Os parâmetros pH e temperatura apresentaram distribuição paramétrica (normal) e todos os demais, não paramétrica.

Nos parâmetros com distribuição paramétrica os dados, estão apresentados como média e desvio padrão. Para os dados com distribuição não paramétrica, foi usada a mediana, bem como os valores máximo e mínimo.

Na análise estatística descritiva, foi possível usar todo o período de monitoramento, compreendido entre 2012 e 2018, realizado pelo IBRAM, os dados do monitoramento complementar de 2019 e os dados da CAESB de 2010 a 2019.

Para finalizar, foi realizada uma comparação entre os resultados do IBRAM e da CAESB no Córrego Brejinho, visto que o Ponto 4 de monitoramento do IBRAM tem localização praticamente coincidente com o ponto da CAESB no Brejinho.

Os resultados do monitoramento realizado pela CAESB nos Córrego Brejinho e Fumal foram comparados, a fim de verificar, ratificar e complementar as informações sobre as características das águas.

Para verificar a influência da sazonalidade climática na variabilidade dos dados no período de estudo 2010-2019, foi realizada uma análise das medianas mensais dos parâmetros turbidez, *E-coli* e condutividade. Os parâmetros foram selecionados por apresentarem um desvio padrão relativamente elevado. Ressalta-se que não foi possível esta análise nos dados do IBRAM visto a irregularidade nos meses de coleta e ao período amostral menor.

5.5 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA REDE MÍNIMA DE MONITORAMENTO DA ESEC-AE

A metodologia seguiu os seguintes passos: tratamento dos dados e separação das tabelas que contém todo o conjunto dos dados e por microbacia hidrográfica. A tabela completa com os dados do IBRAM de 2012 a 2015 foi processada pela ACP. Além das microbacias, os grupos identificados na ACP também foram individualizados em tabelas próprias, para possibilitar a aplicação da estatística descritiva. O procedimento foi repetido nas microbacias do Vereda Grande e do Fumal. Ressalta-se que a análise descritiva pode ser executada de modo a abranger todo o período de amostragem (2012 a 2019). Destaca-se que o monitoramento de outubro de 2019 foi realizado no laboratório do IB com apoio do Profágua de forma a complementar o período de monitoramento.

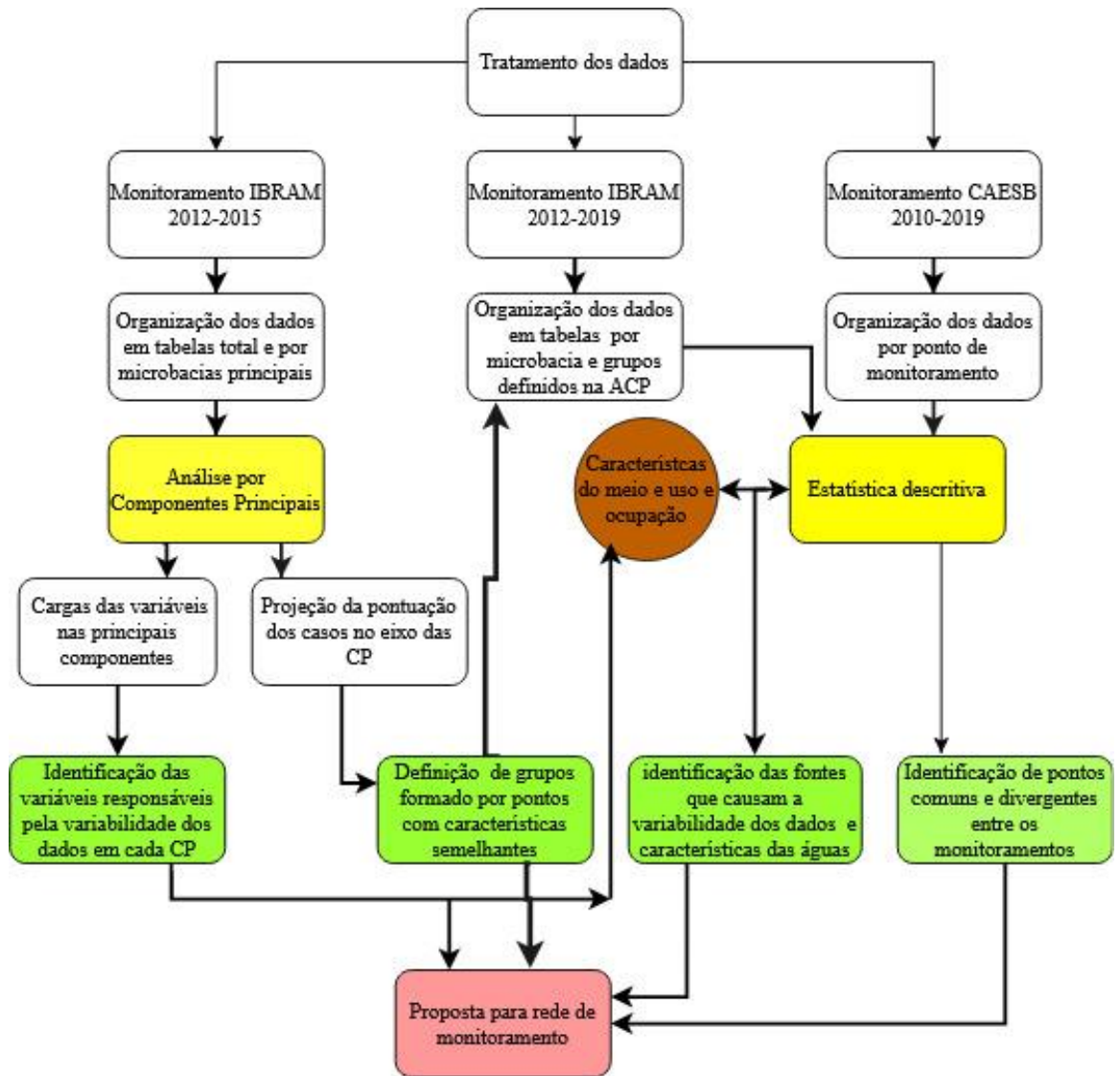
Com os resultados obtidos pela ACP com projeção da pontuação dos casos nos eixos das duas principais componentes, foi possível reduzir os pontos de monitoramento.

Os resultados obtidos pela ACP, por meio dos pesos das variáveis, e as análises descritivas, em conjunto com a observação das características do meio, possibilitaram pontuar as fontes que causam a variabilidade dos dados da qualidade da água e as variáveis que melhor as identificam. Além disso, foi possível verificar as características das águas.

A análise descritiva dos dados da CAESB permitiu confirmar as características das águas e observar possíveis divergências entre os dois monitoramentos sistemáticos existentes. Ademais, facultou avaliar a E-coli, não presente no monitoramento do IBRAM, mas considerada como essencial na resolução que trata do enquadramento das águas no Distrito Federal.

Finalmente, foi possível propor ajustes para a rede de monitoramento local. A Figura 22 resume o fluxo da metodologia aplicada.

Figura 22 - Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: da autora (2020).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS QUE FORMAM A ESEC-AE

Com objetivo de conhecer as características das águas e entender os fatores que determinam a variabilidade dos dados, bem como indicar as variáveis que melhor representam essas variações e agrupar os pontos que apresentem características semelhantes, foram realizadas as análises estatísticas descritivas e ACP. Os dados utilizados correspondem ao conjunto de 15 pontos do monitoramento do IBRAM e abrangem as cinco microbacias que compõem a ESEC-AE.

6.1.1 Estatística Descritiva

Para verificar as características das microbacias e subdivisões identificados na ACP, além de organizar a informação originada dos dados do monitoramento realizado na ESEC-AE no período de 2012 a 2019, foi utilizada a estatística descritiva. Os resultados estão resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Análise estatística descritiva dos dados do monitoramento nas microbacias da ESEC-AE.

Bacias\ Parâmetros	Brejinho (1,2,3 4)	Brejinho (P5)	Fumal (P6)	Vereda Grande (P13-18)	Lagoa (P11)	Lagoa (P10)	Maranhão (P19)	Sarandi (P12)
M. Temp. (°C)	20,73± 1,19	23,36 ± 0,64	21,07 ± 1,58	20,00 ± 1,38	21,10 ± 2,62	21,89 ± 2,09	22,32 ± 1,92	21,11± 1,28
M. pH	5,51 ± 0,78	6,61 ± 0,34	6,85 ± 0,30	5,22 ± 0,91	5,78 ± 0,78	5,90 ± 0,77	5,85 ± 0,38	5,48 ± 0,38
Cond. (µs/cm)	4,00 ± 1,46	108,00 ±6,66	68,00 ± 10,79	3,00 ± 1,70	5,00± 1,24	6,00 ± 2,29	6,00 ± 1,01	6,50 ± 0,90
STD (mg/l)	3,00 ± 1,90	72,00 ±5,56	47,00 ±7,70	2,00 ± 1,69	3,00 ± 1,92	4,05 ± 1,37	4,00 ± 0,83	4,60 ± 0,67
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,17 ± 3,25	0,63 ± 0,64	0,45 ± 1,03	0,31 ± 1,31	0,18 ± 0,67	0,25 ± 14,08	0,21 ± 1,10	0,55 ± 0,38
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,42 ± 4,43	0,57 ± 4,4	2,05 ± 7,66	0,92 ± 1,22	2,12 ± 1,77	0,07 ± 1,47	2,86 ± 2,76	2,07 ± 1,26
Turb. (UNT)	1,96 ± 3,18	2,30 ± 2,75	4,70 ± 10,07	2,78 ± 4,96	2,58 ± 2,50	1,30 ± 0,76	6,27± 13,00	12,01± 10,94
OD (%sat)	81,70± 5,19	50,05 ± 5,83	79,68 ± 2,14	87,90 ± 4,96	81,63 ± 11,68	51,34 ± 7,01	86,05 ± 2,20	82,00 ± 1,96
OD (mg/L)	7,43 ± 0,52	4,26 ± 0,51	7,63 ± 0,29	7,81 ± 0,80	7,06± 0,93	4,71 ± 0,58	7,85± 0,33	7,19 ± 0,34

Os dados representam a média para pH e temperatura ± o desvio padrão. E, para os demais parâmetros, tem-se a mediana± o desvio padrão. Fonte: da autora (2020).

O Brejinho (Pontos 1, 2, 3 e 4) apresenta característica de áreas preservadas, com pH e condutividade baixos e a turbidez que, além de baixa, apresenta pouca variação ao longo do tempo, o que é demonstrado pelo valor pequeno do desvio padrão. Essas características indicam que a Unidade de Conservação tem executado a função de reduzir a erosão e o aporte de sedimentos no curso d'água. Porém, um estudo de Portela (2013), ao analisar um ponto tributário do Córrego Brejinho às margens da BR-020, evidenciou indícios de contaminação que foram representados por valores elevados de condutividade e STD.

O Ponto cinco apresenta águas mineralizadas, o que é percebido pela mediana elevada da condutividade e temperatura média mais alta que os demais grupos. Ressalta-se que o desvio padrão da média de temperatura apresenta um valor baixo (0,64), o que representa pouca variação em relação à sazonalidade. Esse ponto também exhibe a média de valores de OD mais baixa, o que corrobora a descrição de aporte de águas subterrâneas profundas. Ressalta-se que Portela (2013) evidenciou concentrações elevadas de condutividade, STD, K, HCO₃, Ca, Si e Mg em análises realizadas no mesmo corpo hídrico, corroborando os indícios de águas com contribuição de íons derivados dos calcários e dolomitos da unidade geológica psamo pelito carbonatada.

A Bacia do Vereda Grande apresenta as menores médias de pH, enquanto as medianas de OD são mais elevadas. Esses resultados são sinalizadores que a UC está atuando para manter as características naturais das águas. O pH baixo é condição natural no Cerrado, devido aos solos ácidos. A bacia do Vereda Grande é coberta por latossolos que vão do vermelho ao amarelo, os quais possuem como característica a acidez. O percentual alto de OD também é indicativo que as águas não estão sofrendo aporte significativo de matéria orgânica, pois isso acarretaria o consumo de OD.

Os Pontos 6 (Fumal), 12 (Sarandi) e 19 (Maranhão) apresentam as maiores medianas e desvio padrão para o parâmetro turbidez. Isso é um indicativo de que são áreas menos protegidas e sofrem maior interferência dos processos de transporte e deposição de sedimentos. O desvio padrão elevado é indício de que, em épocas chuvosas, a falta de proteção natural do solo acarreta um aumento significativo do carreamento de partículas para os corpos hídricos.

O Ponto 12 corresponde ao Córrego Sarandi. O curso d'água drena uma área ocupada por chácaras, sendo que esse tipo de ocupação do solo está relacionado aos valores mais elevados de turbidez.

A área de contribuição a montante do Ponto 6 (Córrego Fumal) apresenta uma porção compreendida por chácaras e uma área que drena a BR-020. Portanto, o uso e a ocupação estão influenciando as características da água, o que se reflete, nesse caso, no valor da turbidez mais elevado que a mediana dos pontos localizados no interior da UC.

A microbacia da Lagoa apresenta dois pontos que compuseram grupos distintos na ACP. O Ponto 10, localizado em região de nascente a montante da Lagoa, apresenta valores de OD baixos, o que pode ser devido ao aporte de águas subterrâneas ou ao consumo de OD por decomposição de matéria orgânica. O desvio padrão elevado para o parâmetro NH_4^+ indica que a área pode estar recebendo aporte de matéria orgânica em determinados períodos. Este ponto encontra-se fora da UC, ao lado da estrada de terra, e é um ponto de abastecimento de caminhões-pipa. Ademais, localiza-se a jusante de uma área rural que, conforme o mapa de uso (Figura 14), a ocupação é formada por pastagens e cultivos.

O Ponto 11, na bacia da Lagoa, distingue-se do Ponto 10 pelos valores menores da mediana e, especialmente, o desvio padrão do íon amônio, além da mediana de OD mais elevada.

Finalmente, ao relacionar os resultados com os valores de referência presentes na Resolução Conama 357/2005 para as classes de enquadramento dos corpos hídricos, verifica-se que, na maioria dos pontos, os parâmetros NH_4 , NO_3 , turbidez e OD, atendem aos limites estabelecidos para classe 1. O pH apresenta valores abaixo de 6, porém isso se deve à característica da região, que é reflexo dos solos ácidos. Os pontos 5 e 10 apresentam OD abaixo de 6mg/l , o que é justificado pelo aporte de água subterrânea. Contudo, no ponto P10, existe a possibilidade dos valores baixos de OD apresentarem causas antrópicas, o que caracterizaria as águas dentro dos limites da classe 2.

6.1.2 Análise por componentes principais do conjunto de microbacias que compõe a ESEC-AE

A ACP foi utilizada no conjunto de dados que contemplavam os nove parâmetros e abrangiam as quatro microbacias estudadas. Nessa análise, foram consideradas as nove campanhas de amostragem realizadas no período de 2012 a 2015.

A análise foi realizada tendo por base a matriz de 120 casos e nove parâmetros (Anexo 1). Assinala-se que os casos estavam divididos nos 15 pontos de amostragem.

Como resultado, obteve-se uma explicação de 78% da variação dos dados nas três primeiras componentes com autovalores maiores que 1. A primeira componente contribui com 49,17%, a segunda com 16,20% e a terceira com 12,77% (Tabela 8).

Os autovalores expressam a quantidade de variação explicada por cada componente. Autovalores maiores que 1 representam uma quantidade substancial de variação (JUAHIR et al., 2010; ARIS et al., 2013; RWOO et al., 2017; KHALIT et al., 2017; MUSTAPHA et al., 2013, 2014; MUSTAPHA; ARIS, 2012; VOZA et al., 2015; VOZA; VUKOVIĆ, 2018; ITICESCU et al., 2016, 2019; DAOU et al., 2018).

Tabela 8 - Autovalores (*eigenvalues*) e percentual de variância individual e cumulativo das quatro primeiras componentes referente aos dados do monitoramento das cinco microbacias da ESEC-AE.

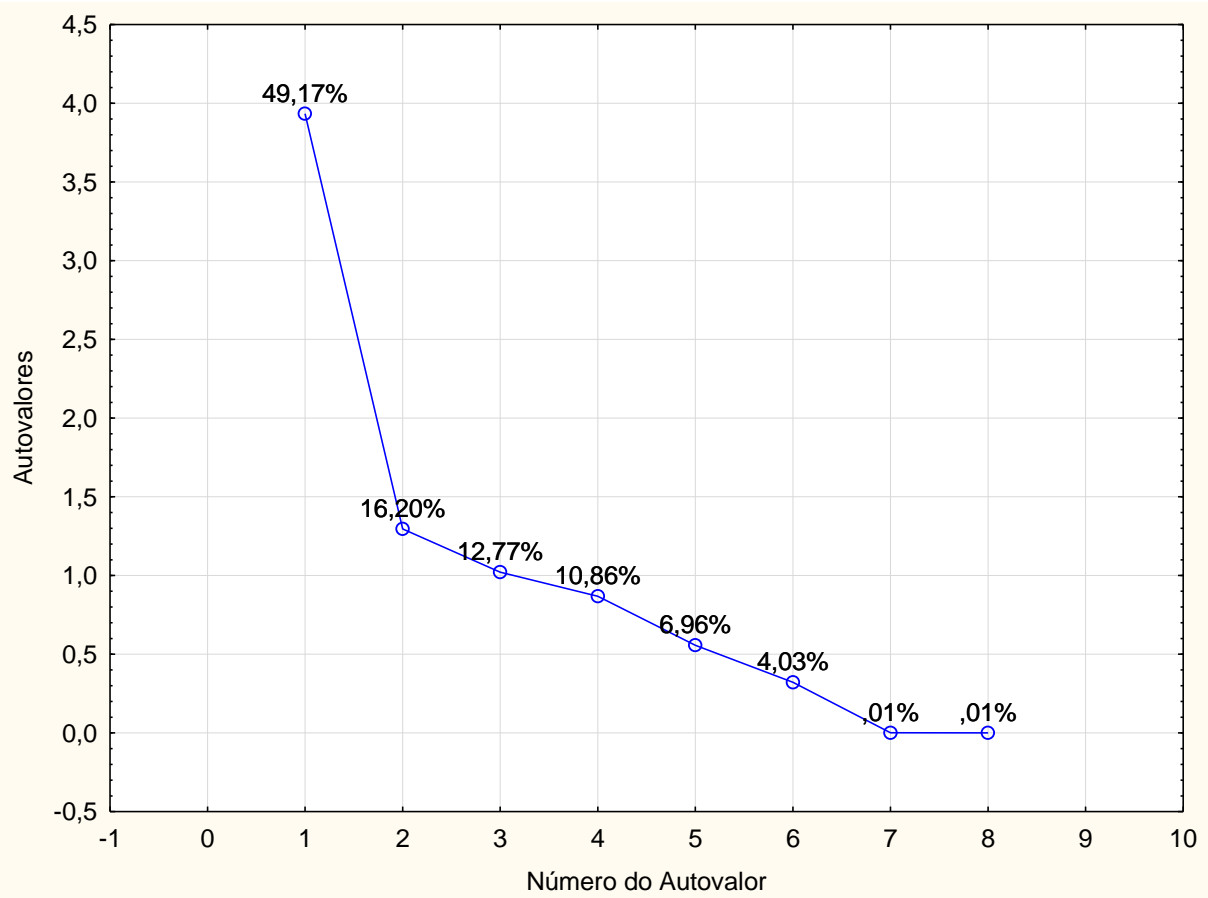
Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Cumulativo %
CP1	3,933674	49,17092	49,1709
CP2	1,296175	16,20219	65,3731
CP3	1,021224	12,76630	78,1384
CP4	0,868599	10,85749	88,9959

Fonte: da autora (2020).

O gráfico de autovalores (*Score*) é utilizado para determinar as CP que devem ser usadas nas análises dos resultados. Khalit et al. (2017) explicam que, após o ponto de quebra, o gráfico começa a estabilizar, e os fatores adicionais muitas vezes explicam menos do que uma variável isoladamente. Trindade (2013), por sua vez, desconsiderou na análise todas as componentes abaixo do ponto de quebra.

Na Figura 23, o ponto de inflexão está na CP2. Portanto, a sugestão é concentrar a análise dos resultados nas duas primeiras componentes.

Figura 23 – Gráfico dos Autovalores e número do autovalor para as CP dos dados do monitoramento das cinco microbacias da ESEC-AE



Fonte: da autora (2020).

Na primeira análise, todas as nove variáveis foram consideradas ativas. Foi verificado que a variável NO_3^- é suplementar, visto que apresenta uma carga fraca, ou seja, menor que 0,5, nas três primeiras principais componentes (Tabela 9).

Note-se que as cargas dos fatores são classificadas como fortes, moderadas e fracas. Elas correspondem, respectivamente, aos valores do módulo acima de 0,75; entre 0,75 e 0,50 e $< 0,50$ (LIU et al., 2003; VOZA e VUKOVIC, 2018). Neste estudo, foram consideradas variáveis ativas todas as que tenham cargas maiores que 0,6 em módulo.

A ACP confere a possibilidade de escolha das variáveis ativas e suplementares. Por isso, os resultados obtidos foram executados com a opção da variável NO_3^- , que tem caráter suplementar.

A CP1 apresentou influência forte e positiva dos parâmetros condutividade e STD, mas negativa para o parâmetro OD (Tabela 9). O pH e a temperatura têm uma contribuição moderada e carga positiva. A CP2 é composta pelos parâmetros NH_4^+ e turbidez com sinal

negativo e carga moderada. Já na CP3, tem-se, novamente, a turbidez, mas com sinal positivo e carga moderada (Tabela 9).

Pode-se inferir que a CP1, que representa 49% da variação, é influenciada pelas características naturais do ambiente. O OD apresenta sinal negativo, ou seja, relação inversa com a temperatura e a condutividade. Isso pode ser explicado pelo processo natural, visto que a sua solubilidade aumenta, à medida que a temperatura diminui e, em temperaturas mais elevada, há maior perda de OD para a atmosfera. Da mesma forma a condutividade e temperatura são diretamente proporcionais de forma natural, visto que, à medida que a temperatura se eleva, aumenta a velocidade de movimentação dos elétrons e solubilidade das substâncias iônicas, por consequência, a condutividade. O pH também reflete as características naturais do meio ambiente, que apresentam um pH ácido que é característico da contribuição dos latossolos e da geologia da região.

Ressalta-se, nesse aspecto, a contribuição de águas mineralizadas (P5), que corroboram a relação direta entre temperatura e condutividade, já que apresentam valores elevados e são inversamente proporcionais ao OD, que possui baixas concentrações.

A CP2 tem contribuição de NH_4^+ e turbidez, que podem ser caracterizados como interferências do uso do solo na qualidade da água. A turbidez reflete o transporte de sedimentos, e o NH_4 é reflexo da decomposição de matéria orgânica, que pode ter origem natural ou antrópica.

A CP3 apresenta como principal variável apenas a turbidez.

Pode-se concluir que as variáveis representadas pelas duas primeiras componentes refletem 65% da variabilidade dos dados e retratam as características locais, refletindo as condições intrínsecas (condutividade, STD, OD, temperatura e pH) e as interferências do uso e ocupação do solo, como o aporte de sedimentos e resíduos orgânicos na qualidade das águas (turbidez e NH_4^+).

Tabela 9 - Carga das variáveis (*loadings*) em cada uma das três principais componentes. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,65 e em * as suplementares. Análise do conjunto de dados que compõe as cinco bacias da ESEC-AE

Parâmetros	CP 1	CP 2	CP 3
Temp. (°C)	0,697	-0,259785	0,273177
Cond.(µs/cm)	0,871	-0,192824	-0,297486
STD (mg/l)	0,8701	-0,194075	-0,299381
pH	0,649491	-0,159222	0,153632
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,130893	0,688142	0,541956
Turbidez (UNT)	0,044133	-0,662765	0,662051
OD (% sat)	-0,844653	-0,367766	-0,044028
OD (mg/l)	-0,881399	-0,283621	-0,104414
*NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,168766	-0,180837	0,003905

Fonte: da autora (2020).

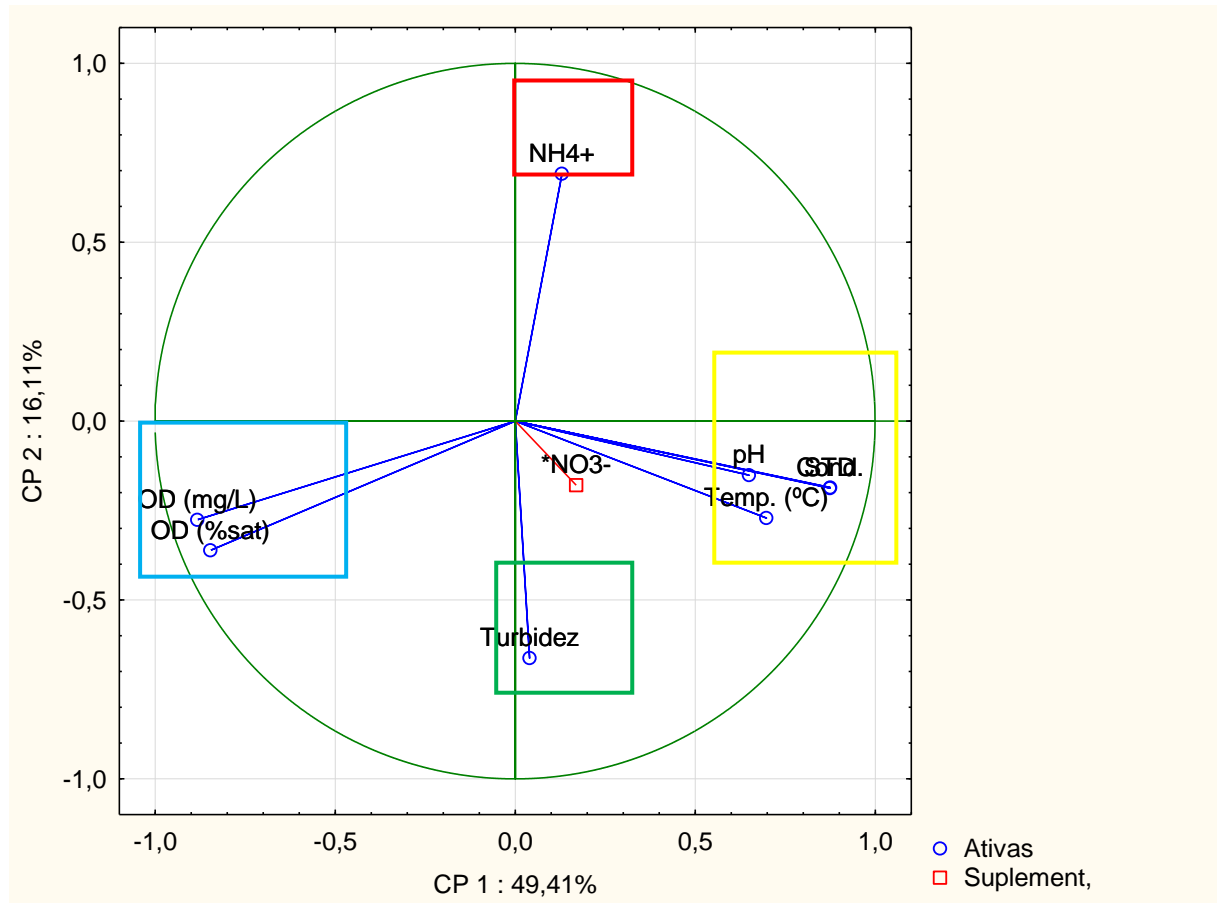
Ao projetar as cargas das variáveis no plano das componentes principais, é possível visualizar graficamente a contribuição de cada parâmetro na formação da CP (Figura 24). O tamanho e o ângulo formado entre os autovetores e a CP indicam a importância da variável. Quanto mais próximos os vetores estiverem do círculo unitário, maior é a sua importância. Nesse sentido, condutividade, STD, temperatura e pH apresentam alta relevância para a CP1, porém exercem pouca influência na CP2, pois estão quase perpendiculares à componente, ou seja, bem próximos ao seu zero. O OD é destaque no terceiro quadrante e apresenta contribuição substancial, porém de valor negativo para a CP1.

A CP2 recebe alta influência de NH₄ no primeiro quadrante, apresentando sinal positivo; já a turbidez, no quarto quadrante, tem sinal negativo (figura 24).

Assinala-se que os sinais indicam a relação com a CP: se for negativo, tem-se a relação inversamente proporcional e, caso seja positivo, a relação será diretamente proporcional. Condutividade e STD aparecem praticamente sobrepostos, expondo a colinearidade entre essas variáveis. Na matriz de correlação, essa característica fica explícita, com uma correlação entre essas variáveis na ordem de 0,99 (Tabela 10).

O NO₃ é um vetor pequeno, ressaltando-se seu caráter suplementar. Na figura 24, fica nítida a formação de quatro agrupamentos das variáveis.

Figura 24 – Projeção das variáveis no plano fatorial das CP 1 e 2. * Variáveis suplementares em vermelho. Análise do conjunto de dados que compõe as cinco bacias da ESEC-AE.



Fonte: da autora (2020).

Na matriz de correlação (Tabela 10) é possível observar uma correlação moderada ($r > 0,5$) e negativa entre o OD, de um lado, e temperatura e condutividade, de outro, que confirma os resultados obtidos na análise das cargas das CP. O pH apresenta correlação positiva com a condutividade, o que pode ser explicado ao se analisar a Tabela 7. Nela, verifica-se que os Pontos 5 e 6, com medianas elevadas de condutividade, apresentam pH mais alto, e a microbacia do Vereda Grande, que possui o pH mais baixo, apresenta a mediana de condutividade mais baixa. Turbidez e NH_4^+ não apresentam correlação significativa com nenhuma das variáveis analisadas. O OD (mg/l) e percentual apresentam colinearidade o que já era esperado visto são formas diferentes de representar o mesmo parâmetro.

Tabela 10 – Matriz de correlação dos dados de monitoramento das cinco bacias da ESEC-AE no período de 2012 a 2015

Variáveis	Temp. (°C)	Cond (µs/cm)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Turb (UNT)	OD (%sat)	OD (mg/L)	STD (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
Temp.(°C)	1,0000	0,4560	0,4229	-0,0583	0,2351	-0,4964	-0,6331	0,4527	0,1936
Cond. (µs/cm)	0,4560	1,0000	0,5461	-0,0359	0,0242	-0,5826	-0,5952	0,9995	0,1872
pH	0,4229	0,5462	1,0000	0,1600	0,1087	-0,3441	-0,3874	0,5480	0,2779
NH ₄ ⁺ (mg/l)	-0,0583	-0,0359	0,1599	1,0000	-0,0781	-0,2402	-0,2106	-0,0379	-0,0499
Turbidez (UNT)	0,2351	0,0242	0,1088	-0,0781	1,0000	0,1105	0,0497	0,0242	0,0649
OD (%)	-0,4964	-0,5826	-0,3441	-0,2401	0,1104	1,0000	0,9850	-0,5814	-0,0025
OD (mg/L)	-0,6331	-0,5952	-0,3874	-0,2106	0,0497	0,9850	1,0000	-0,5938	-0,0300
STD (mg/l)	0,4527	0,9994	0,5480	-0,0379	0,0242	-0,5814	-0,5938	1,0000	0,1841
*NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,1937	0,1872	0,2779	-0,0499	0,0649	-0,0025	-0,0300	0,1841	1,0000

Fonte: da autora (2020).

Ao projetar as cargas dos casos nos planos fatoriais das duas principais componentes, é possível observar se há a existência de grupos com características semelhantes. Na Figura 25, foi possível distinguir cinco grupos. O primeiro, em amarelo, forma-se nitidamente com grande influência da CP1 e corresponde ao Ponto 5. O P5 está localizado no Córrego Brejinho, na microbacia do Córrego Fumal. As águas, nesse ponto, são mais mineralizadas e apresentam condutividade e temperatura mais elevada em relação aos demais pontos. O local recebe aporte de uma nascente pontual de fratura. A Geologia local é descrita como pertencente à unidade metarritmito argiloso e, localmente, ocorrem afloramentos de quartzitos no ponto onde a água nasce. Devido às características minerais da água, rica em carbonatos, infere-se que as águas tenham contribuição mais regional, com origem na unidade Psamopelito-carbonatada.

O segundo grupo, em verde, é formado pelo Ponto 6, que corresponde ao Córrego Fumal. Este apresenta contribuição da CP1, que está fortemente relacionada à condutividade. Isso se justifica pelo fato de que esse ponto recebe contribuição de águas que drenam uma área ocupada por chácaras e por estar a jusante do P5. A CP2 apresenta influência na localização do P6, por apresentar turbidez mais elevada.

O terceiro grupo, em vermelho, corresponde ao Ponto 10, localizado em uma nascente a montante da Lagoa Bonita. Observa-se a influência da NH₄ neste grupo. Os dois pontos com

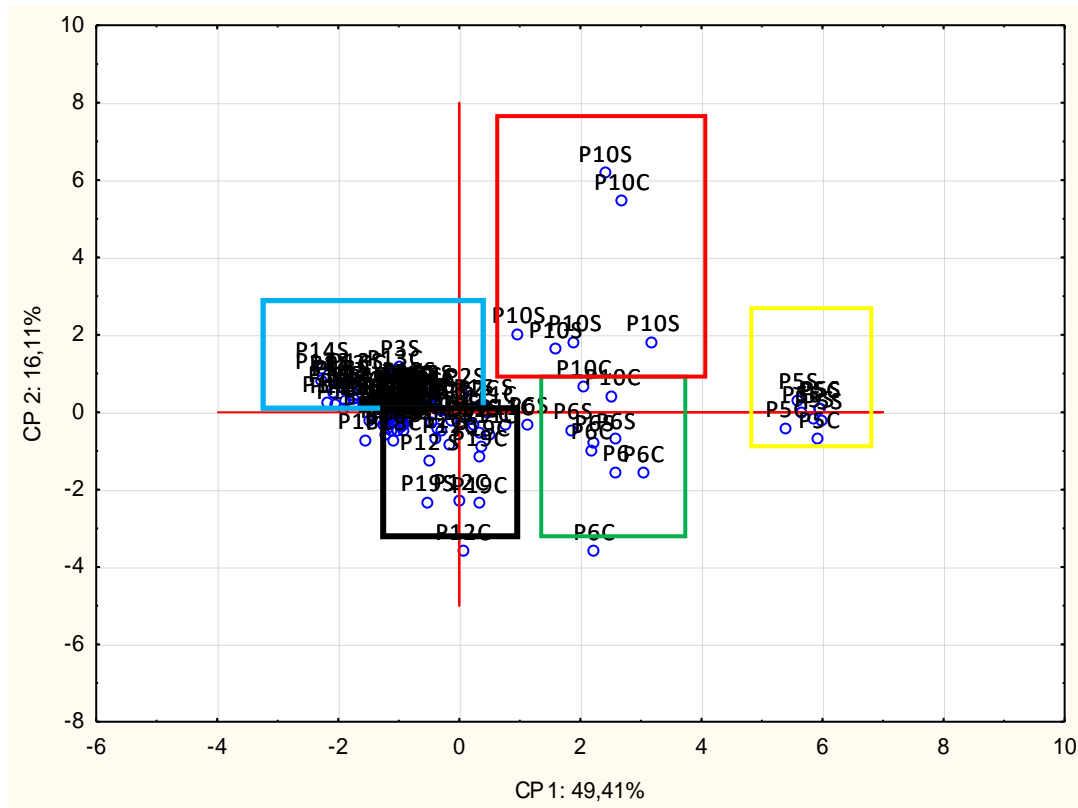
pontuação (*scores*) mais elevados na parte positiva da CP2 correspondem a duas amostras no Ponto 10, com teores mais elevados de NH_4 (*outlets*). No P10, conforme foi observado *in loco* nas campanhas de monitoramento de 2017, havia a presença de manchas esverdeadas no fundo do poço de amostragem, que eram um indicativo da presença de algas (Figura 19a). Esse ponto está localizado a jusante de uma área de chácaras, fator que pode ser responsável por um maior volume de nutrientes, o que culmina, por conseguinte, em valores mais elevados de NH_4^+ e crescimento das algas.

O quarto grupo, em azul, localizado entre o segundo e terceiro quadrante, agrupa todos os pontos da microbacia do Vereda Grande (P13 a P18), os pontos do Córrego Brejinho (P1 a P4) e o Ponto P11, a jusante da lagoa. Esses pontos representam os locais mais preservados, visto que a maioria deles está localizada nas duas bacias que possuem um maior percentual da área de drenagem no interior da ESEC-AE.

É possível observar uma separação dos pontos número 12 (microbacia do Sarandi) e número 19 (Microbacia do Maranhão), que ocupam o terceiro quadrante, ou seja, com influência maior da turbidez.

Não foi identificada uma separação dos casos em relação aos períodos secos e chuvosos. O estudo de Passos (2018) avaliou 21 parâmetros em bacias rurais e urbanas localizadas no Distrito Federal e, assim como o de Portela (2013), não evidenciou diferenças significativas entre os períodos hidrológicos, observando alterações apenas na temperatura.

Figura 25 – Diagrama com a projeção da pontuação dos casos do monitoramento realizado nas cinco microbacias da ESEC-AE no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas componentes principais.



Fonte: da autora (2020).

6.2 CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO FUMAL

Com a finalidade de verificar com mais detalhes as principais características e grupamentos formados em cada microbacia, foi realizada a análise de CP, de forma específica, para a microbacia do Vereda Grande e para a microbacia do Fumal, que possuem um maior número de pontos.

Para avaliar as diferentes características dos grupos verificados na ACP da microbacia do Fumal, foi realizada a análise estatística descritiva (Tabela 11).

Ao observar a análise descritiva, percebe-se pequenas diferenças em relação aos grupos formados pelos pontos 1, 2 e 3 do P4. O OD, o pH e a turbidez são um pouco mais elevados no P4 e a condutividade, levemente mais baixa. Os pontos 1, 2 e 3 são mais próximos das nascentes do curso d'água, e pode-se inferir que as áreas de cabeceiras possuem um pH mais ácido..

Tabela 11 - Análise estatística descritiva da microbacia do Fumal

Pontos/Parâmetros	P1, 2 e 3	P4	Brejinho (P5)	Fumal (P6)
Temp. (°C)	20,74 ± 1,22	20,53 ± 1,04	23,36 ± 0,64	21,07 ± 1,58
pH	5,30 ± 0,67	6,14 ± 0,68	6,61 ± 0,34	6,85 ± 0,30
Cond.(µS/cm)	4,00 ± 1,31	3,00 ± 1,31	108,00 ± 6,66	68,00 ± 10,79
STD (mg/l)	3,00 ± 2,80	2,00 ± 1,06	72,00 ± 5,56	47,00 ± 7,70
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,16 ± 2,58	0,093 ± 1,12	0,63 ± 0,64	0,45 ± 1,03
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,38 ± 1,37	0,95 ± 9,42	0,57 ± 4,4	2,05 ± 7,66
Turbidez(UNT)	1,91 ± 2,50	2,10 ± 3,87	2,30 ± 2,75	4,70 ± 10,07
OD (%sat)	81,20 ± 3,42	89,95 ± 0,82	50,05 ± 5,83	79,68 ± 2,14
OD (mg/l)	7,27 ± 0,64	8,21 ± 0,18	4,26 ± 0,51	7,63 ± 0,29

Fonte: da autora (2020).

A ACP aplicada na Bacia do Fumal apresentou características bem semelhantes aos resultados obtidos por meio da análise em conjunto de todas as bacias.

As três principais componentes explicam 87% da variação dos dados, sendo que a CP1 responde por 61%, a CP 2 representa 14% e a CP3, 13%. As três primeiras CPs apresentaram autovalores maiores que 1 (Tabela 12).

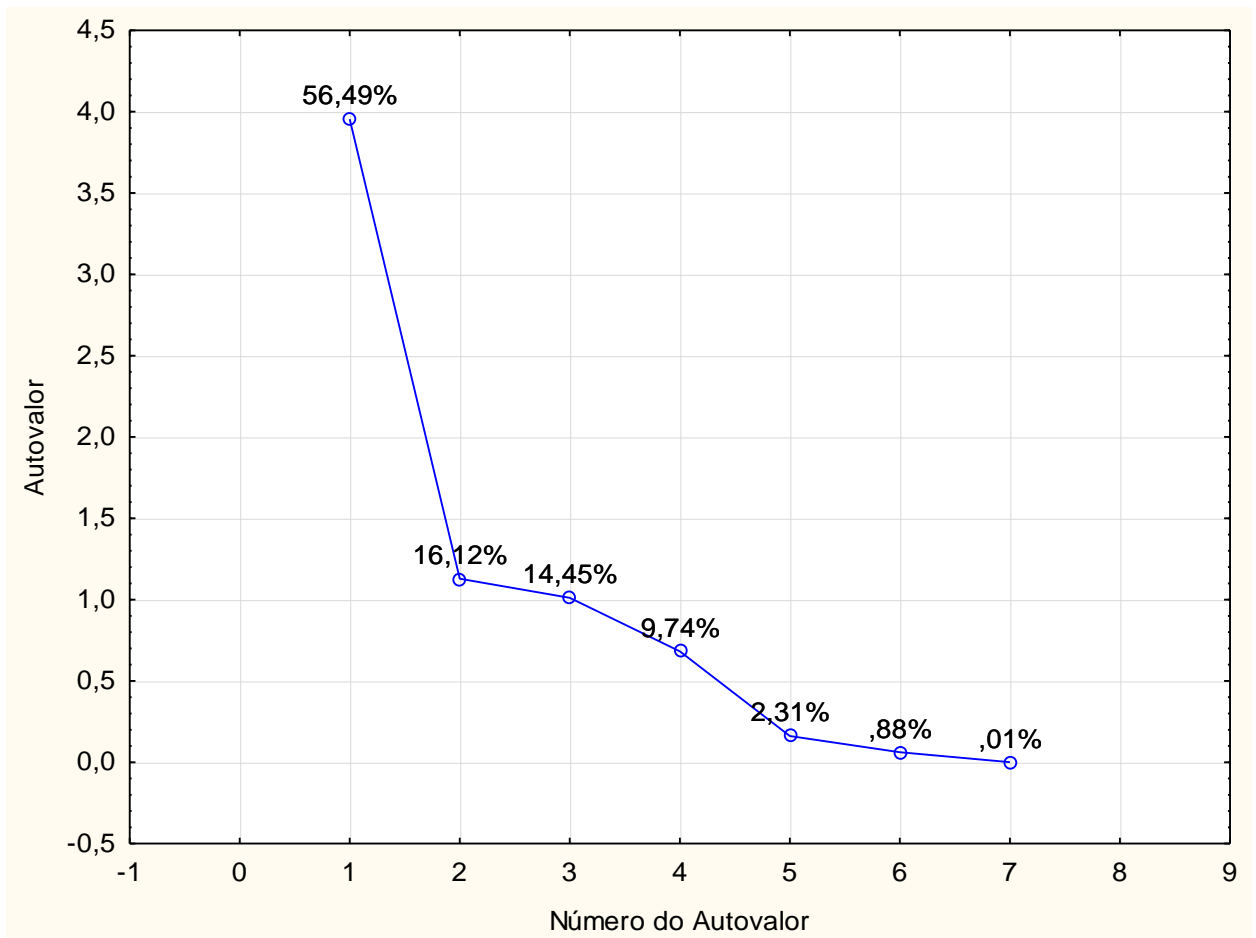
Tabela 12 - Autovalores (*eigenvalues*) e percentual de variância individual e cumulativo das três primeiras componentes referentes aos dados do monitoramento das quatro microbacias do Fumal

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Cumulativo %
CP1	3,95429424	56,4899178	56,4899178
CP2	1,12849333	16,1213333	72,6112511
CP3	1,01119442	14,4456346	87,0568857

Fonte: da autora (2020).

O diagrama de autovalores (Figura 26) mostra uma quebra a partir da CP2, portanto, os dois fatores mais representativos indicam 73% da variação dos dados.

Figura 26 - Diagrama dos Autovalores e número do autovalor para as CP dos dados do monitoramento da microbacia do Fumal



Fonte: da autora (2020).

A CP1 apresenta, como variáveis de maior carga, as mesmas determinadas na análise do conjunto completo dos dados, porém com cargas mais fortes (Tabela 13). Por meio disso, pode-se confirmar as variáveis temperatura, condutividade, SDT, pH e OD como as mais representativas da variabilidade dos dados ocasionada por fatores naturais.

Na CP2, a única variável com carga forte foi a turbidez e, na CP3, o NH_4 (Tabela 13), que contribui com uma carga muito representativa. A turbidez representa a interferência do meio na qualidade das águas para a bacia do Fumal.

Tabela 13 - Carga das variáveis (*loadings*) em cada uma das três principais componentes na microbacia do Fumal. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,65 e em * as suplementares

Parâmetros	CP 1 (56%)	CP 2 (16%)	CP3 (14%)
Temp. (°C)	0,910436	0,077956	0,096268
Cond.(µS/cm)	0,969849	-0,064929	-0,086844
STD(mg/l)	0,968054	-0,068268	-0,087963
pH	0,666256	-0,493733	-0,014431
NH ₄ ⁺ (mg/l)	-0,016349	-0,080316	-0,986624
Turbidez (UNT)	0,212388	-0,824883	0,145692
OD (%sat)	-0,907650	-0,321014	-0,020186
OD (mg/l)	-0,924507	-0,291561	-0,028071
*NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,114681322	-0,19626472	0,038336774

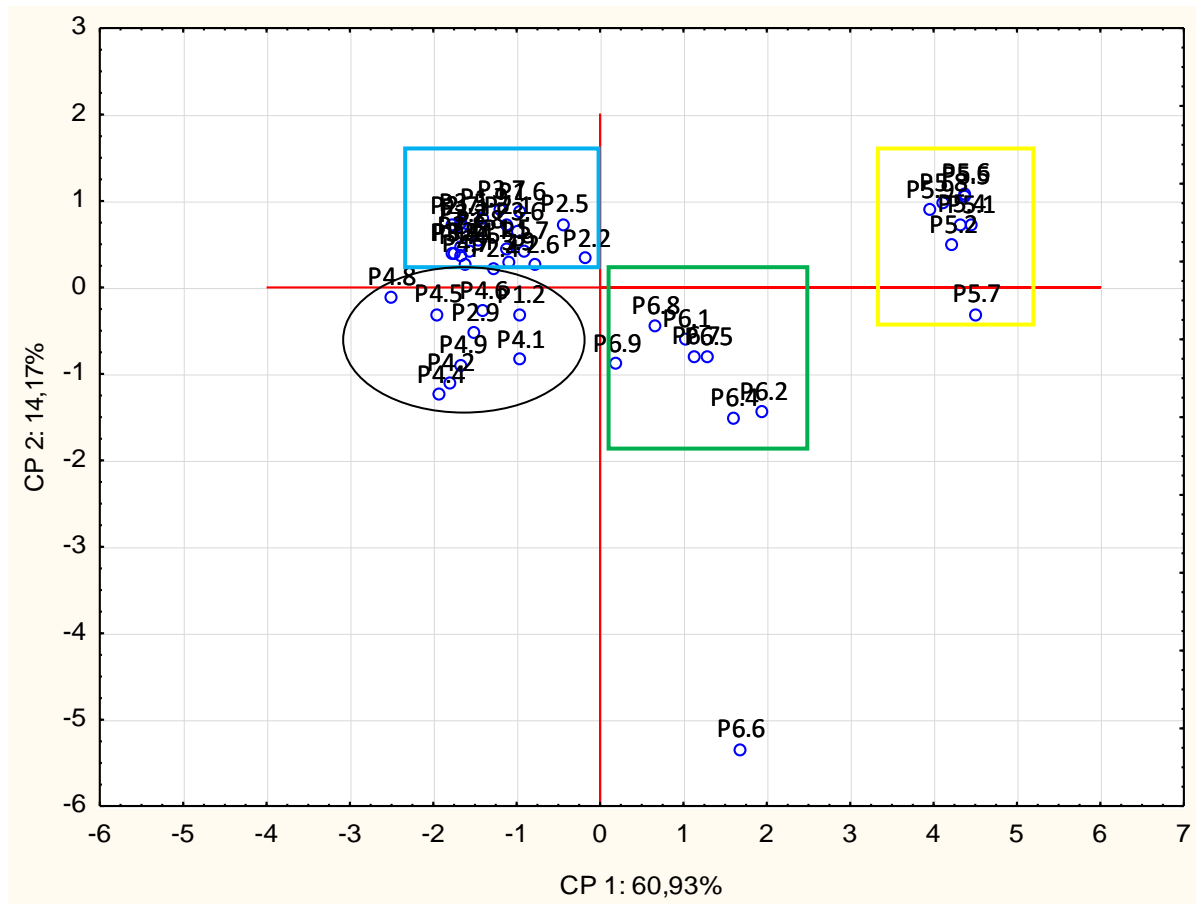
Fonte: da autora (2020).

Ao se avaliar os dados da bacia do Ribeirão Fumal, de acordo com a projeção dos casos (Figura 27) e com as variáveis (Figura 28), obteve-se que: nas duas principais componentes, foi possível separar quatro grupos. O grupo localizado no primeiro quadrante corresponde ao P5, que apresenta alta contribuição da CP1. Este foi individualizado pelos parâmetros que exercem forte influência positiva nessa componente, ou seja, condutividade e temperatura (Figura 28), que, nesse ponto, são mais elevadas. O grupo localizado no quadrante quatro corresponde ao Ponto 6 (Córrego Fumal) e tem contribuição da CP1 e CP2 (turbidez). O Ponto 6 apresenta um *outlet* para turbidez na sexta campanha de monitoramento de 10/12/2013 no valor de 31,2 UNT.

Nessa análise, foi possível observar uma diferenciação entre as características do Ponto 4 e as dos pontos 1, 2 e 3, todos no Córrego Brejinho (Figura 27). No segundo quadrante, tem-se os pontos 1, 2 e 3 e, no terceiro quadrante, os casos do Ponto 4. A formação dos grupos é influenciada pelo parâmetro OD. Conforme é possível observar na Figura 28, esse parâmetro exerce influência negativa na CP1, ou seja, quanto maior for o valor, menor será o *score*, o que explica os pontos do lado negativo da CP1 (Figura 27). Já pela CP2, os pontos são separados pela turbidez, que também é inversamente proporcional, ou seja, o P4 tem valores de turbidez levemente mais altos e, portanto, está com *scores* mais baixos em relação à CP2 (Figura 27).

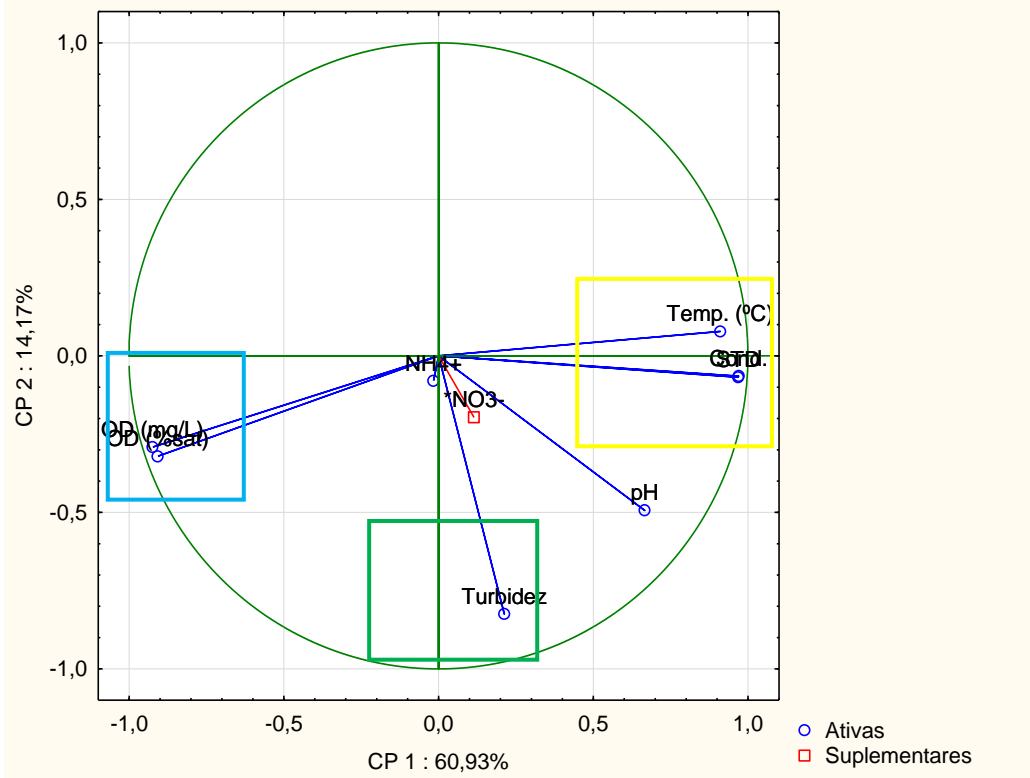
Na avaliação específica da bacia do Fumal, foram confirmados os parâmetros determinantes das características locais. Foi possível, ainda, observar uma distinção entre as características dos pontos 1, 2 e 3, por um lado, e do ponto 4, por outro.

Figura 27 - Diagrama da pontuação dos casos do monitoramento realizado na microbacia do Fumal no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas componentes principais



Fonte: da autora (2020).

Figura 28 – Projeção das variáveis da microbacia do Ribeirão Fumal no plano fatorial das CP 1 e 2.



Fonte: da autora (2020).

6.3 CARACTERÍSTICA DA BACIA DO VEREDA GRANDE

Para avaliar as características da bacia do Vereda Grande e identificar de forma mais detalhada os grupos com padrão semelhante, foram analisados os dados referentes aos Pontos 13 a 18. A análise descritiva foi utilizada, a fim de verificar as características dos grupos identificados na ACP.

Na Tabela 14, verifica-se que o P13 apresenta percentual de OD mais baixo e condutividade mais elevada, em comparação com os valores determinados para os demais grupos. O íon NH_4^+ apresenta mediana um pouco mais elevada. O P13 é o local de amostragem mais próximo do Vereda Grande. Nas campanhas de amostragem, era observado um acúmulo de folhas nesse ponto, o que poderia ter relação com padrões mais elevados de amônia e os valores menores de OD. Outra hipótese levantada diz respeito à proximidade com o Vereda, uma vez que o aporte de águas subterrâneas justificaria um percentual mais baixo de OD. Ambas as hipóteses estão relacionadas às características naturais do ambiente.

As amostras coletadas no período chuvoso apresentam, em média, temperaturas e turbidez mais elevadas. A temperatura está associada à variação climática e à turbidez, por

conta do transporte de sedimentos que ocorre com as precipitações. Passos (2018) também encontrou, em seus estudos nos Ribeirões Sarandi, Sobradinho e Jardins, ambos localizados no Distrito Federal, diferença de temperatura da água nos períodos hidrológicos distintos, com médias mais elevadas no período chuvoso.

O pH tem valores mais baixos no período chuvoso. Isso ocorre porque o pH reflete as características dos latossolos que predominam na região, dado que possuem pH ácido e influenciam a característica das águas. Na época chuvosa, a maior lixiviação do solo acarreta um aumento da concentração de alumínio nas águas e, conseqüentemente, o pH mais ácido (PORTELA, 2013).

Tabela 14 - Análise estatística descritiva da microbacia do Vereda Grande

Pontos\Parâmetros	P13	Seca (P14 a 18)	Chuva (P14 a 18)
*Temp. (°C)	19,95±1,43	18,71 ± 0,59	20,99 ± 0,53
*pH	4,59± 0,53	5,06 ± 0,74	4,89 ± 0,66
Cond.(µS/cm)	4,00± 0,46	3,00 ± 2,19	3,00 ± 0,90
STD (mg/l)	3,00 ± 0,08	2,00 ± 1,44	2,00 ± 0,69
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,485 ± 0,8	0,17 ± 1,28	0,14 ± 1,28
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,73 ± 0,71	0,66 ± 1,13	0,92 ± 1,27
Turbidez (UNT)	1,20 ± 1,56	1,30± 1,44	2,97 ± 2,97
OD (%)	80,25 ± 3,39	88,35 ± 3,03	87,3 ± 3,62
OD (mg/l)	7,38 ± 0,45	8,20± 0,29	7,75 ± 0,35

Temperatura e condutividade apresentam valores das médias e desvio padrão, para os demais parâmetros, os valores são da mediana.

Fonte: da autora (2020).

A ACP foi realizada levando-se em consideração oito parâmetros ativos e o NO₃ suplementar. Como resultado, obteve-se quatro componentes com autovalores maiores que 1 (Tabela 14).

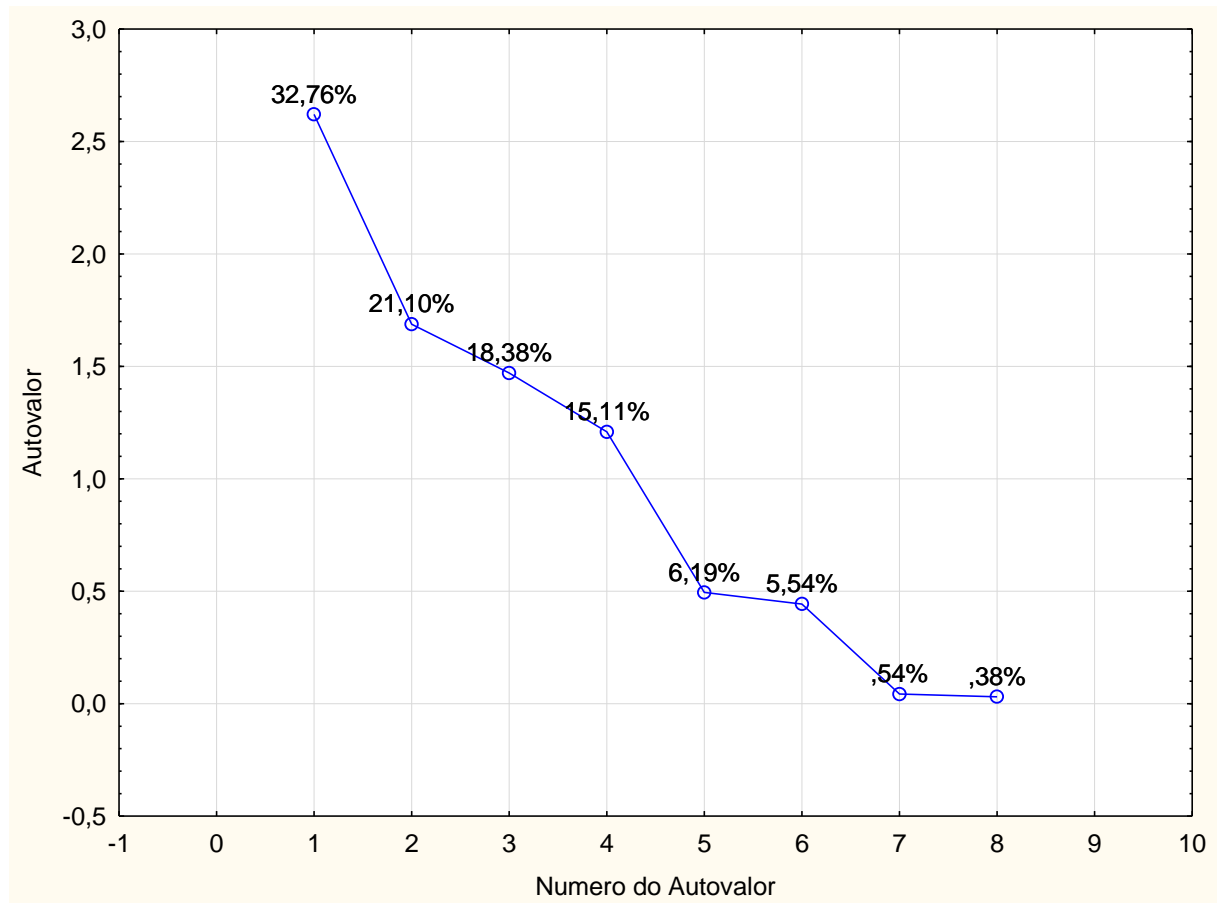
Tabela 15 - Autovalores (*eigenvalues*) e percentual de variância individual e cumulativo das três primeiras componentes referentes aos dados do monitoramento da microbacia do Vereda Grande

Componente Principal	Autovalor	Variância Total (%)	Variância acumulada (%)
CP1	2,620570	32,75713	32,7571
CP2	1,687728	21,09660	53,8537
CP3	1,470792	18,38490	72,2386
CP4	1,209183	15,11479	87,3534

Fonte: da autora (2020).

No gráfico de autovalores (Figura 29), observa-se a quebra mais acentuada após a quarta componente, ressaltando a sua devida importância na composição da variação dos dados para as CP1, CP2, CP3 e CP4.

Figura 29 - Gráfico de autovalores para a microbacia do Vereda Grande



Fonte: da autora (2020).

Ao se analisar as cargas das variáveis em cada componente (Tabela 16), observa-se que a CP1 está fortemente representada pelos parâmetros OD, Condutividade e SDT. A CP2, por sua vez, possui contribuição forte da temperatura e moderada da condutividade. Na terceira componente, tem-se o pH em relação inversa com a presença do íon amônio, o que pode ser explicado pelo fato de, em processo naturais, o pH mais baixo é mais propício à formação do íon NH_4^+ . A quarta componente representa 15% da variação total e está representada pela turbidez. Esse resultado expressa que as águas dessa bacia são bem preservadas, sendo que a variação dos dados está relacionada aos processos naturais em 72%.

Tabela 16 - Carga das variáveis em cada uma das quatro principais componentes na microbacia do Vereda Grande. Estão destacadas em vermelho as cargas com módulo acima de 0,60 e em * as suplementares.

Parâmetros	CP 1 33%	CP 2 21%	CP 3 18%	CP 4 15%
Temp. (°C)	0,316	-0,783	0,004	-0,280
Cond.(µs/cm)	0,759	0,546	-0,186	-0,244
STD (mg/l)	0,770	0,547	-0,086	-0,234
pH	-0,032	-0,033	-0,875	-0,145
NH ₄ ⁺ (mg/l)	-0,155	0,348	0,763	-0,249
Turbidez (UNT)	0,118	-0,327	0,139	-0,837
OD (%)	-0,802	0,130	-0,197	-0,443
OD (mg/l)	-0,818	0,480	-0,149	-0,189
*NO ₃ ⁻ (mg/l)	-0,189	-0,227	-0,075	-0,117

Fonte: da autora (2020).

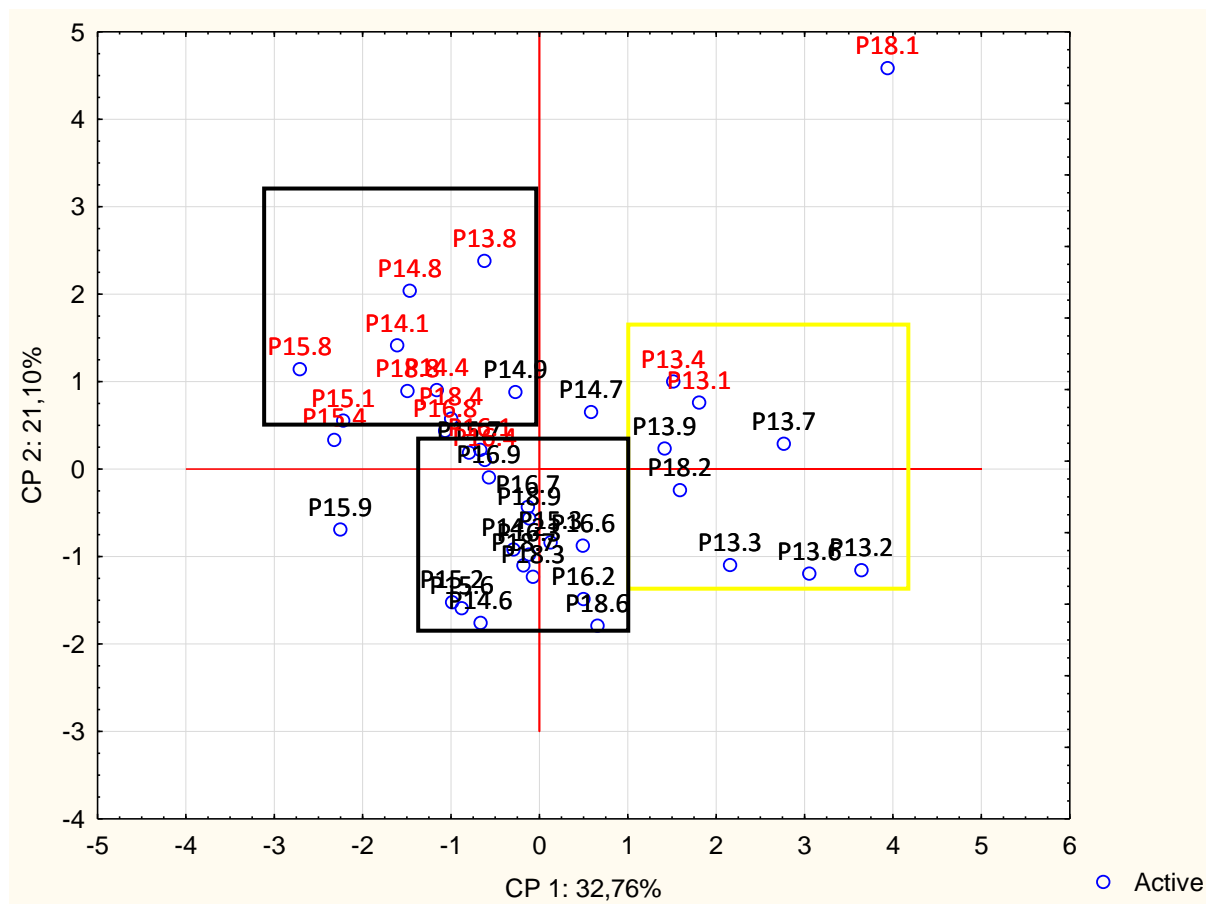
No diagrama em que os casos são plotados, nos planos fatoriais das duas principais componentes (Figura 30), foi possível separar três grupos.

A maioria dos casos do Ponto 13 estão concentrados na porção mais à direita do gráfico em amarelo. Essa separação foi determinada pela CP1 que tem como variável de maior peso o OD, a condutividade e o STD. Observa-se que as grandezas são inversamente proporcionais, com OD negativo, bem como condutividade e STD positivos. Considerando-se esses fatores, o P13 tem níveis de OD mais baixos que os demais pontos, visto que, quanto maior é o *score*, menor será o OD, e a condutividade e STD serão levemente mais elevados. O ponto 13.8 ficou mais à esquerda, por apresentar o valor mais elevado de OD e o menor valor de condutividade (8,3 mg/l e 18,120 µs/cm²) para as amostras do P13 (Anexo). Observa-se que os casos 13.1 e 13.4 do período seco apresentam cargas maiores em relação ao eixo da CP2, indicando temperaturas mais baixas.

Foi possível destacar, no segundo quadrante, um grupo com predominância das amostras do período seco (em vermelho) e, ao centro, um grupo com os casos do período chuvoso. A partir disso, infere-se que a sazonalidade climática pode influenciar as características dos corpos hídricos. A CP2 exerce maior influência na separação dos grupos, pois, como a relação com a temperatura é inversa, as amostras do período seco apresentam temperaturas menores que as do chuvoso, o que está de acordo com a variação climática da região.

Ademais, o Ponto 18.1 representa um *outlet* na condutividade (18,1 µs/cm²) e temperatura mais baixa que a média (18,93C).

Figura 30 – Diagrama da pontuação dos casos do monitoramento realizado na microbacia do Vereda Grande no período de 2012 a 2015 nos eixos das duas principais componentes



medianas atendem ao padrão de qualidade previsto pela Resolução Conama 357/2005 para corpos hídricos classe 1.

A temperatura tem uma média um pouco mais elevada nos dados do monitoramento da CAESB. Isso pode ser justificado pelo fato de o monitoramento do IBRAM possuir uma proporção maior de dados coletados nos meses frios (maio a agosto).

Os valores de turbidez, OD e condutividade são bem próximos. A condutividade apresenta uma mediana igual ao valor da mediana do ponto 4. Observa-se, ainda, que os valores de pH são mais elevados no monitoramento realizado pela CAESB.

Os valores dos nutrientes da cadeia do nitrogênio NO_3 e NH_4 apresentam valores de mediana menores e desvio padrão menor no monitoramento da CAESB. Já no procedimento realizado pelo IBRAM, apesar de apresentar valores mais elevados, a mediana dos dados é compatível com o limite exigido para cursos d'água classe 1 e, de acordo com a Resolução Conama 357/2005, indica águas preservadas. Porém, o desvio padrão elevado para o NO_3 e a presença de dados discrepantes (*outlets*) podem ser indicativos de imprecisão dos sensores.

O parâmetro *E-coli* foi avaliado por ser tratar de uma variável considerada essencial na resolução nº 02 do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Observa-se que o valor da mediana desse parâmetro se encontra dentro do limite estabelecido para classe 1, mas apresenta valor máximo acima de 160 NMP/100ml, ou seja, em algumas análises, ultrapassa o limite determinado pela Resolução Conama 357/2005.

Tabela 17 – Análise descritiva Monitoramento CAESB - captação do Córrego Brejinho

Parâmetros	Número de amostras	Média/ mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Conama 357
Temp °C	56	*21,344	18,200	23,800	1,406	
pH	56	*7,052	5,520	8,900	0,806	6 a 9
COND (uS/cm)	56	3,100	1,600	28,300	3,650	
SDT (mg/l)	56	1,945	0,940	14,100	1,831	500
Turb. (NTU)	56	1,800	0,300	18,900	2,416	40
OD (mg/l)	56	7,520	5,500	8,660	0,649	>6
N-NH ₃ (mg/l)	16	0,044	0,010	0,463	0,115	3,7
N-NO ₃ (mg/L)	27	0,028	0,001	0,412	0,081	10
<i>E-coli</i> Q NMP/100 mL	56	99,200	15,800	1299,700	270,278	160/800

*Temperatura e pH apresentam valores das médias os demais parâmetros, os valores são da mediana.
Fonte: da autora (2020).

Tabela 18 - Análise descritiva Monitoramento IBRAM no Córrego Brejinho - P4

Parâmetros	Núm. de amostra	Média/median a	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Conama 357
Temp. (°C)	9	*20,529	19,020	21,980	1,043	
pH	10	*6,142	5,08	7,290	0,676	6 a 9
Cond. (µS/cm ²)	9	3,00	3,00	6,450	1,310	
STD (mg/L)	9	2,00	2,00	4,800	1,0667	500
NH ₄ ⁺ (mg/L)	9	0,093	0,010	3,300	1,117	3,7
NO ₃ ⁻ (mg/L)	9	0,950	0,010	28,850	9,417	10
Turb(UNT)	10	2,10	0,350	13,43	3,87	40
OD (mg/L)	8	8,210	7,930	8,370	0,182	>6

*Temperatura e pH apresentam valores das médias os demais parâmetros, os valores são da mediana.
Fonte: da autora (2020).

Tabela 19 - Análise descritiva Monitoramento CAESB - captação do Córrego Fumal

Parâmetros	Número de amostras	Média/mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Conama 357
Temp °C	58	*22,091	19,000	25,900	1,304	
pH	58	*6,964	5,900	7,700	0,375	6 a 9
CE (uS/cm)	58	60,550	24,800	105,300	18,063	
SDT (mg/l)	58	37,200	14,900	63,700	11,040	500
N-NH ₃ (mg/l)	18	0,058	0,021	0,571	0,125	40
N_NO ₃ (mg/l)	58	0,1543	0,014	0,329	0,068	>6
Turb. NTU	58	1,600	0,700	24,800	3,684	3,7
OD (mg/L)	58	6,500	4,800	7,720	0,583	10
E coli Q NMP/100 mL	58	224,70	24,500	1986,300	314,678	160/800

*Temperatura e pH apresentam valores das médias os demais parâmetros, os valores são da mediana.
Fonte: da autora (2020).

Para ratificar as características das águas na bacia do Ribeirão Fumal, foi comparada a qualidade das águas nos dois pontos de monitoramento da CAESB, um na captação do Brejinho, e outro na captação do Fumal, por meio da análise descritiva.

Os dados do monitoramento da CAESB na Captação do Ribeirão Fumal (Tabela 19) caracterizam uma água de boa qualidade. Porém, em comparação com os dados do Brejinho, apresenta medianas de OD mais baixo e NO₃, N-NH₃ e *E-coli* mais elevados. Isso caracteriza uma água de qualidade inferior. Os níveis mais elevados de nutrientes podem ser atribuídos à influência do uso e da ocupação, visto que existe uma área caracterizada como agrícola a montante do ponto de amostragem. A turbidez, apesar de apresentar uma mediana maior no Brejinho, apresenta um desvio padrão mais elevado no Ribeirão Fumal, o que pode indicar

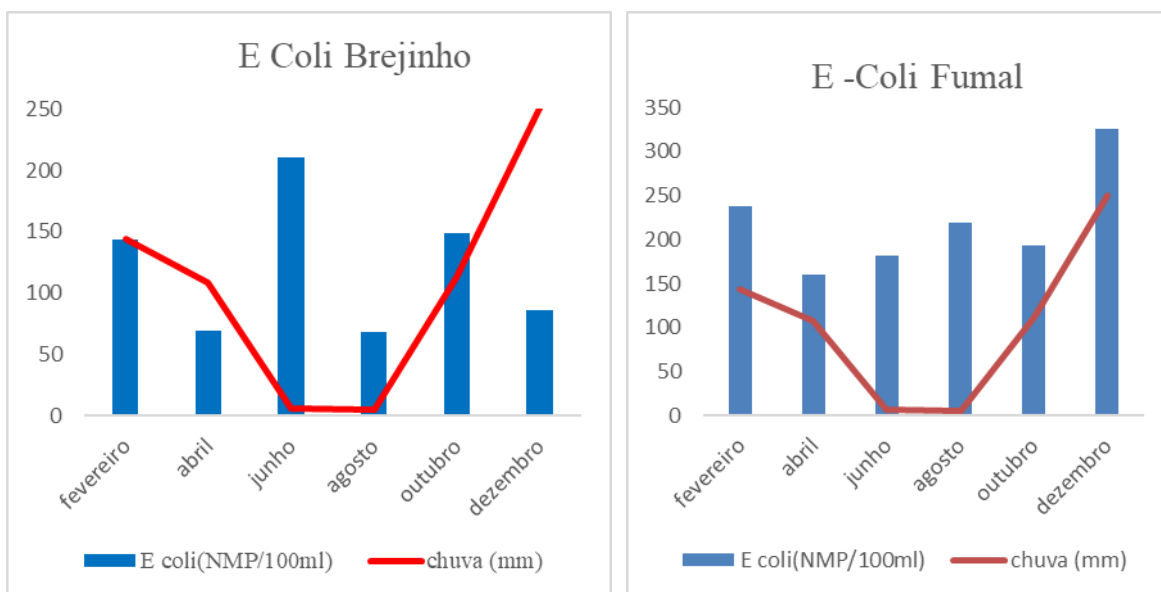
que esse parâmetro apresenta maior flutuação, devido à sazonalidade no Fumal. Isto é, no Ribeirão Brejinho, a turbidez apresenta um padrão mais constante.

O valor da condutividade é reflexo do maior número de íons presentes na água, o que pode ser reflexo da contribuição de águas mineralizadas a montante. Ressalta-se que os valores de desvio padrão mais elevados para os parâmetros turbidez e SDT no Córrego Fumal são indício de que há variações entre o período chuvoso e seco. Essa característica demonstra que o uso e a ocupação do solo vêm refletindo nas características da água.

Quanto ao parâmetro *Escherichia Coli* (*E-coli*), a mediana é mais elevada do que o valor limite determinado pela resolução Conama 357/2005 para águas de classe 1 (160NMP/100 ml), mas atende ao limite para águas classe 2 (800NMP/100 ml). Observa-se um desvio padrão elevado, além da diferença significativa entre os valores máximos e mínimos. A contribuição de E-Coli mais elevada no Córrego Fumal provavelmente tem origem na criação de gado bovino em chácaras, ainda não desocupada, dentro dos limites da ESC-AE localizadas a montante do ponto de amostragem,

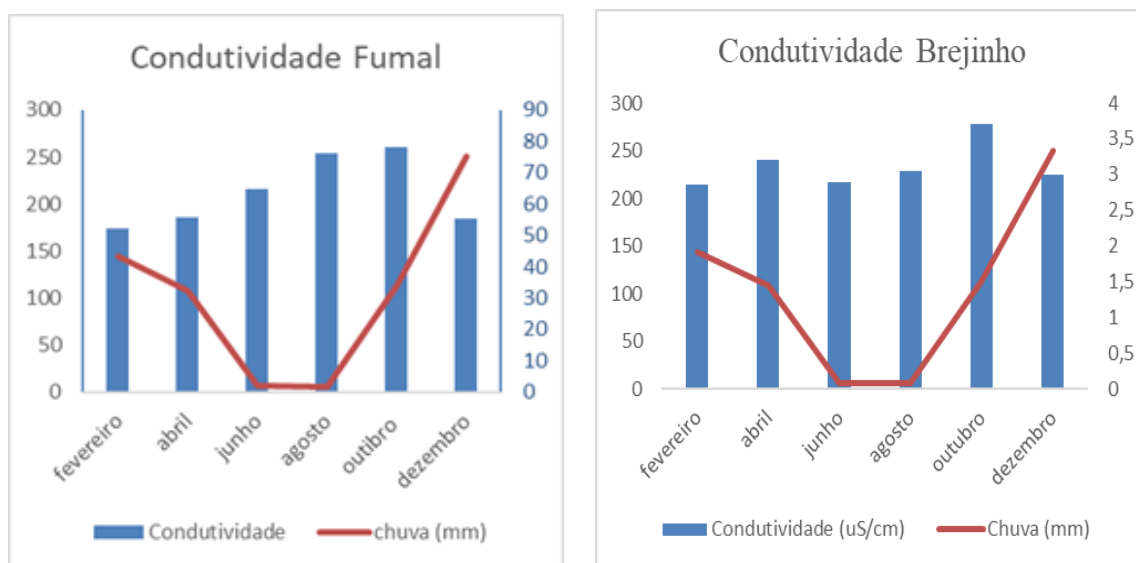
Para converter os valores de *Escherichia Coli* para os limites estabelecidos na Resolução Conama de Coliformes termotolerantes, foi adotado o valor de 80%, seguindo a mesma metodologia adotada por Hachich et al. (2012).

Ao verificar as medianas mensais de *E-Coli* (Figura 31), observa-se que no, córregos Brejinho e Fumal, os valores mais elevados ocorrem nos meses chuvosos e também no meses secos, como agosto. Esse resultado pode ser reflexo da concentração do poluente nos meses secos, devido as baixas vazões. Na época chuvosa os valores elevados, especialmente em dezembro e fevereiro no Córrego Fumal, podem ser fruto da contribuição das águas pluviais, que drenam regiões de pastagem. Portanto, ressalta-se o uso e ocupação do solo e regime de chuvas refletindo no resultado encontrado.

Figura 31- Medianas mensais de *E-coli* na captação dos córregos Fumal e Brejinho nos períodos de 2010 a 2019

Fonte: da autora (2020).

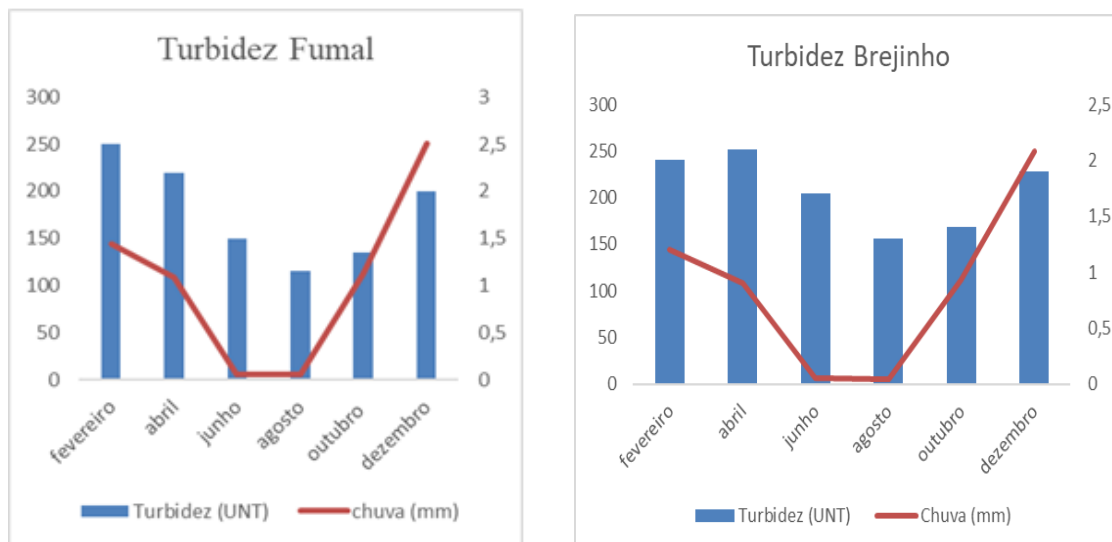
A condutividade no Córrego Fumal apresenta medianas mais elevadas no período seco (Figura 32), o que pode estar relacionado ao aporte das águas mineralizadas, visto que, na época seca, esses dados correspondem ao escoamento de base e exercem maior influência na qualidade das águas. Já a condutividade no Córrego Brejinho apresenta menor variação ao longo do ano e valores minimamente mais elevado nos meses chuvosos.

Figura 32 - Medianas mensais de *E-coli* e turbidez na captação dos córregos Fumal e Brejinho no período de 2010 a 2019

Fonte: da autora (2020).

Já o parâmetro turbidez apresenta nitidamente correlação com as chuvas (Figura 33), contendo medianas reduzidas no período seco e mais elevadas no período chuvoso. Esse aspecto é caracterizado pela relação entre a variável e o transporte de sedimentos pelas águas pluviais.

Figura 33 - Medianas mensais de turbidez da captação dos córregos Fumal e Brejinho no período de 2010 a 2019



Fonte: da autora (2020).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises estatísticas dos monitoramentos sistemáticos realizados na ESEC-AE demonstraram que a Estação Ecológica atende aos objetivos de preservar as características qualitativas naturais dos corpos hídricos. A qualidade das águas, na maior parte do tempo, atende aos limites determinados pela classe 1 da resolução Conama 357.

Convém destacar que a metodologia aplicada com o uso da ACP se mostrou capaz de separar os pontos de monitoramento em grupos com características similares. A microbacia do Vereda Grande, o Córrego Brejinho e o P11 (microbacia da Lagoa) representam as águas de melhor qualidade ambiental. Como característica, esses pontos apresentam valores baixos para as medianas e desvio padrão de turbidez e NH_4 , associados a medianas de pH (5,51-5,78) e condutividade baixas (3-5 $\mu\text{s}/\text{cm}$) e OD maior que 80%.

O Ponto 5, localizado no Ribeirão Brejinho, apresenta características peculiares como, por exemplo, medianas de condutividade e temperatura mais elevadas e OD baixo. Considera-se que essas particularidades são atribuídas ao fato de tratar-se de águas subterrâneas profundas e mineralizadas.

O Ribeirão Fumal, a microbacia do Sarandi e a microbacia da Lagoa (P10) apresentam valores de turbidez e amônia mais elevados, aspectos que são reflexo do uso e da ocupação do solo, visto que recebem aporte de águas que drenam áreas rurais.

Ao se aplicar a ferramenta nas microbacias com mais locais de amostragem, foi possível propor um melhor ajuste na escolha dos locais de monitoramento. Foram identificados quatro grupos entre os seis pontos de monitoramento correspondentes à microbacia do Ribeirão Fumal.

Na Microbacia do Vereda Grande, os cinco pontos de monitoramento foram divididos em dois grupos: um deles representado pelo ponto 13, e o outro, pelos demais pontos (14, 15, 16 e 18). Houve diferenciação entre o período seco e o período chuvoso, com distinção dos valores de temperatura, pH e turbidez. Na estação chuvosa, o pH apresentou valores mais baixos, assim como temperatura e turbidez mais elevadas.

A análise estatística multivariada foi capaz de distinguir as variáveis responsáveis pelas características naturais do meio, como OD, Condutividade, temperatura e pH, dos fatores relacionados às interferências do uso do solo, como turbidez e NH_4 .

O monitoramento realizado pela CAESB no Brejinho apresentou valores médios bastante próximos dos valores do monitoramento realizado pelo IBRAM, o que demonstra a

coerência dos levantamentos. Apenas os valores de pH e dos nutrientes apresentaram algumas incongruências na comparação entre os monitoramentos.

As análises estatísticas descritivas que compararam os dois pontos de monitoramento da CAESB confirmaram que o Ribeirão Fumal apresenta qualidade inferior ao Ribeirão Brejinho. O parâmetro *E-Coli* apresentou distinções relevantes entre os pontos do Brejinho e do Fumal, o que constitui um bom indicativo da interferência do uso e da ocupação do solo.

Observou-se, na análise de sazonalidade, que a condutividade no Córrego Fumal sofre influência das águas mineralizadas, e a turbidez, do fluxo de chuvas.

Por fim, ressalta-se a importância de manutenção do monitoramento qualitativo na ESEC-AE, com o objetivo de acompanhar a variação nas características das águas ao longo do tempo e de detectar alterações substanciais, devido à influência exercida pelo uso e ocupação do solo em seu entorno.

Destaca-se, ainda, que o estudo de Portela (2013) também evidenciou a importância da unidade na manutenção das condições naturais das águas. A autora também detectou, na área de influência direta, focos que podem vir a alterar as características das águas. Em vista disso, ressalta a relevância do enquadramento e do monitoramento dos corpos d'água nesta UC.

7.1 PLANO DE MONITORAMENTO

Uma rede de monitoramento deve se ajustar aos objetivos e características intrínsecas da bacia. Nesse sentido, o monitoramento na Estação Ecológica Águas Emendadas, por se tratar de uma UC, deve ter como premissa entender e acompanhar as propriedades naturais. Portanto, é preciso conhecer as características das águas e os fatores que podem vir a alterar as condições naturais. Somente o plano de monitoramento elaborado de forma a atender essas premissas será eficaz e poderá contribuir para nortear políticas públicas que visem à conservação da unidade.

As análises estatísticas multivariadas se mostraram eficazes para propor ajustes a rede de monitoramento estudada. A metodologia descrita abaixo poderá ser replicada para outros locais.

Para aplicar a análise por componentes principais é preciso uma série completa de dados sem lacunas, portanto é necessário o tratamento prévio dos dados. Neste estudos os valores abaixo do limite de detecção foram substituídos pelo valor de detecção e os dados ausentes foram substituídos pela média, para os dados paramétricos ou mediana (não

paramétricos), seguindo a mesma metodologia adotada por Alves et al. (2018), Trindade (2013) e Souza (2009).

É essencial organizar os dados em tabelas, sendo as amostras nas linhas e os parâmetros nas colunas antes de realizar as análises no software *Statistica 10*.

A metodologia de análise estatística multivariada por componentes principais é um método de integração de dados ambientais, no qual muitas variáveis e amostras podem ser avaliadas de forma conjunta (BERNADI et al., 2009). Nos cursos d'água, onde diversas variáveis podem se correlacionar, é possível identificar as que melhor expressam as características locais. Isso porque essa metodologia consegue transformar um conjunto de variáveis em CPs ortogonais (não correlacionáveis).

Ao utilizar a ferramenta “Principal componente e classification analysis” dentro da opção de análises estatísticas multivariadas do software *statistica 10* é possível obter os valores de referência para análise dos dados:

Autovalores (*eigenvalues*): Os autovalores expressam a quantidade de variação explicada por cada componente. Autovalores maiores que 1 representam uma quantidade substancial de variação (JUAHIR et al., 2010; ARIS et al., 2013; RWOO et al., 2017; KHALIT et al., 2017; MUSTAPHA et al., 2013, 2014; MUSTAPHA; ARIS, 2012; VOZA et al., 2015; VOZA; VUKOVIĆ, 2018; ITICESCU et al., 2016, 2019; DAOU et al., 2018).

O gráfico de autovalores (*Scree plot*) é utilizado para determinar as CP que devem ser usadas nas análises dos resultados. Khalit et al. (2017) explicam que, após o ponto de quebra, o gráfico começa a estabilizar, e os fatores adicionais muitas vezes explicam menos do que uma variável isoladamente. Trindade (2013), por sua vez, desconsiderou na análise todas as componentes abaixo do ponto de quebra.

Cada componente extraída reproduz um percentual da combinação linear das variáveis originais (DAOU et al., 2018).

Cargas (*loading*): exprimem a contribuição de cada variável original na formação da componente principal (HUA; KUSIN; PRAVEENA, 2016). Dessa forma, os maiores valores de carga identificam as que melhor expressam a variabilidade em cada componente (HUA; KUSIN; PRAVEENA, 2016). No programa *Statistica* a carga das variáveis é obtida no botão que determina a carga de cada variável para os fatores baseado na matriz de correlação (*Factor coordinates of the variables, based on correlations*).

Cada CP é influenciada por fatores naturais ou antrópicos relacionados. Através das cargas é possível determinar as variáveis mais representativas da variabilidade. Essa informação associadas as características do meio (clima, solos, relevo, hidrografia, etc.) e ao

uso e ocupação do solo torna possível identificar os fatores que causam a variabilidade dos dados em cada CP. Por exemplo uma componente associada ao uso agrícola os nutrientes terão carga elevada.

Caso seja necessário verificar os fatores responsáveis pela variabilidade dos dados em uma subbacia, ou período específico, a ACP deverá ser aplicada no conjunto de dados correspondente ao objeto da análise.

As cargas também podem ser usadas para identificar as variáveis mais representativas do conjunto de dados. As cargas dos fatores são classificadas como fortes, moderadas e fracas. Elas correspondem, respectivamente, aos valores do módulo acima de 0,75; entre 0,75 e 0,50 e $< 0,50$ (LIU et al., 2003; VOZA e VUKOVIC, 2018). Neste estudo, foram consideradas variáveis significativas todas as que tinham cargas maiores que 0,6 em módulo.

As cargas foram os métodos utilizados para fazer a correlação com as informações das características locais, a fim de selecionar as variáveis que melhor representam a variabilidade dos dados.

Cada caso (amostra) apresenta uma **pontuação (score)** em relação a cada CP, que é obtido pela multiplicação da matriz dos autovetores (cargas) pela matriz original (BERNADI et al., 2009). Esses podem ser projetados no plano fatorial, onde os eixos são as duas principais componentes. Esse diagrama é usado para verificar se existem grupos de amostras que apresentam características semelhantes. No programa estatística é utilizada a ferramenta de projeção dos casos no plano fatorial das duas PC.

Os diagramas de dispersão podem ser utilizados para identificar pontos que podem ser agrupados, sem acarretar perda de informação. Desta forma permitir otimizar as redes de monitoramento com redução de “pontos redundantes”.

Nesse contexto, após avaliar os dados de monitoramento da ESEC-AE seguindo a metodologia descrita e por estatística descritiva, esta pesquisa propõe que sejam mantidos os seguintes pontos de monitoramento: P3, P4, P5 e P6 na microbacia do Ribeirão Fumal; os pontos P13 e P16 na microbacia do Córrego Vereda Grande; os pontos P10 e P11 na microbacia da Lagoa, e o ponto P12 na bacia do Sarandi. Com isso, totaliza-se nove pontos de monitoramento, o que representa uma redução de seis pontos na rede estudada.

Quanto aos parâmetros, sugere-se a continuidade das análises de pH, temperatura, condutividade e OD, para verificar a manutenção ou alteração das características naturais do meio ao longo do tempo. Ademais, recomenda-se analisar os parâmetros turbidez, NH_4^+ e *E. coli*, a fim de acompanhar as alterações advindas do uso e da ocupação do solo.

Sugere-se, por fim, o monitoramento trimestral, a ser realizado em meses não coincidentes com os da CAESB, que são realizados em fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. D.; RIEGEL, R. P.; DE QUEVEDO, D. M.; OSÓRIO, D. M. M.; DA COSTA, G. M.; DO NASCIMENTO, C. A.; TELÖKEN, F. Seasonal assessment and apportionment of surface water pollution using multivariate statistical methods: Sinos River, southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, Zurique, v. 190, n. 7, p. 12, 2018.
- AMORIM, D. G.; CAVALCANTE, P. R. S.; SOARES, L. S.; AMORIM, P. E. C. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 251–259, 2017.
- ARIS, A. Z.; PRAVEENA, S. M.; ISA, N. M.; LIM, W. Y.; JUAHIR, H.; YUSOFF, M. K.; MUSTAPHA, A. Application of Environmetric Methods to Surface Water Quality Assessment of Langkawi Geopark (Malaysia). **Environmental Forensics**, v. 14, n. 3, p. 230–239, 2013.
- BAPTISTA, G. M. M. Modelagem do Fenômeno. In: **Seduma**. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). Brasília: Seduma, 2008, 542 p.
- BILICH, M. R. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão Mestre d'Armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BITTENCOURT, L. A. F.; PAULA, A. De. Análise cienciométrica de produção científica em Unidades de Conservação federais do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 8, n. 14, p. 2044–2054, 2012.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 9 jan. 1997.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 25 mai. 2012.
- BRASIL. (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA) Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as Classificações dos Corpos D'água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, e dá outras Providências Brasília, 18 maio 2005.
- CAMPOS, J.E.G. Dimensão da Singularidade. In: **Seduma**. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). Brasília: Seduma, 2008, 542 p.

CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A.; FREITAS-SILVA, F. H.; MARTINS-FERREIRA, M.A.C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v.43, p. 461-476, 2013.

CAMPOS, J.E.G.; FREITAS-SILVA, F.H. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília. 1998. v. 4, 85 p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic Classification of Köppen-Geiger For the State of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, [s. l.], v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

CARVALHO, R.D. Localização da Unidade. In: **Seduma**. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). Brasília: Seduma, 2008, 542 p.

DAOU, C.; NABBOUT, R.; KASSOUF, A. Spatial and temporal assessment of surface water quality in the Arka River, Akkar, Lebanon. **Environmental Monitoring and Assessment**, Zurique, v. 188, n. 12, p. 1–10, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10661-016-5686-4>>

DAOU, C.; SALLOUM, M.; LEGUBE, B.; KASSOUF, A.; OUAINI, N. Characterization of spatial and temporal patterns in surface water quality: a case study of four major Lebanese rivers. **Environmental Monitoring and Assessment**, Zurique, v. 190, n. 8, p. 16, 2018.

DISTRITO FEDERAL. Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal nº 02, de 17 de dezembro. Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos. Brasília, DF. 2014.

DUTTA, S.; DWIVEDI, A.; KUMAR, M. S. Use of water quality index and multivariate statistical techniques for the assessment of spatial variations in water quality of a small river. **Environmental monitoring and assessment**, [s. l.], v. 190, n. 12, p. 17, 2018.

ECK, N. J. Van; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, 590p, 2018.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos no Distrito Federal**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro, 1978. 455 p.

FREITAS-SILVA, F.H.; CAMPOS, J.E.G. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília. 1998. v. 86p.

FIGUEIREDO, H. P. De; FIGUEIREDO, C. R. de P.; BARROS, J. H. de S.; CONSTANTINO, M.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MORAES, P. M. De; COSTA, R. B. Da. Water quality in an urban environmental protection area in the Cerrado Biome, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 191, n. 2, p. 1–12, 2019.

FONSECA, P. C. M. **Análise dos instrumentos EIA e RIVI na gestão do espaço urbano: sub-bacia do ribeirão Mestre D'armas.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília. Brasília, p.164. 2007.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. Da; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. De; 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**, v. 16, n. 5, p. 558–563, Brasil, 2012.

GRÁCIO, M. C. C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, [s. l.] v. 21, n. 47, p. 82, 2016.

HACHICH, E. M.; DI BARI, M.; CHRIST, A. P. G.; LAMPARELLI, C. C.; RAMOS, S. S.; SATO, M. I. Z. Comparison of thermotolerant coliforms and Escherichia coli densities in freshwater bodies. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 675–681, 2012.

HUA, A. K.; KUSIN, F. M.; PRAVEENA, S. M. Spatial variation assessment of river water quality using environmetric techniques. **Polish Journal of Environmental Studies**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 2411–2422, 2016.

ITICESCU, C.; GEORGESCU, L. P.; MURARIU, G.; TOPA, C.; TIMOFTI, M.; PINTILIE, V.; ARSENI, M. Lower danube water quality quantified through WQI and multivariate analysis. **Water** (Switzerland), [s. l.], v. 11, n. 6, 2019.

ITICESCU, C.; MURARIU, G.; GEORGESCU, L. P.; BURADA, A.; TOPA, C. M. Seasonal variation of the physico-chemical parameters and water quality index (WQI) of danube water in the transborder lower danube area. **Revista de Chimie**, [s. l.], v. 67, n. 9, p. 1843–1849, 2016

JUAHIR, H.; ZAIN, S. M.; YUSOFF, M. K.; HANIDZA, T. I. T.; ARMI, A. S. M.; TORIMAN, M. E.; MOKHTAR, M. Spatial water quality assessment of Langat River Basin (Malaysia) using environmetric techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 173, n. 1–4, p. 625–641, 2010.

KASIM, M. F.; JUAHIR, H.; TAWNIE, I.; AZID, A.; SAUDI, A. S. M.; SAMSUDIN, S.; TORIMAN, M. E.; FAZLI, B. M.; CHE HASNAM, C. N. Environmetric techniques application in water quality assessment: A case study in Linggi River Basin. **Jurnal Teknologi**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 151–157, 2015.

KHALIT, S. I.; SAMSUDIN, M. S.; AZID, A.; YUNUS, K.; ZAUDI, M. A.; SHARIP, Z.; SHARIFUDDIN, S. S.; HUSIN, T. M. A preliminary study of marine water quality status using principal component analysis at three selected mangrove estuaries in East Coast Peninsular Malaysia. **Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 764–768, 2017.

LACERDA, M.P.C. Solos. In: **Seduma. Águas Emendadas.** Fonseca, F.O. (org). –Brasília: Seduma, 2008, 542 p.

LIMA, J. B. M. **Estudo de redes de monitoramento de qualidade de água superficiais** – O caso da Bacia do Rio Descoberto. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, p.111. 2004.

LIU, W. X.; LIA, X.D.; SHENA, Z. G.; WANGA, D. C.; WAIA, O.W. H.; LIA, Y. S. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary. **Environmental Pollution**, 121(3), 377–388, 2003.

LIU, C. W.; LIN, K. H.; KUO, Y. M. Application of factor analysis in the assessment of ground- water quality in a Blackfoot disease area in Taiwan. **The Science of the Total Environment**, 313, 77–89, 2003. doi:10.1016/S0048-9697(02)00683-6.

MAIA, J. M. F; BAPTISTA, G.M.M. Clima. In: **Seduma**. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). –Brasília: Seduma, 2008, 542 p.

MARTINS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, 1998.

MEDEIROS, W. M V.; SILVA, C. E. da; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Revista Ambiente e Água, Taubaté**, v. 9, n. 3, p. 1–17, 2018.

MERIGO, J. M.; BLANCO-MESA, F.; GIL-LAFUENTE, A. M.; YAGER, R. R. A. Bibliometric analysis of the first thirty years of the International Journal of Intelligent Systems. 2016 **IEEE Symposium Series on Computational Intelligence**, SSCI 2016, [s. l.], 2017.

MIGUÉIS, A.; NEVES, B.; SILVA, A. L.; TRINDADE, Á.; BERNARDES, J. A. A importância das palavras-chave dos artigos científicos da área das Ciências Farmacêuticas, depositados no Estudo Geral: estudo comparativo com os termos atribuídos na MEDLINE. In: **Revista de Ciência da Informação e Documentação, Ribeirão Preto**, v. 4, n. 2, p. 112–125, 2013.

MORAES, L.L; CAMPOS, J.E.G. Geologia. In: **Seduma**. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). Brasília: Seduma, 2008, 542 p.

MUSTAPHA, A.; ARIS, A. Z.; JUAHIR, H.; RAMLI, M. F.; KURA, N. U. River water quality assessment using environmentric techniques: Case study of Jakara River Basin. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 20, n. 8, p. 5630–5644, 2013.

MUSTAPHA, A.; ARIS, A. Z.; YUSOFF, F. Md.; ZAKARIA, M. P.; RAMLI, M. F.; ABDULLAH, A. M.; KURA, N. U.; NARANY, T. S. Statistical Approach in Determining the Spatial Changes of Surface Water Quality at the Upper Course of Kano River, Nigeria. **Water Quality, Exposure and Health**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 127–142, 2014.

MUSTAPHA, A.; ARIS, A. Z. Spatial aspects of surface water quality in the Jakara Basin, Nigeria using chemometric analysis. **Journal of Environmental Science and Health - Part**

A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, [s. l.], v. 47, n. 10, p. 1455–1465, 2012.

NASCIMENTO, R.O. 2008. Geomorfologia. In: Fonseca, F.O (org.). **Águas Emendadas/Distrito Federal**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília: Seduma. 542 p.

NGUYEN, T. H.; HELM, B.; HETTIARACHCHI, H.; CAUCCI, S.; KREBS, P. The selection of design methods for river water quality monitoring networks: a review. **Environmental Earth Science**, [s. l.], v. 78, n. 3, p. 1–17, 2019.

NONATO, Eliana A.; VIOLA, Zenilde G. G.; ALMEIDA, Katiane C. B.; SCHOR, Heloiza H. R. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do rio das Velhas. *Química Nova*, v. 30, n. 4, p. 797-804, Mar. 2007

PASSOS, A. L. L. **Seleção de melhores parâmetros na definição de um índice de qualidade de água para o distrito federal**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Brasília. Brasília, p.74. 2018.

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; PIRES, J. S. R. P.; HARDT, E.; SANTOS, J. E.; FERREIRA, A. W. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, p. 371–381, 2011.

PORTELA, J. F. **Avaliação da qualidade da água na área de influência direta da Estação Ecológica de Águas Emendada**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade de Brasília. Brasília, p.57. 2013.

QUEIROZ, M. NASCENTES, VEREDAS E ÁREAS ÚMIDAS: **Revisão Conceitual e Metodologia de Caracterização e Determinação**: Estudo de Caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Distrito Federal. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, p.148. 2015.

RIBEIRO, M.C.L.B; PERDIGÃO, V.S.J; ROSA, J.W.C; ROSA, J.W.C e SANTOS, M. V. Uma explicação Biogeográfica. In: **Seduma**. 2008. Águas Emendadas. Fonseca, F.O. (org). – Brasília: Seduma, 542 p.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Ambiente e Água**, [s. l.], v. 11, p. 177–187, 2015.

ROCHA, C. H. B.; SILVA, T. M. Da; FREITAS, F. A. Processos condicionantes de alterações em variáveis limnológicas: uma abordagem estatística na Represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 131–138, 2016.

ROSSETTO, D. E.; BERNARDES, R. C.; BORINI, F. M.; GATTAZ, C. C. Structure and evolution of innovation research in the last 60 years: review and future trends in the field of business through the citations and co-citations analysis. **Scientometrics**, [s. l.], v. 115, n. 3, p. 1329–1363, 2018.

RWOO, M. A.; JUAHIR, H.; ROSLAN, N. M.; ENDUT, M. K. A.; KAMARUDIN, K. A.; AMRAN, M. A. Assessment of drinking water quality using principal component analysis and partial least square discriminant analysis: a case study at water treatment plants, Selangor. **Journal of fundamental and Applied Sciences**, [s. l.], v. 9, n. 2S, p. 157–173, 2017.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling and Software**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 464–475, 2007.

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in Northern Grece. **Water Research**, [s. l.], v. 37, n. 17, p. 4119–4124, 2003.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) - A case study. **Water Research**, [s. l.], v. 38, n. 18, p. 3980–3992, 2004.

SOARES, P. F. **Projeto e Avaliação de Desempenho de Redes de Monitoramento de Qualidade da Água Utilizando o Conceito de Entropia**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

SOUZA, S. N. De. **Aplicação de Técnica de Análise multivariada para avaliação de redes de monitoramento da qualidade da água**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

TRINDADE, A. L. C. A. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais na porção mineira da bacia do rio São Francisco**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo, Oficina de textos, 2011.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre. Editora da Universidade, Edusp, ABRH.943p,1993

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, [s. l.], v. 32, n. 12, p. 3581–3592, 1998.

VILLELA, S.M; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil,1975.

VOZA, D.; VUKOVIĆ, M. The assessment and prediction of temporal variations in surface water quality—a case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 190, n. 7, p. 2–16, 2018.

VOZA, D.; VUKOVIĆ, M.; ARSIĆ, M.; TAKIĆ, L. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Morava River system, Serbia. **Fresenius Environmental Bulletin**, [s. l.], v. 24, n. 3B, p. 1119–1130, 2015.

ZANINI, G. B.; PINTO, M. D. de S.; FILIPPIM, E. S. A Bibliometria a Serviço do Conhecimento: Análise de Citação do Tema de Interesse Gestão do Conhecimento do ENANAPAD (2007 a 2010). In: **XXXVI ENCONTRO DA ANPAD** - 2012, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro

ANEXO

Anexo 1 – Dados Brutos IBRAM

Local	Data	Temperatura (°C)	Condutividade. (µS/cm ²)	STD _{VSI} (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Turbidez (NTU)	OD (%sat)	OD (mg/L)
P1	20/07/12	19,990	4,000	3,000	5,044	0,094	l/d	0,729	80,743	7,340
P1	02/10/12	21,292	4,000	3,000	5,387	0,048	0,030	6,283	81,383	7,213
P1	17/07/13	20,070	4,000	3,000	5,070	0,180	0,740	2,220	82,180	7,460
P1	17/09/13	21,180	4,000	2,940	5,330	0,010	4,680	1,700	81,700	7,250
P1	10/12/13	21,560	4,000	3,000	5,150	0,110	2,164	0,400	79,500	7,010
P1	28/03/14	21,500	4,000	3,000	5,030	l/d	3,960	3,700	79,000	6,980
P1	11/06/14	20,360	4,000	3,000	5,430	0,370	4,300	0,010	82,000	7,400
P1	03/03/15	21,050	6,000	4,000	4,660	1,350	l/d	1,100	81,700	7,280
P1	23/11/16	21,24	53,50	0,00	5,77	6,74	0,05	12,58	S/d	s/d
P1	08/02/17	22,71	S/d	s/d	6,11	s/d	0,05	s/d	s/d	s/d
P1	29/06/17	18,54	s/d	s/d	5,24	1,23	0,38	s/d	s/d	s/d
P1	10/08/17	20,35	5,00	s/d	5,31	0,01	s/d	s/d	s/d	s/d
P1	04/09/18	21,24	1,63	1,00	5,61	3,78	s/d	15,00	81,10	7,59
P1	23/10/19	21,70	7,079	12,9	6,1	s/d	s/d	1,96	66,9	6,77
P2	20/07/12	20,557	4,000	3,000	5,173	0,087	l/d	1,500	76,717	6,900
P2	02/10/12	22,020	4,000	2,833	5,070	0,098	0,02	6,400	71,000	6,207
P2	17/07/13	20,570	3,000	2,000	5,400	0,100	1,710	2,760	80,580	7,250
P2	17/09/13	21,770	1,000	1,320	5,140	0,100	0,670	3,300	72,400	6,350
P2	10/12/13	21,600	3,000	2,000	5,410	l/d	2,410	3,400	79,200	6,980
P2	28/03/14	21,080	3,000	2,000	4,460	0,110	1,760	1,800	85,800	7,640
P2	11/06/14	20,560	3,000	2,000	4,850	0,690	3,630	2,000	83,600	7,520
P2	03/03/15	21,060	4,000	3,000	3,63	3,64	0,010	5,600	86,500	7,700
P2	08/02/17	22,72	s/d	s/d	8,02	5,64	0,18	s/d	s/d	s/d
P2	29/06/17	18,49	s/d	s/d	4,00	5,28	0,07	s/d	s/d	s/d
P2	10/08/17	17,67	s/d	s/d	5,72	11,07	0,02	s/d	80,80	7,70
P3	20/07/12	19,830	4,000	3,000	5,490	0,140	s/d	0,700	81,300	7,400
P3	02/10/12	20,30	4,40	4,00	3,00	l/d	0,02	0,90	81,50	7,65
P3	17/07/13	20,000	4,000	3,000	4,870	0,290	0,420	2,630	82,000	7,470
P3	17/09/13	20,500	4,000	3,000	4,700	0,010	0,910	1,400	82,000	7,450
P3	10/12/13	21,520	4,000	3,000	4,970	0,010	0,910	2,500	79,300	7,000
P3	28/03/14	21,300	4,000	3,000	4,680	0,010	1,110	1,700	79,730	7,060
P3	11/06/14	20,230	4,000	3,000	4,730	5,230	1,090	1,200	81,900	7,420
P3	03/03/15	20,930	6,000	4,000	5,620	1,260	l/d	1,000	81,400	7,260
P3	08/02/17	22,74	s/d	s/d	7,71	11,17	0,29	s/d	51,40	4,43
P3	29/06/17	18,68	s/d	s/d	4,30	3,89	l/d	s/d	s/d	s/d
P3	10/08/17	18,06	s/d	s/d	6,47	1,44	0,02	s/d	s/d	s/d
P3	04/09/18	21,5	8,38	5,88	5,96	1,06	0,930	s/d	89,60	7,91
P3	23/10/19	21,7	7,07	12,90	6,10	s/d	s/d	1,96	66,90	6,77

Local	Data	Temperatura (°C)	Condutividade. (µS/cm ²)	STD _{YSI} (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Turbidez (NTU)	OD (%sat)	OD (mg/L)
P4	07/08/12	21,067	5,000	4,000	7,290	0,017	0,071	0,717	89,733	7,990
P4	04/10/12	19,908	3,000	2,000	6,040	0,020	1,090	5,867	89,900	8,190
P4	19/07/13	19,210	3,000	2,000	6,700	0,610	28,850	3,710	90,610	8,370
P4	11/09/13	20,070	3,000	2,000	5,820	0,010	0,950	1,710	90,690	8,230
P4	10/12/13	21,340	3,000	2,000	5,780	0,166	1,237	3,448	89,600	7,930
P4	28/03/14	21,540	3,000	2,000	5,080	ld	0,740	1,650	89,900	7,930
P4	10/06/14	19,020	3,000	2,000	5,310	1,550	0,970	1,100	90,000	8,350
P4	16/04/15	20,630	5,000	3,000	6,220	3,300	ld	2,500	92,100	8,270
P4	23/11/16	21,98	s/d	s/d	6,68	13,05	0,03	13,43	Sd	s/d
P4	23/10/19	s/d	6,45	4,80	6,50	s/d	s/d	0,35	sd	s/d
P5	07/08/12	23,850	109,000	72,000	7,290	0,223	0,044	sd	53,367	4,505
P5	04/10/12	24,738	88,500	57,700	6,450	0,267	0,333	5,500	51,517	4,275
P5	19/07/13	23,640	109,000	73,000	6,380	0,810	16,670	3,470	50,100	4,240
P5	11/09/13	23,590	109,000	73,000	6,550	0,920	2,880	1,100	49,200	4,170
P5	10/12/13	23,550	107,000	72,000	6,600	0,352	1,550	1,100	48,700	4,130
P5	02/04/14	23,480	107,000	71,000	6,610	0,720	2,950	9,400	48,700	4,140
P5	10/06/14	23,410	107,000	71,000	6,360	0,540	2,310	1,900	50,900	4,330
P5	16/04/15	22,870	108,000	73,000	6,170	2,220	0,320	2,300	50,000	4,290
P5	23/11/16	22,98	160,20	Sd	6,87	3,93	0,82	32,80	ld	sd
P5	08/02/17	22,88	134,00	Sd	8,28	3,12	0,29	sd	67,70	5,82
p5	29/06/17	22,69	128,00	Sd	6,54	2,83	ld	sd	sd	sd
P5	10/08/17	22,19	126,00	Sd	7,49	0,54	0,060	sd	sd	sd
P5	23/10/19	23,80	109,80	114,70	6,30	sd	sd	2,50	47,50	4,07
P6	07/08/12	21,447	68,000	47,000	6,887	0,163	0,345	2,083	79,967	7,067
P6	04/10/12	22,752	81,000	52,000	7,140	0,190	2,600	7,017	79,383	6,842
P6	19/07/13	22,752	72,000	47,000	6,960	0,480	23,070	7,600	80,430	7,100
P6	11/09/13	21,490	74,000	52,000	7,100	1,400	2,420	2,200	79,400	7,010
P6	10/12/13	22,000	56,000	39,000	6,890	0,427	1,298	31,800	78,500	6,840
P6	02/04/14	21,800	68,000	45,000	6,640	ld	1,680	4,600	79,000	6,970
P6	10/06/14	20,900	60,000	43,000	6,930	0,520	2,620	0,700	80,100	7,150
P6	16/04/15	21,320	47,000	31,000	6,220	3,130	0,080	4,800	81,200	7,200
P6	08/02/17	19,16	30,00	sd	7,07	sd	sd	sd	82,60	7,63
P6	29/06/17	18,74	101,00	sd	6,81	sd	sd	sd	sd	sd
P6	10/08/17	18,11	sd	sd	7,20	sd	sd	sd	sd	sd
P6	25/10/19	22,40	76,53	76,80	6,40	sd	sd	0,07	74,70	6,48
P10	09/08/12	19,266	5,000	3,000	5,005	0,082	ld	0,188	50,775	4,684
P10	25/09/12	24,448	6,000	4,000	5,283	0,765	sd	0,700	39,350	3,285
P10	18/06/13	20,170	6,060	4,990	5,820	0,120	1,310	1,300	50,760	4,600
P10	05/09/13	21,220	3,000	3,000	5,440	0,250	l/d	1,100	46,600	4,130
P10	11/12/13	24,100	7,000	4,200	5,880	0,170	1,980	2,490	58,950	4,920
P10	21/03/14	24,750	6,000	4,100	6,170	0,180	4,090	1,100	61,100	5,080
P10	11/06/14	19,810	3,000	2,000	7,340	33,590	0,030	1,600	51,900	4,740

Local	Data	Temperatura (°C)	Condutividade. (µS/cm ²)	STD _{YSI} (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Turbidez (NTU)	OD (%sat)	OD (mg/L)
P10	17/04/15	22,280	10,500	6,500	6,755	31,88	2,060	1,350	56,500	4,910
P10	18/11/16	21,01	4,29	s/d	5,40	6,91	0,03	2,53	s/d	s/d
P11	09/08/12	20,254	5,000	3,000	5,768	0,041	ld	1,200	83,263	7,534
P11	02/10/12	21,748	5,000	3,167	5,708	0,096	ld	6,733	82,500	7,247
P11	08/04/13	23,540	5,920	4,000	5,860	0,080	2,220	0,820	80,760	6,630
P11	25/06/13	21,220	6,000	5,620	7,540	0,180	1,040	2,580	84,650	7,520
P11	17/09/13	22,380	3,000	2,000	4,890	2,180	0,640	1,100	83,500	7,230
P11	27/11/13	23,900	5,000	3,000	5,610	0,090	2,120	6,600	79,000	6,660
P11	26/03/14	23,580	5,000	3,000	5,880	0,390	3,390	6,400	75,300	6,390
P11	09/06/14	20,860	5,000	3,000	5,510	0,320	4,820	2,000	82,700	7,400
P11	17/04/15	22,220	5,000	3,000	5,695	0,355	4,105	4,200	79,000	6,895
P11	25/08/17	14,22	2,00	s/d	4,27	s/d	sd	sd	55,30	5,66
P11	06/09/18	19,15	5,00	4,00	6,27	18,25	sd	sd	84,70	7,85
P11	23/10/19	20,20	6,55	9,00	6,30	s/d	sd	sd	49,70	4,50
P12	09/08/12	19,055	5,000	4,000	5,582	0,204	ld	7,520	84,583	7,838
P12	02/10/12	21,158	6,000	4,000	5,462	0,039	2,717	10,217	80,950	7,195
P12	08/04/13	22,600	7,000	5,000	5,430	0,270	1,780	37,300	82,000	7,090
P12	25/06/13	20,030	7,000	4,000	5,090	0,470	0,400	8,500	83,000	7,540
P12	27/11/13	21,770	8,000	5,000	5,100	1,270	0,460	13,800	79,400	6,970
P12	26/03/14	22,330	7,000	5,000	5,570	0,620	3,270	25,200	81,800	7,100
P12	09/06/14	19,690	6,000	4,000	5,270	0,630	2,360	7,600	83,300	7,620
P12	17/04/15	21,010	6,500	4,500	5,420	0,625	2,815	16,400	82,550	7,360
P12	23/10/19	22,40	5,77	5,90	6,40	sd	sd	1,50	78,30	6,79
P13	30/07/12	18,470	4,000	3,000	5,400	0,308	0,064	0,900	79,700	7,470
P13	27/09/12	20,880	5,000	3,000	5,408	0,115	0,038	5,400	77,517	6,923
P13	01/04/13	21,970	4,000	3,000	4,650	0,070	2,210	1,720	83,190	7,280
P13	17/06/13	18,370	4,000	3,000	4,180	0,460	0,380	1,200	80,800	7,590
P13	26/11/13	21,200	4,000	2,840	4,210	0,510	0,550	2,770	78,220	6,990
P13	20/03/14	20,130	5,000	3,000	4,200	1,620	1,150	0,730	79,110	7,180
P13	03/06/14	18,230	4,000	3,000	4,170	2,510	0,920	1,200	88,100	8,300
P13	09/04/15	19,180	4,000	2,000	4,185	1,255	1,035	0,965	83,605	7,740
P13	15/09/17	16,36	2,83	sd	sd	sd	sd	3,87	Sd	sd
P13	17/08/18	19,52	s/d	sd	5,46	sd	sd	s/d	30,70	2,86
P14	30/07/12	17,840	3,200	2,000	5,640	0,080	0,044	2,900	89,300	8,480
P14	27/09/12	20,917	3,000	2,000	5,405	0,068	0,013	5,667	88,633	7,917
P14	17/06/13	18,420	3,000	2,000	4,450	0,010	0,480	2,900	88,350	8,290
P14	26/11/13	21,370	2,000	1,000	5,270	0,080	3,070	2,800	87,500	7,730
P14	20/03/14	20,390	4,000	3,000	3,74	3,370	0,920	4,900	86,500	7,810
P14	03/06/14	18,240	3,000	2,000	4,06	4,220	0,970	1,100	87,900	8,280
P14	09/04/15	19,315	3,500	2,500	3,90	3,795	0,945	3,000	87,200	8,045
P14	10/08/17	20,03	s/d	s/d	6,53	1,72	0,13	s/d	S/d	s/d
Local	Data	Temperatura	Condutividade.	STD _{YSI}	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Turbidez	OD	OD
				(mg/L)		(mg/L)	(mg/L)	z	(%sat)	(mg/L)

		(°C)	($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)		L)			(NTU)		
P15	30/07/12	18,310	2,000	1,000	5,500	0,024	s/d	0,300	88,90	8,360
P15	27/09/12	20,640	2,000	1,000	5,345	0,022	0,068	5,733	87,98	7,900
P15	01/04/13	21,990	3,000	3,000	5,090	0,030	3,790	3,790	90,15	7,880
P15	17/06/13	18,770	2,000	1,000	4,950	0,070	1,030	1,300	90,10	8,390
P15	11/12/13	21,220	2,000	1,020	5,310	L/d	0,980	2,800	88,110	7,820
P15	20/03/14	20,590	3,000	2,000	4,050	2,430	0,860	2,600	89,300	8,020
P15	09/06/14	18,070	2,000	1,000	5,310	1,760	2,320	1,100	90,000	8,510
P15	09/04/15	21,085	2,000	1,000	5,581	1,884	2,320	4,722	76,631	6,812
P15	08/02/17	23,25	sd	sd	7,99	4,47	0,22	Sd	76,10	6,49
P15	29/06/17	18,71	sd	sd	4,90	1,68	0,39	sd	sd	sd
P15	10/08/17	17,81	sd	sd	7,10	0,57	0,02	/d	sd	sd
P15	17/08/18	18,91	3,00	2,00	5,52	0,07	s/d	17,10	80,20	7,44
P15	23/10/19	20,90	7,16	7,80	6,50	s/d	s/d	0,41	39,70	3,56
P16	30/07/12	19,660	3,000	2,000	5,127	0,080	0,030	1,150	87,933	8,048
P16	27/09/12	21,260	3,000	2,000	5,187	0,027	0,074	6,450	86,150	7,643
P16	01/04/13	21,610	3,000	2,000	5,090	0,060	3,790	1,600	88,500	7,800
P16	17/06/13	19,810	3,000	2,000	4,990	0,040	1,160	1,400	88,000	8,030
P16	26/11/13	20,990	3,000	2,000	4,640	0,330	0,920	1,500	85,300	7,600
P16	20/03/14	20,990	3,000	2,000	4,020	3,460	0,860	6,700	87,400	7,790
P16	09/06/14	19,320	3,000	2,000	6,880	1,640	4,310	5,000	88,700	8,180
P16	09/04/15	20,155	3,000	2,000	5,450	2,550	2,585	8,100	88,050	7,985
P16	09/08/17	20,47	sd	sd	6,19	1,45	2,74	sd	sd	s/d
P16	17/08/18	19,70	1,00	1,00	5,59	0,02	s/d	28,20	89,50	8,19
P16	23/10/19	20,80	3,26	5,60	5,70	s/d	s/d	0,54	77,20	6,91
P18	02/08/12	18,930	11,00	7,00	5,710	0,176	ld	5,100	87,900	8,170
P18	25/09/12	21,387	5,000	3,000	6,950	0,181	sd	1,500	85,517	7,570
P18	01/04/13	21,690	2,900	1,940	5,280	0,060	4,220	2,940	88,350	7,770
P18	18/06/13	19,140	3,000	2,000	5,060	0,150	0,660	1,800	88,50	8,190
P18	11/12/13	21,140	3,000	2,000	4,740	l/d	0,670	10,260	85,84	7,630
P18	21/03/14	20,810	3,000	2,000	4,140	2,020	0,830	13,000	88,40	7,910
P18	18/06/14	19,050	2,000	2,000	4,510	2,400	0,930	1,300	88,40	8,200
P18	17/04/15	19,050	2,000	2,000	4,510	2,400	0,930	1,300	88,400	8,200
P18	18/11/16	18,66	5,00	sd	4,10	s/d	sd	4,48	sd	sd
P18	06/09/18	20,29	sd	sd	6,25	0,02	sd	s/d	85,70	sd
P18	23/10/19	21,70	7,71	8,80	7,00	s/d	sd	0,58	73,60	6,48
P19	02/08/12	19,060	6,000	4,000	5,820	0,065	ld	4,600	84,700	7,850
P19	25/09/12	22,718	6,000	4,000	6,206	0,223	s/d	3,500	82,260	7,090
P19	01/04/13	24,280	6,890	4,920	5,990	0,080	2,860	19,740	86,900	7,280
P19	18/06/13	21,500	4,000	2,000	5,980	0,080	1,340	43,000	87,000	7,680
P19	11/12/13	24,410	6,000	4,000	6,070	0,150	6,910	5,300	86,100	7,190
P19	21/03/14	24,360	6,000	4,000	6,000	0,210	7,140	8,300	86,300	7,220
P19	18/06/14	20,240	5,000	4,000	5,420	0,520	2,400	3,900	86,000	7,780
Local	Data	Temperatura	Condutividade.	STD _{YSI} (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Turbidez	OD (%sat)	OD (mg/L)

		(°C)	($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)		L)		(NTU)			
P19	17/04/15	22,970	6,210	4,370	6,130	0,730	5,940	6,270	81,120	7,010
P19	18/11/16	21,40	4,00	s/d	5,02	3,50	0,06	6,35	S/d	s/d

sd- Sem determinação do parâmetro ld- abaixo do limite de detecção

Anexo 2 – Dados Brutos CAESB

Local	Data	COND uS/cm	E coli NMP/100 mL	N- NH3 mg/L	N_NO3 mg/L	OD mg/L	pH -	SDT mg/L	Temp °C	TURB NTU
F	01/02/2010	52,0	235,9		0,078	5,7	6,9	34,8	22,1	2,2
B	01/02/2010	2,3	1299,7		0,008	6,6	6,0	1,6	22,2	1,9
F	14/04/2010	47,3	135,4		0,075	5,8	6,4	32,3	21,3	3,4
B	14/04/2010	2,3	72,3		0,007	7,2	6,0	1,6	20,4	2,2
F	01/06/2010	59,5	33,3		0,172	6,2	7,0	40,4	21,7	2,2
B	01/06/2010	2,5	32,3		0,014	6,6	6,7	1,7	20,1	2,5
B	04/08/2010	4,7	98,7		0,004	6,2	7,4	3,2	18,4	1,6
F	04/08/2010	73,3	35,0		0,132	6,0	7,1	50,1	19,8	1,6
B	26/10/2010	2,5	86,5		0,004	5,5	6,9	1,7	23,2	1,4
F	26/10/2010	62,8	325,5		0,119	4,9	7,0	42,7	22,2	1,7
B	13/12/2010	3,0	648,8		0,045	7,0	7,0	2,1	23,0	2,1
F	13/12/2010	54,7	307,6		0,109		7,3	37,0	25,2	3,1
B	15/02/2011	3,1	195,6		< 0,001	7,1	6,2	2,1	20,4	2,6
F	15/02/2011	52,5	185,0		0,102	6,1	6,6	35,6	21,9	3,1
B	19/04/2011	4,6	145,0		0,168	6,9	6,8	3,1	22,0	1,6
F	19/04/2011	58,3	152,9		0,120	6,0	7,1	39,9	23,0	1,7
B	10/06/2011	3,6	1299,7		< 0,001	7,8	6,8	2,4	20,0	2,1
F	10/06/2011	66,8	387,3		0,125	6,8	7,2	45,2	21,0	2,2
B	15/08/2011	3,4	435,2			8,0	6,4	2,3	18,2	1,3
F	15/08/2011	79,2	201,4			7,0	6,6	53,9	20,3	1,1
B	13/10/2011	3,7	517,2		0,026	7,5	6,4	2,5	22,7	1,6
F	13/10/2011	76,5	686,7		0,127	6,0	6,5	52,0	22,5	1,7
F	16/12/2011	38,0	344,8	0,132	0,014	6,4	6,5	23,2	21,7	6,1
B	16/12/2011	7,6	83,9	0,219	0,412	7,9	6,3	4,5	20,0	3,9
B	17/02/2012	4,4	16,9	0,119	0,025	7,5	6,8	2,6	22,0	2,5
F	17/02/2012	46,3	101,5	0,122	0,014	6,4	6,8	27,8	21,0	2,5
B	20/04/2012	4,3	31,3	0,463	0,048	7,6	6,4	2,5	21,0	0,3
F	20/04/2012	56,0	110,6	0,571	0,152	7,5	6,7	33,4	21,2	0,8
F	11/06/2012	69,9	103,6	<0,048	0,185	6,8	7,5	41,8	22,3	1,4
B	11/06/2012	3,5	252,6	<0,048	0,028	7,6	8,6	2,0	20,9	1,4
B	13/08/2012	5,7	65,7	0,110	0,017	6,2	7,7	3,4	19,7	1,1
F	13/08/2012	60,8	172,4	0,160	0,152	7,0	7,5	36,4	21,5	1,1
B	11/10/2012	3,2	148,3	0,010	0,003	6,9	6,8	1,7	22,0	1,3
F	11/10/2012	80,2	194,4	0,035	0,111	6,4	7,7	48,0	24,1	1,3
F	04/12/2012	51,6	90,9	0,064	0,038	6,3	7,0	30,9	21,9	1,9
B	04/12/2012	4,1	38,7	0,037	<0,001	6,9	8,5	2,5	21,5	1,9
B	08/02/2013	4,9	131,4	0,016	0,081	7,4	6,1	3,0	21,8	2,0
F	08/02/2013	44,2	108,5	0,027	0,099	6,1	6,5	26,6	22,4	24,8
B	11/04/2013	3,5	65,6	0,021	0,107	5,8	6,2	2,1	21,4	2,0
F	11/04/2013	36,0	166,6	0,037	0,145	5,2	6,2	21,6	21,4	4,3
F	12/06/2013	55,7	88,4	0,066	0,114	5,4	7,3	32,9	19,0	1,4

Local	Data	COND	E coli NMP/100 mL	N-NH3 mg/L	N_NO ₃ mg/L	OD mg/L	pH -	SDT mg/L	Temp °C	TURB NTU
B	12/06/2013	3,4	649,9	0,042	0,028	6,0	7,9	2,1	19,4	1,1
B	15/08/2013	3,2	53,6	0,013	0,036	7,4	8,6	2,0	19,5	1,1
F	15/08/2013	53,3	224,7	0,021	0,142	6,6	7,1	31,8	21,1	1,1
B	01/10/2013	6,2	99,7	0,047	0,058	5,8	6,1	3,8	21,2	1,8
F	01/10/2013	56,6	1986,3	0,072	0,205	4,8	6,4	33,2	22,0	1,6
F	18/12/2013	24,8	648,8	0,047	0,090	5,4	5,9	14,9	21,9	16,0
B	18/12/2013	3,7	160,7	0,034	0,047	6,4	4,9	2,2	21,6	6,1
F	04/02/2014	54,9	248,1	0,077	0,138	6,9	7,3	32,9	22,1	1,6
B	04/02/2014	3,6	37,9	0,024	0,032	7,7	8,9	2,2	21,6	1,2
F	01/04/2014	26,3	118,7	0,053	0,095	6,3	7,1	16,0	22,0	6,0
B	01/04/2014	3,0	58,3	0,046	0,050	7,5	8,1	1,8	22,5	3,4
B	05/08/2014	2,9	93,2	0,063	0,051	7,6		1,7	19,8	0,9
F	05/08/2014	56,0	261,3	0,080	0,156	6,5		33,7	20,6	1,0
F	10/10/2014	70,4	24,5	0,034	0,163	6,8	6,5	41,8	22,4	1,2
B	10/10/2014	5,2	461,1	0,016	0,029	7,6	8,0	3,2	21,0	1,1
F	20/11/2014	61,5	224,7	0,036	0,150	6,8	6,9	36,9	22,2	1,2
B	20/11/2014	3,8	728,4	0,020	0,043	7,5	7,1	2,3	21,6	1,6
B	23/02/2015	2,6	154,9	<0,206	<0,1	7,8	6,8	1,580	21,4	1,9
F	23/02/2015	57,4	139,6	<0,206	0,131	6,8	6,1	34,500	21,9	1,6
B	02/04/2015	3,8	15,8	<0,206	<0,1	7,6	7,5	2,250	23,2	2,2
F	02/04/2015	39,9	29,1	<0,206	<0,1	6,8	6,9	23,900	23,2	2,3
B	02/06/2015	3,1	68,9	<0,206	<0,1	8,66	7,36	1,890	20,6	1,3
F	02/06/2015	51,9	69,1	<0,206	0,136	7,72	6,88	31,200	21,1	1,4
B	05/08/2015	4,5	18,3	<0,206	<0,1	8,39	8,14	2,680	18,2	1,3
F	05/08/2015	66,4	56,1	<0,206	0,186	7,53	6,91	39,800	19,5	1,3
B	28/10/2015	3,0	238,2	<0,206	<0,1	7,67	7,40	1,810	21,6	0,8
F	28/10/2015	60,3	191,8	<0,206	0,171	6,65	6,90	36,200	22,2	0,7
B	02/12/2015	2,5	133,4	<0,206	<0,1	7,34	7,06	1,480	23,1	0,8
F	02/12/2015	55,7	345,5	<0,206	0,172	6,52	6,74	33,500	24,2	0,9
B	02/02/2016	2,0	41,4	<0,206	<0,1	8,17	7,15	1,220	22,5	2,0
F	02/02/2016	46,7	238,2	<0,206	0,158	6,67	6,62	28,000	22,2	2,5
B	01/04/2016	3,4	247,8	<0,206		7,53	7,36	2,332	22,0	1,7
F	01/04/2016	65,8	261,3	<0,206		6,82	6,81	44,744	22,7	1,3
B	22/08/2016	2,7	165,8	<0,206	<0,1	7,84	6,89	1,620	19,5	1,3
F	22/08/2016	93,6	214,2	<0,206	0,233	6,74	7,12	56,200	21,1	1,3
B	11/10/2016	2,2	77,6	<0,206	<0,1	7,45	7,41	1,300	22,1	1,2
F	11/10/2016	87,3	178,5	<0,206	0,194	6,59	7,32	52,500	23,2	1,4
B	26/12/2016	2,6	78,0	<0,206	<0,1	7,54	8,77	1,440	22,2	1,8
F	26/12/2016	73,5	38,8	<0,206	0,173	6,48	7,21	44,100	23,0	2,0
B	02/02/2017	2,5	161,6	<0,206	<0,1	7,96	7,82	1,520	21,9	3,4
F	02/02/2017	50,9	344,8	<0,206	0,155	6,49	6,83	30,500	22,1	6,0
B	04/04/2017	2,6	59,1	<0,206	<0,1	7,62	5,52	1,530	23,0	2,1

Local	Data	COND	E coli NMP/100 mL	N-NH3 mg/L	N_NO ₃ mg/L	OD mg/L	pH -	SDT mg/L	Temp °C	TURB NTU
F	04/04/2017	55,6	172,7	<0,206	0,150	6,44	6,52	34,000	23,7	2,3
B	01/06/2017	2,7	195,6	<0,206	<0,1	7,71	6,24	1,600	21,8	1,6
F	01/06/2017	83,6	344,1	<0,206	0,217	7,01	7,18	50,200	22,8	1,6
B	14/08/2017	2,7	35,0	<0,206	<0,1	7,86	6,93	1,600	20,9	1,2
F	14/08/2017	93,2	275,5	<0,206	0,278	7,10	7,36	56,200	21,8	1,2
B	02/10/2017	6,1	164,0	<0,206	<0,1	7,37	6,62	3,630	22,3	1,4
B	02/10/2017	96,1	770,1	<0,206	0,238	6,51	7,25	57,700	23,4	1,4
B	04/12/2017	2,6	30,1	<0,206	<0,1	7,61	8,0	1,550	22,5	1,9
F	04/12/2017	90,3	727,0	<0,206	0,237	6,38	7,0	54,200	22,8	1,5
B	08/02/2018	1,8	118,7	<0,206	<0,1	7,77	6,07	1,110	21,0	2,3
F	08/02/2018	62,3	488,4	<0,206	0,183	5,93	6,86	37,400	22,0	2,5
B	12/04/2018	2,3	435,2	<0,206	<0,1	7,81	7,59	1,410	21,8	2,1
F	12/04/2018	70,4	228,2	<0,206	0,223	6,81	7,44	42,300	21,9	1,7
B	01/06/2018	2,2	86,2	<0,206	<0,1	8,19	8,09	1,320	18,6	1,8
F	01/06/2018	84,6	517,2	<0,206	0,251	7,29	7,39	50,700	20,3	1,3
F	03/08/2018	94,0	298,7	<0,206	0,257	6,68	7,3	56,300	21,0	1,4
B	06/08/2018	1,6	51,2	<0,206	<0,1	7,69	6,4	0,940	20,7	2,2
B	03/10/2018	5,9	161,6	<0,206	<0,1	7,33	7,2	3,560	23,8	1,7
F	03/10/2018	86,1	185,0	<0,206	0,258	6,16	7,1	51,800	25,0	1,3
F	13/12/2018	65,0	365,4	<0,206	0,236	6,62	6,9	39,000	22,9	2,0
B	13/12/2018	2,5	387,3	<0,206	<0,1	7,52	6,7	1,500	22,3	2,3
B	04/02/2019	7,3	387,3	<0,206	<0,1	7,33	6,5	4,370	22,3	1,8
F	04/02/2019	92,2	1299,7	<0,206	0,314	6,17	7,3	55,600	22,0	1,7
B	29/04/2019	1,9	107,1	<0,206	<0,1	7,52	5,9	1,120	22,8	2,8
F	29/04/2019	60,2	235,9	<0,206	0,224	6,50	7,1	36,000	21,3	2,1
B	03/06/2019	2,1	224,7	<0,206	<0,1	7,73	6,53	1,240	21,5	5,3
B	03/06/2019	62,7	260,3	<0,206	0,244	6,86	7,18	37,800	22,0	1,7
B	05/08/2019	2,5	70,5	<0,206	<0,1	8,24	6,34	1,430	19,2	1,4
F	05/08/2019	105,3	344,8	<0,206	0,329	7,09	7,38	63,700	20,6	1,1
B	02/10/2019	9,2	70,3	<0,206	<0,1	7,31	7,26	5,100	22,2	1,8
F	02/10/2019	90,1	101,2	<0,206	0,263	6,34	7,44	53,900	23,7	1,2
B	12/12/2019	28,3	86,2	<0,206	<0,1	7,39	7,72	14,100	23,8	18,90
F	12/12/2019	43,7	290,9	<0,206	0,240	6,27	7,10	27,200	25,9	3,46

F- Captação do Córrego Fumal; B – Captação do Córrego Brejinho