

VARIABILIDADE ESPACIAL, SAZONAL E TEMPORAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU

Louise de Miranda Vasconcelos¹
Andreia Maria Da Silva França²

RESUMO

VASCONCELOS, Louise de Miranda. **Análise da variabilidade espacial, temporal e sazonal dos recursos hídricos - estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu**. 2024. Artigo (Pós-Graduação em Gerenciamento Ambiental) - Instituto Federal de Brasília, Brasília, 2024.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) têm a função de preservar locais frágeis como beiras de rios, topos de morros e encostas, sendo indispensáveis na proteção de nascentes, fauna, flora e biodiversidade. O sensoriamento remoto emerge como ferramenta valiosa para coleta e análise de dados sobre a superfície da terra, permitindo o monitoramento de mudanças ambientais e a partir disso levantar indicativos e possíveis soluções para o desmatamento, degradação do solo e alterações no uso e ocupação dos espaços em uma cidade. O objetivo geral deste estudo é avaliar os efeitos de variabilidade espaço-temporal e sazonal nos parâmetros da qualidade da água na Bacia do Rio São Bartolomeu – DF. Através de pontos de monitoramento de qualidade da água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB)³ e do Relatório Técnico produzido por França e Ledo (2016), chegou-se aos seguintes resultados: houve um aumento na área rural na referida bacia entre 2015 a 2022; os parâmetros de qualidade de água tiveram piores resultados no cenário de ausência de vegetação (APP) durante o período sazonal de chuva; múltiplos parâmetros de qualidade não atendem as resoluções e normas de proteção da qualidade superficial de mananciais. Assim, estes resultados nos levam a concluir que APPs desempenham papéis fundamentais na manutenção da qualidade dos corpos d'água e que a forma de uso do solo, especialmente a remoção da vegetação para a implementação de monoculturas, se mostra um fator de grande impacto ambiental para todos.

Palavras-chave: córregos urbanos; índices de qualidade das águas superficiais; Sistema de informação geográfica (SIG).

Data de aprovação:

¹ Pós-graduanda em Gerenciamento Ambiental no Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia. Bacharela em Engenharia Civil. E-mail: contratalouise@gmail.com

² Docente do Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia. Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2001), mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2005) e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília (2011). E-mail: andreia.franca@ifb.edu.br

³ Dados de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu encaminhados pela CAESB por e-mail em agosto de 2024.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de geografia e Estatística, o cerrado foi o segundo maior bioma brasileiro em perda de cobertura natural. Entre 2000 e 2018 cerca de 500 mil km² de área campestre e florestal foram substituídos pela agricultura (IBGE, 2020). Estas alterações, no uso e na ocupação do solo no Cerrado, podem impactar significativamente o funcionamento dos microssistemas.

A conversão de ecossistemas naturais em áreas de monocultura como soja e milho, por exemplo, resulta na perda de habitats essenciais para muitas espécies, o que compromete a diversidade biológica e, conseqüentemente, os serviços ecossistêmicos associados, como a polinização e o controle de pragas. O uso intensivo de fertilizantes e pesticidas nas áreas agrícolas pode levar à contaminação dos lençóis freáticos e eutrofização de corpos d'água, alterando a qualidade da água e impactando a fauna aquática e terrestre. Além disso, a retirada da vegetação nativa reduz a capacidade de infiltração de água no solo aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, o risco de erosão e assoreamento de rios e corpos d'água. Essa mudança em termos de ciclo hidrológico impacta a disponibilidade de água na região e compromete a manutenção dos ecossistemas aquáticos (Sanchez, 2021). Ademais, a remoção da vegetação nativa diminui o sequestro de carbono, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa e exacerbando as mudanças climáticas (Bustamante et al., 2012).

Para uma compreensão mais aprofundada dessas mudanças e seus efeitos é crucial estudar pequenas bacias hidrográficas dentro do Cerrado. Essas bacias são componentes biogeoquímicos vitais na paisagem, conectando o ambiente terrestre a grandes cursos d'água. Sua química é influenciada por diversos fatores, incluindo clima, hidrologia, propriedades do solo, geomorfologia, topografia e uso da terra. A gestão integrada de bacias hidrográficas é essencial para mitigar os impactos ambientais e atender de maneira eficiente às necessidades da sociedade. Este processo envolve o planejamento e a coordenação de ações voltadas para a proteção e gerenciamento dos recursos hídricos de uma determinada região. A abordagem considera a interação entre os diferentes usos da água, incluindo abastecimento humano, agricultura, indústria e preservação ambiental, buscando minimizar os impactos negativos e garantindo o atendimento das necessidades da sociedade de forma sustentável. Assim, a análise dessas pequenas bacias pode proporcionar uma visão mais abrangente das mudanças paisagísticas e dos processos envolvidos. (ANA, 2011).

A Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu, situada no Bioma Cerrado, pertence a ecorregião do Planalto Central, ocupa uma área de 5.480 km² entre o Distrito Federal (DF) e o Goiás (GO). De acordo com a Lei de Proteção à Vegetação Nativa (Lei nº12.651/2012) dentro dessas áreas é obrigatório preservar uma parcela com vegetação nativa a fim de proteger, estabilizar e preservar a qualidade dos recursos hídricos.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) têm a função de preservar locais frágeis como beiras de rios, topos de morros e encostas, que não podem ser desmatados para não causar erosões e deslizamentos, além de proteger nascentes, fauna, flora e biodiversidade destas áreas⁴. Apesar da legislação estar em vigor há mais de 10 anos, ainda se faz necessário contribuições com pesquisas científicas para

⁴ O que é uma Área de Preservação Permanente. 2013. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/27468-o-que-e-uma-area-de-preservacao-permanente/>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

servir como indicativo e acompanhamento de como está a gestão sustentável no território brasileiro.

Uma importante ferramenta para coleta e análise de dados sobre a superfície da terra é o sensoriamento remoto, no qual é possível acompanhar as mudanças ambientais e a partir disso levantar indicativos e possíveis soluções para o desmatamento, degradação do solo e até mesmo alterações no uso e ocupação dos espaços em uma cidade.

É nesse contexto que este trabalho tem por objetivo geral avaliar os efeitos de variabilidade espaço-temporal e sazonal nos parâmetros da qualidade da água na Bacia do Rio São Bartolomeu – DF. Os objetivos específicos constituem na comparação da variabilidade espacial (com vegetação/sem vegetação) e sazonal (com chuva/sem chuva) dos parâmetros físico-químico-biológicos de dados coletados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB)⁵ em 2015 e França e Ledo (2016)⁶ em pontos localizados na referida bacia; adicionalmente, um paralelo da variabilidade temporal das classes de uso do solo (Mapbiomas) e os dados de parâmetros físico-químico-biológico coletados pela CAESB nos anos 2015 e 2022; e, em seguida uma consulta e comparação desses dados com os parâmetros de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, complementar Resolução CONAMA nº 357/2005 e outras resoluções vigentes para classificação dos corpos d'água.

2 METODOLOGIA

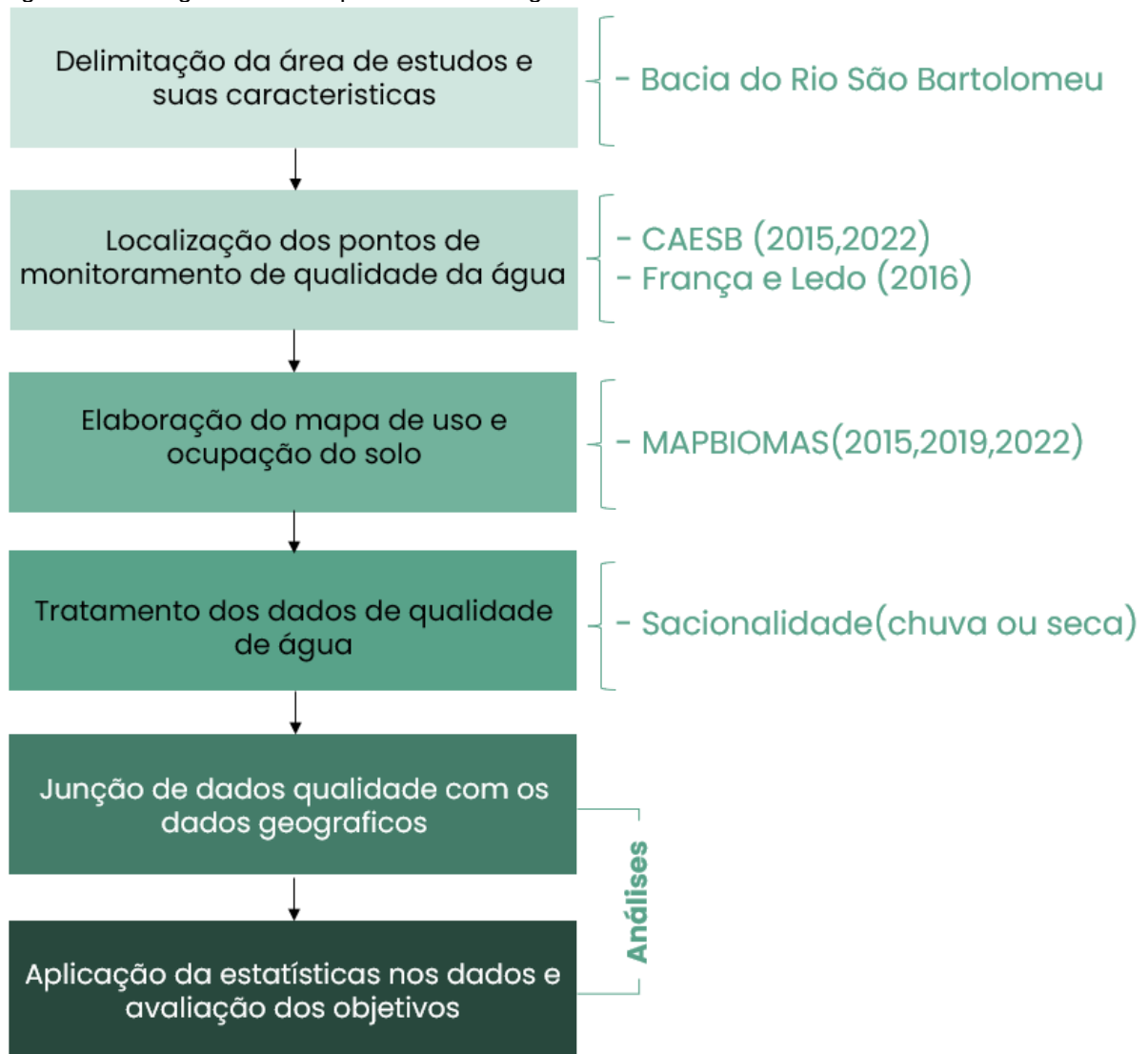
Os procedimentos adotados para alcançar o objetivo do trabalho foram os seguintes (Figura 1):

- (1) Construção do banco de dados geográfico da área de estudo, contendo a localização dos corpos hídricos na Bacia delimitada;
- (2) Identificação dos pontos de monitoramento de qualidade da água – pesquisa dos professores do IFB de 2015/2016 e CAESB (2015 e 2022);
- (3) Elaboração do mapa de uso e ocupação do solo com três classificações: Áreas sob cobertura natural, rural e urbana, abrangendo os anos de 2015 e 2022;
- (4) Tratamento dos dados de qualidade de água, correlacionando-os com a sazonalidade anual (períodos de chuva e seca);
- (5) Inserção dos dados de análises físico-químicos e microbiológicos no banco de dados geográfico, e comparação entre os anos 2015 e 2022;
- (6) Realização de análises estatísticas dos dados e avaliação dos objetivos propostos.

⁵ Dados de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu encaminhados pela CAESB por e-mail em agosto de 2024.

⁶ FRANÇA, Andreia Maria da Silva; LEDO, Roger Maia Dias. **Avaliação da eficiência do Código Florestal na Preservação dos Recursos Hídricos em Áreas de Preservação Permanente do Cerrado. 2016.** Relatório Técnico Final. Material disponibilizado pelos autores, a ser publicado.

Figura 1 - Fluxograma das etapas da metodologia

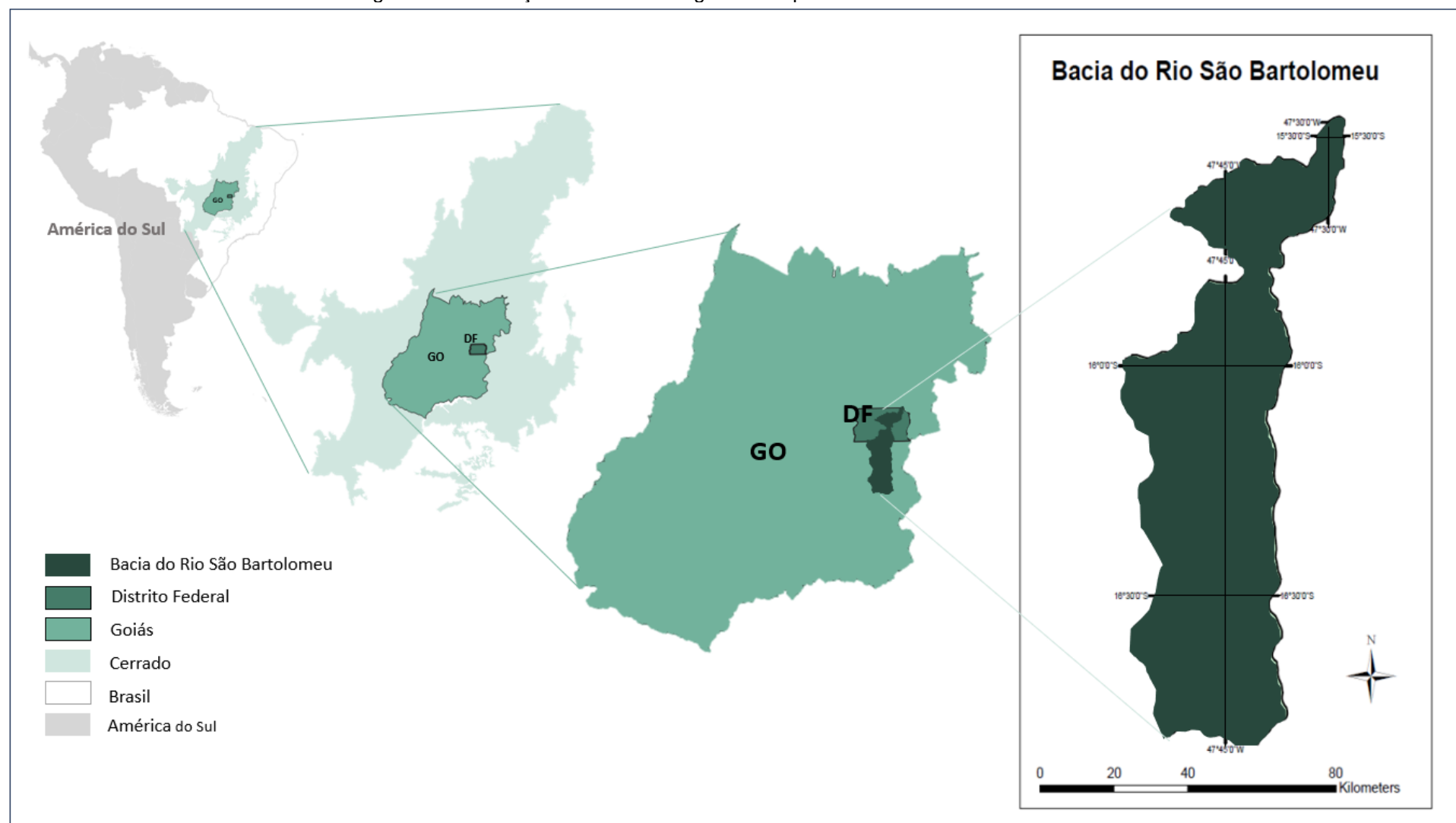


Fonte: elaborado pela autora

2.1 Construção do banco de dados geográficos da área de estudo

Bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, sendo delimitada pelos divisores de água e um local de saída do rio principal denominado exutório. A Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu apresenta as seguintes características: pertence à ecorregião do Planalto Central, está situada no Bioma Cerrado entre as coordenadas 8.137.595,65 mN – 8.289.531,24 mN e 167.163,76 mE – 235.898,02 mE (WGS 84 UTM Zona 23 Sul). A bacia abrange duas unidades federativas, ocupando uma área de 2.810 km² no Goiás e 2.670 km² no Distrito Federal (Souza, et al 2013). A Figura 2 apresenta a localização da Bacia nos dois estados da federação.

Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica ocupando 2 unidades federativas



Fonte: Pádua (2016) modificado.

No Distrito Federal, a bacia envolve as cidades satélites Planaltina, Sobradinho, São Sebastião, Itapoã, Paranoá e Plano Piloto (Figura 3). Os rios que compõem a bacia do Rio São Bartolomeu no Distrito Federal, incluem: Rio São Bartolomeu (drenagem principal), Ribeirão Sobradinho, Rio Piripau, Ribeirão Taboca, Ribeirão Papuda, Ribeirão Cachoeirinha, Ribeirão Santana, Ribeirão Maria Pereira e Ribeirão Saia Velha (Souza, et al 2013).

Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica com drenagem principal do Rio São Bartolomeu e outros afluentes que compõe a drenagem no Distrito Federal



Fonte: elaborado pela autora.

2.2 Localização das estações de monitoramento

A CAESB é uma sociedade de economia mista distrital, regida pela Lei das Sociedades Anônimas, que pode desenvolver atividades nos diferentes campos do saneamento e em quaisquer de seus processos, com vistas à exploração econômica, planejando, projetando, executando, ampliando, remodelando, administrando, operando e mantendo os sistemas de abastecimento de água; de coleta, tratamento e disposição final de esgotos sanitários no Distrito Federal.⁷

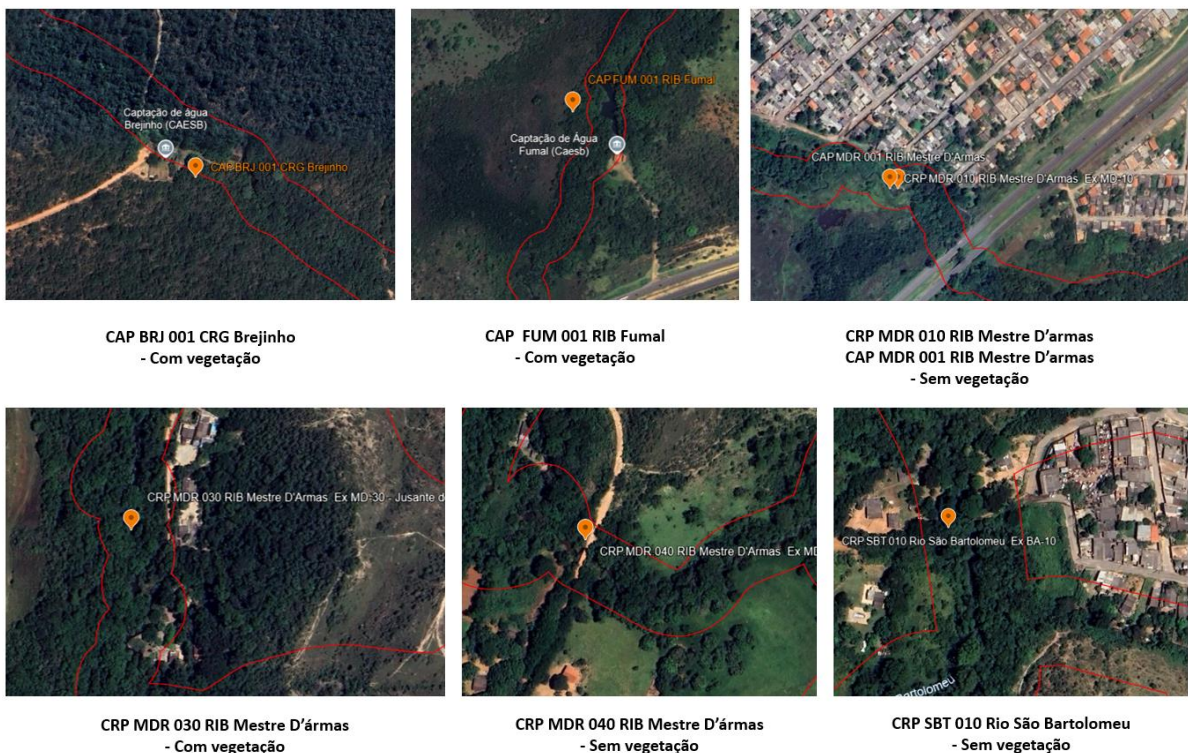
⁷ Para saber mais: <https://www.CAESB.df.gov.br/a-CAESB/>.

A CAESB mantém um total de 39 estações fluviiais de monitoramento na bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu. Para este estudo, foram disponibilizados 20 pontos de monitoramento para o ano de 2015 e 21 pontos para o ano de 2022. Após a verificação das coordenadas dos pontos fornecidas pela companhia de saneamento, foram excluídos dois pontos de monitoramento: um desses pontos não apresentou dados para o ano de 2015, e o outro estava localizado fora da bacia hidrográfica em questão. Assim, foram selecionados 19 pontos de monitoramento da CAESB.

Após definir os pontos de monitoramento, foi necessário classificá-los em relação à cobertura vegetal, ou seja, se os pontos estavam garantidos na faixa de Área de Preservação Permanente (APP). De acordo com Di Maio (2008) o sensoriamento remoto desempenha um papel crucial na coleta e análise de dados sobre a superfície terrestre e seus processos associados. Nele é possível acompanhar as mudanças ambientais em larga escala, como desmatamento, degradação do solo e alterações no uso da terra.

Para classificar os pontos, foi utilizando o software livre que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, QGIS, foi gerada uma camada de “*Buffer*” de 30m na rede de drenagem. Em seguida esta camada foi sobreposta ao *Google Earth* para análise. O resultado das imagens e da sobreposição estão representados na Figura 4 para os pontos com ou sem vegetação.

Figura 4 - Pontos de monitoramento da CAESB, linha em vermelho representa Buffer de 30m de largura de APP, estações com cobertura vegetal (CAP.BRJ.001; CAP.CQZ.001; CAP.FUM.001; CAP.PRZ.001; CRP.MDR.025; CRP.MDR.030; CRP.RPA.010; CRP.SAP.010; CRP.SAP.020; CRP.SAP.030; CRP.SAP.040) e as outras estações de monitoramento que estavam sem cobertura (CAP.MDR.001; CAP.PIP.001; CRP.MDR.010; CRP MDR 040; CRP.RPA.020; CRP.RPA.030; CRP.SBT.010; CRP.SBT.020)





CRP SBT 020 Rio São Bartolomeu
- Sem vegetação



CAP CQZ 001 CRG Quinze
- Com vegetação



CRP RPA 020 Rio Paranoá
- Sem vegetação



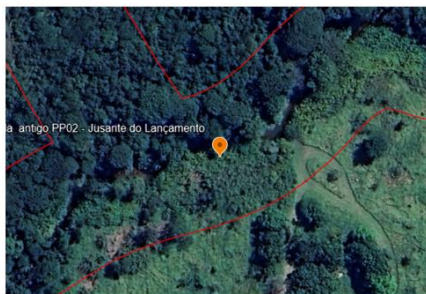
CRP RPA 030 Rio Paranoá
- Sem vegetação



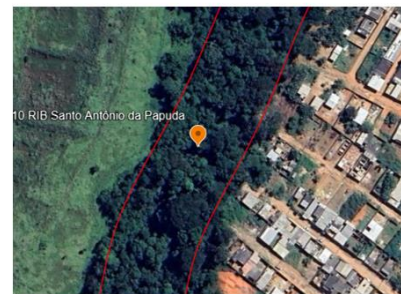
CRP SAP 040 RIB Santo Antonio da Papuda
- Com vegetação



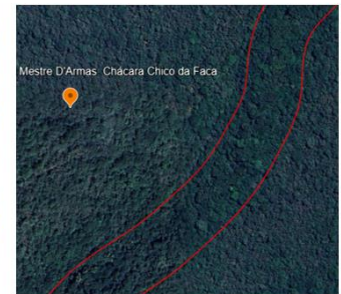
CRP RPA 010 Rio Paranoá
- Com vegetação



CRP SAP 030 RIB Santo Antonio da Papuda
- Com vegetação



CRP SAP 010 RIB Santo Antonio da Papuda
- Com vegetação



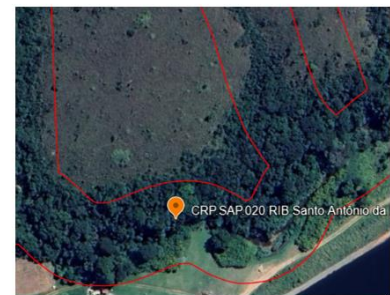
CRP MDR 025 RIB Mestre D'Armas
- Com vegetação



CRP PIP 001 RIB Piripau
- Sem vegetação



CRP PRZ 001 CRG Paranoazinho
- Com vegetação



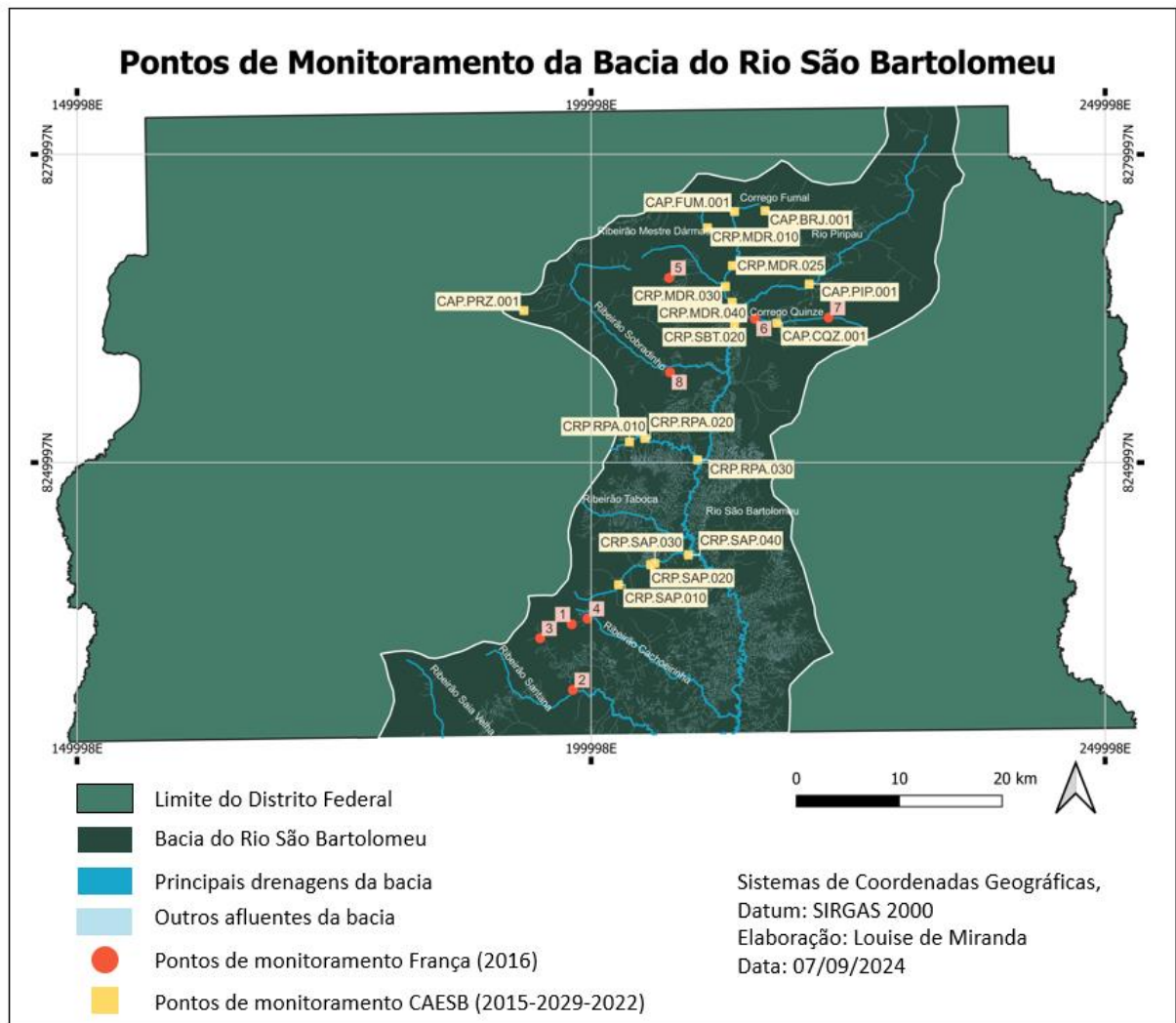
CRP SAP 020 RIB Santo Antonio da Papuda
- Com vegetação

Fonte: Imagens do Google Earth.

No relatório Avaliação da eficiência do Código Florestal na preservação dos recursos hídricos em áreas de preservação permanentes do cerrado coordenado por França e Ledo (2016), há um levantamento da qualidade de água em alguns afluentes na Bacia do Rio São Bartolomeu. Nesta pesquisa, foram realizadas coletas mensais em 8 pontos de monitoramento, durante o período de fevereiro de 2015 a julho de 2016.

A Figura 5 apresenta a Localização dos pontos amostrais tanto da CAESB quanto de França e Ledo (2016) na Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal, que serão comparados nos resultados deste trabalho.

Figura 5 - Localização dos pontos amostrais, CAESB e França e Ledo (2016) na Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal



Fonte: elaborado pela autora

2.3 Mapa de uso e ocupação do solo (natural, rural e urbano)

Neste trabalho optou-se por realizar a classificação nas diferentes coberturas de solo a partir do trabalho de Silva *et al.* (2010) cujo objetivo foi avaliar os efeitos de diferentes coberturas de solo (naturais, rurais e urbanas) bem como a influência da sazonalidade nas concentrações de nutrientes e nos parâmetros físico-químicos das águas dos rios na região do Cerrado, os autores enfatizaram a importância de analisar como o desmatamento, a urbanização e tipo de solo afetam as propriedades químicas dos rios.

Para a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo para os anos selecionados, foram utilizados arquivos do projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomass) correspondentes aos anos de 2015 e 2022,

para posterior análise com os dados de qualidade da água nos pontos de monitoramento selecionados.

O Mapbiomas é uma plataforma aberta, multiplicável, colaborativa, desenhada para incorporar e acolher as contribuições da comunidade científica. O projeto foi iniciado em um seminário realizado em março de 2015 em São Paulo, reunindo especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação. Os arquivos desta plataforma são apresentados em *raster*, com resolução de 30 metros por pixel.⁸

A partir dos mosaicos *Landsat* são realizadas as classificações que resultam nos mapas de cobertura e uso da terra para cada ano. Dentro da lógica proposta pelo MapBiomas, os mapas são atualizados sempre que há um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação. A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia. Os dados das coleções estão disponíveis em formato GEOTIFF e estão classificados em coleções.⁹

Para este trabalho foi selecionada a Coleção 8, publicada em agosto de 2023 e inclui 29 classes de legendas. Cada valor de pixel é associado a um código (DN) que representa um nível de classificação. As classes utilizadas pela plataforma são baseadas em classificações feitas pelo IBGE, FAO¹⁰ e IPCC¹¹. A descrição da legenda pode ser consultada no site do Mapbiomas¹².

Após a obtenção das imagens *raster* da Coleção 8 e processar os dados com o software QGIS de acordo com a bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu, foi possível gerar a Tabela 1, que apresenta as classes de uso e ocupação do solo e a área representativa para os 3 anos analisados.

Tabela 1 - Classes de uso e ocupação do solo na Bacia do rio São Bartolomeu

DN	CLASSE (MAPBIOMAS)	2015	2022
		ÁREA KM ²	ÁREA KM ²
3	Formação Florestal	122,62	124,04
4	Formação Savânica	458,14	445,71
9	Silvicultura	8,83	9,92
11	Campo Alagado	6,07	8,99
12	Formação Campestre	141,14	149,40
15	Pastagem	277,52	265,41
21	Mosaicos de uso	226,25	205,49
24	Area Urbanizada	108,27	118,67
25	Outras áreas não vegetadas	22,94	33,68
33	Rio, Lago e Oceano	2,84	2,52
39	Soja	154,95	204,62
41	Outras Lavouras temporárias	47,00	8,37
46	Café	0,91	0,59
48	Outras Lavouras Perenes	0,034	0,06

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados coletados na Coleção 8 do MapBiomas

⁸ Para saber mais sobre Mapbiomas: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>

⁹ Projeto MapBiomas – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 3 de set de 2024 através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>

¹⁰ FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

¹¹ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

¹² Descrição da Legenda Coleção 8. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/Legenda-Colecao-8-Descricao-Detalhada-PDF-PT-3-1.pdf>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

Para este trabalho, os resultados das classes do Mabiomas desta bacia, foram condensadas em 4 classificações: natural, urbano, rural e corpo d'água conforme a Figura 6 e o resultado da somatória de áreas em km² estão disponíveis na Tabela 2.

Figura 6 - Classes condensadas em 3 classificações



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 2 - Principais classes de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio São Bartolomeu e respectivas áreas em cada ano

CLASSIFICAÇÃO	2015 ÁREA KM ²	2022 ÁREA KM ²
CORPO D'ÁGUA	2,84	2,52
URBANO	108,27	118,67
NATURAL	122,62	124,04
RURAL	154,95	204,62

Fonte: elaborado pela autora.

2.4 Tratamento dos dados de qualidade da água

Conforme Di Bernardo (2017), a seleção de um manancial para tratamento e potencial abastecimento deve ser precedida por um levantamento sanitário detalhado da bacia hidrográfica, bem como por um estudo aprofundado da qualidade da água, a qual pode variar não apenas sazonalmente, mas também ao longo dos anos. Muitos elementos e substâncias químicas podem ser encontradas naturalmente na água; no entanto, as atividades agrícolas e industriais podem alterar a concentração de alguns produtos e valores impróprios ao consumo humano.

No estudo de França e Ledo (2016), foram definidos 27 parâmetros para a caracterização da água bruta, conforme descrito na Tabela 3. Das 39 estações fluviais de monitoramento da CAESB na bacia do Rio São Bartolomeu, foram disponibilizados 94 parâmetros em 2015. Em 2022, esse número aumentou para 277 parâmetros. No entanto, entre os dados disponibilizados pela CAESB em 2015, a quantidade de parâmetros em comum com o estudo de França e Ledo (2016) era de 78% (excluindo DQO, dureza total, salinidade, brometo e fosfato de magnésio). Para os dados da CAESB de 2022, a concordância com o estudo de França e Ledo (2016) foi de 85% (excluindo DQO, dureza total, salinidade e brometo).

Tabela 3 - Comparação da quantidade de parâmetros de qualidade da água entre os dados disponíveis

França e Ledo (2016)	CAESB (2015)	CAESB (2022)
Total Parâmetros = 27	Total de parâmetros= 94	Total de parâmetros= 277
	78% em comum com França e Ledo (2016)	85% em comum com França e Ledo (2016)
Parâmetros	Parâmetros	Parâmetros
Alcalinidade	ok	ok
Coliformes Totais	ok	ok
Condutividade	ok	ok
DBO	ok	ok
DQO	-	-
Dureza Total	-	-
Escherichia Coli	ok	ok
Fosforo total	ok	ok
pH	ok	ok
Salinidade	-	-
Sólidos totais dissolvidos	ok	ok
Oxigênio Dissolvido	ok	ok
Turbidez	ok	ok
Temperatura	ok	ok
Amônia	ok	ok
Brometo	-	-
Calcio	ok	ok
Cloreto	ok	ok
Fluoreto	ok	ok
Fosfato	-	ok
Íons Lítio	ok	ok
Magnésio	-	ok
Nitrato	ok	ok
Nitrito	ok	ok
Potássio	ok	ok
Sódio	ok	ok
Sulfato	ok	ok

*Células vazias significam que não havia dados para estes parâmetros

Fonte: elaborado pela autora.

Assim, dentre a quantidade de dados disponíveis, serão discutidos os resultados de 22 parâmetros de qualidade da água, a saber: Alcalinidade, Coliformes Totais, Condutividade, DBO, Escherichia Coli, Fósforo total, pH, Sólidos totais dissolvidos, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Temperatura, Amônia, Cálcio, Cloreto, Fluoreto, Fosfato, Lítio, Nitrato, Nitrito, Potássio, Sódio e Sulfato.

Além disso, com base nas datas de monitoramento das coletas e análises dos parâmetros, os parâmetros foram separados de acordo com duas estações do ano bem definidas em Brasília: seca (de abril a setembro) e chuvosa (de outubro a março).

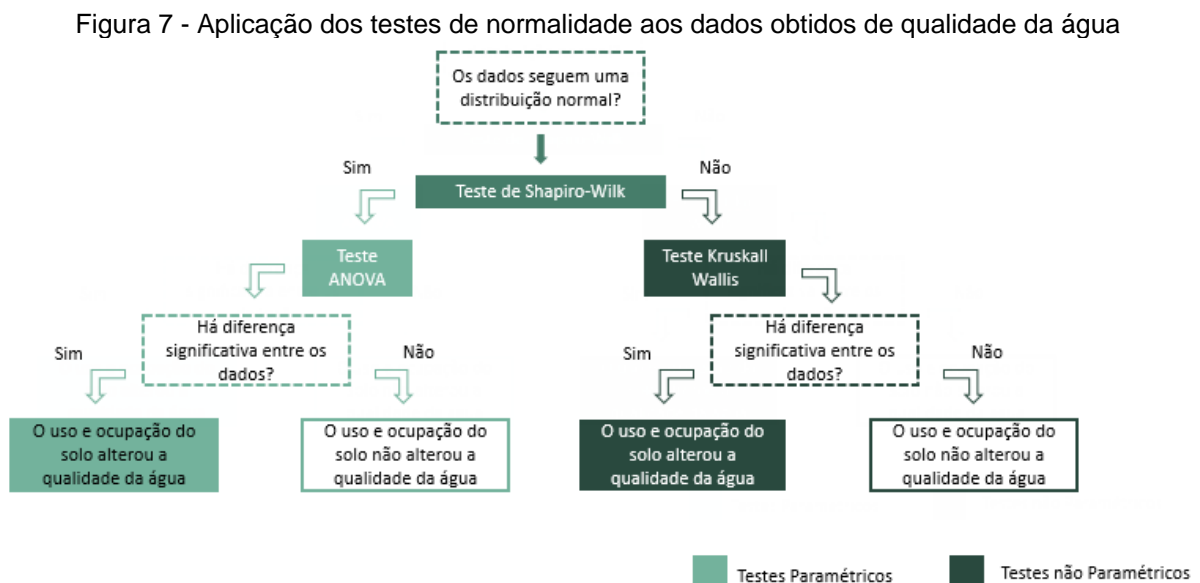
2.5 Junção dos dados de análises físico-química e microbiológicas com o banco de dados geográficos

Após a obtenção dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, os dados referentes aos valores médios desses parâmetros de qualidade da água (atributos), organizados conforme a sazonalidade, foram integrados ao banco de dados geográficos cadastral da variação espacial da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu.

2.6 Análises Estatísticas

Para realizar a comparação entre os dados da CAESB (2016) e França e Ledo (2015) foi aplicada a média e o desvio padrão nos resultados. Quanto às mudanças entre os anos de 2015 e 2022 para os dados da CAESB foi realizada a estatística descritiva e aplicação do teste de Shapiro-Wilk para verificar se os dados seguem uma distribuição normal. Após esta verificação, optamos por comparar as grandezas de concentração de pH, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, temperatura, coliformes totais, *Escherichia coli*, pH por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney no pior cenário resultante da comparação feita para CAESB (2016) e França e Ledo (2015). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software GGraphPAD Prism.

A Figura 7 abaixo apresenta os passos para a análise de comparações considerando um nível de significância de 5%.



Fonte: elaborado pela autora.

Em 2014 os corpos d'água presente na bacia São Bartolomeu foram enquadrados em classes através do ato normativo CRH/DF nº2¹³, no qual utilizando-se da legislação da Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 definiu os parâmetros

¹³ Resolução nº 02, de 17 de dezembro de 2014. Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos. Disponível em: <https://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CRH-n%C2%BA-02-de-2014.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

que devem ser respeitados em cada classe. Resumidamente, a proposta de enquadramento é a seguinte:

- **Classe 1:** Córrego Brejinho, Córrego Paranoazinho.
- **Classe 2:** Córrego Fumal, uma parte do Rio Mestre D'ármas, Córrego Serandi, Córrego Quinze, Ribeirão Taboca, Ribeirão Cachoeirinha.
- **Classe 3:** uma parte do Ribeirão Mestre D'Armas, Ribeirão Sobradinho, Ribeirão Santo Antônio da Papuda.
- **Classe 4:** Córrego Corguinho
- **Classe Especial:** Córrego Monteiro.

Por mais que o enquadramento leve em consideração os mais diferentes interesses e necessidades de uso da água, há presente nesta filosofia o olhar de futuro, ou seja, a melhor qualidade do rio que queremos. Desse modo, optamos por comparar todos os parâmetros de qualidade da água com o enquadramento de classe 1, apesar dos pontos de monitoramento da CAESB estarem em outras classes diferentes.

A Resoluções CONAMA nº 430/2011, a complementar Resolução CONAMA nº 357/2005, Portaria GM/MS nº 888/2021, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022) e as Diretrizes para a Qualidade da Água Potável da OMS foram utilizadas para limitar os valores máximos dos parâmetros de qualidade, de modo que resultou na Tabela 4.

Tabela 4 - Padrões de qualidade da água para classe 1 de enquadramento

Padroes de qualidade da água da Classe 1	Limites	Fonte:
pH	6,0 a 9,0	Resolução Conama nº 357/2005
COND µS/cm	40-50	CETESB
Turbidez uT	40	Resolução Conama nº 357/2005
OD mg/L	6	Resolução Conama nº 357/2005
SDT mg/L	500	Resolução Conama nº 357/2005
DBO mg/L	3	Resolução Conama nº 357/2005
Temperatura °C	não deve exceder 3°C acima da temperatura natural	Resolução Conama nº 357/2005
Alcalinidade Total mg/L	20-100	CETESB
Coliformes totais NMP/100 mL	1.000 em 80% ou mais de amostras/ ano	Resolução Conama nº 357/2005
E coli NMP/100 mL	200 em 80% ou mais de amostras/ ano	Resolução Conama nº 357/2005
Li mg/L	2,5	CETESB
Na mg/L	1 - 10	CETESB
Amônia mg/L	3,7	Resolução Conama nº 357/2005
F mg/L	1,5	Portaria GM/MS nº 888/2021.
Cl mg/L	250	Resolução Conama nº 357/2005
Nitrito mg/L	1	Resolução Conama nº 357/2005
Nitrato mg/L	10	Resolução Conama nº 357/2005
Sulfato mg/L	250	Portaria GM/MS nº 888/2021.
Fósforo total mg/L	0,025 - 0,050	Resolução Conama nº 357/2005
Ca mg/L	75	Organização Mundial da Saúde

Fonte: elaborado pela autora.

Alguns parâmetros, como lítio, sódio e cálcio, não são especificados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 1, mas normativas de potabilidade

internacionais e a Portaria GM/MS nº 888/2021 fornecem diretrizes para o consumo humano. Assim como, a condutividade e sólidos dissolvidos totais também não possuem limites claros na resolução para Classe 1, mas são frequentemente considerados em análises de qualidade da água potável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao objetivo específico que consiste na comparação da variabilidade espacial (com vegetação/sem vegetação) e sazonal (com chuva/sem chuva) dos parâmetros físico-químico-biológicos de dados coletados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) em 2015 e França e Ledo (2016) em pontos localizados na referida bacia, utilizou-se a plataforma *Google Earth*, que utiliza sensores a bordo de satélites. Nela foi possível classificar os 19 pontos de monitoramento da CAESB, sendo que do total, 11 foram classificados com cobertura vegetal, ou seja, que respeitam o limite da faixa de APP e 8 sem cobertura vegetal, que não respeitaram a faixa de APP.

A Tabela 5 apresenta o resultado da média e desvio-padrão dos parâmetros físico-químico-biológicos obtidos nos pontos de monitoramento feitos por França e Ledo (2016) e pela CAESB (2015). Esses dados estão discriminados de acordo com a presença de vegetação, a estação do ano. Além disso, valores escritos acompanhados com símbolo de menor (<) foram arredondados para valor absoluto, são eles os dados de DBO; Lítio e nitrato assinalados em vermelho.

Tabela 5 - Comparação dos parâmetros de qualidade da água feitos por França e Ledo (2016) e CAESB (2015)¹⁴

Parâmetros	Com vegetação				Sem vegetação			
	Seca		Chuva		Seca		Chuva	
	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)
pH	5,59	7,04 ± 0,39	6,4	7,76 ± 2,10	6,32	7,21 ± 0,43	6,87	10,16 ± 3,29
Turbidez	2,23	4,43 ± 2,63	2,73	3,24 ± 1,97	4,31	7,71 ± 3,24	4,8	6,67 ± 3,84
OD (mg/L)	6,51	6,37 ± 1,39	6,35	6,8 ± 1,55	7,99	7,18 ± 0,94	7,59	9,28 ± 3,05
TDS (ppm)	3,12	9,43 ± 17,30	2,24	20,38 ± 31,75	2,85	8,05 ± 15,85	3,32	31,41 ± 30,12
DBO (mg/L)	0,86	5,27 ± 7,81	2,53	1,9 ± 2,22	2,09	2,97 ± 3,06	2,09	1,62 ± 0,86
Temperatura	22,62	20,80 ± 0,89	22,8	24,86 ± 6,45	21,2	20,30 ± 0,72	22,72	31,67 ± 10,19
Cond. - µS/cm	12,88	79,27 ± 63,72	6,06	102,98 ± 96,31	12,67	68,29 ± 48,15	7,67	101,94 ± 74,11
Alcalinidade Total - mg/L de CaCO ₃	5,8	2,40 ± 5,96	3,88	3,99 ± 9,09	4,72	1,21 ± 2,40	9,3	1,73 ± 3,48
Coliformes totais - NMP/100 mL	1.370,65	28605,71 ± 34765,97	1.543,36	9241,67 ± 10021,65	1.790,90	13767,00 ± 7419,97	2.003,04	17171,01 ± 15710,65
E. coli - NMP/100 mL	167,76	2614,35 ± 3657,47	154,02	542,48 ± 597,10	586,66	2245,55 ± 3427,70	188,55	1755,41 ± 1863,78
Lítio - mg/L	0	0,02 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01
Sódio - mg/L	1,28	0,00	0,86	0,03 ± 0,09	0,89	0,00	1,94	0,00
Amônio - mg/L	0	2,29 ± 3,73	0	3,21 ± 6,24	0	1,32 ± 1,20	0	1,15 ± 1,58
Potássio - mg/L	0,34	ND	0,74	ND	0,13	ND	0,38	ND
Cálcio - mg/L	3,36	0,00	1,63	0,04 ± 0,14	2,1	0,00	3,56	0,00
Magnésio - mg/L	1,05	ND	0,71	ND	0,99	ND	1,29	ND
Fluoreto - mg/L	0,03	0,08 ± 0,01	0	0,08 ± 0,07	0,01	0,07 ± 0,08	0,02	0,08 ± 0,06
Cloreto - mg/L	0,49	3,73 ± 3,80	0,22	4,84 ± 5,77	0,24	2,87 ± 2,66	0,65	5,37 ± 3,67
Brometo - mg/L	0,05	ND	0	ND	0	ND	0,07	ND
Nitrato - mg/L	0,4	0,58 ± 0,53	0,02	0,62 ± 0,59	0,13	0,48 ± 0,35	0,56	0,60 ± 0,45
Fósforo Total - mg/L	0	0,19 ± 0,30	0,001	0,27 ± 0,47	0	0,13 ± 0,10	0	0,17 ± 0,21
Sulfato - mg/L	0,12	1,26 ± 2,04	0	0,47 ± 1,02	0,15	1,58 ± 2,36	0,29	0,64 ± 0,72

Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral, os resultados médios dos parâmetros coletados pela CAESB (2015) são maiores aos valores médios encontrados por França e Ledo (2016), especialmente no cenário ausência de vegetação (APP) durante o período sazonal de chuva. Entre os parâmetros analisados, os valores de sólidos suspensos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e condutividade apresentaram as maiores

¹⁴ A Tabela 5 pode ser visualizada no APÊNDICE A página 21.

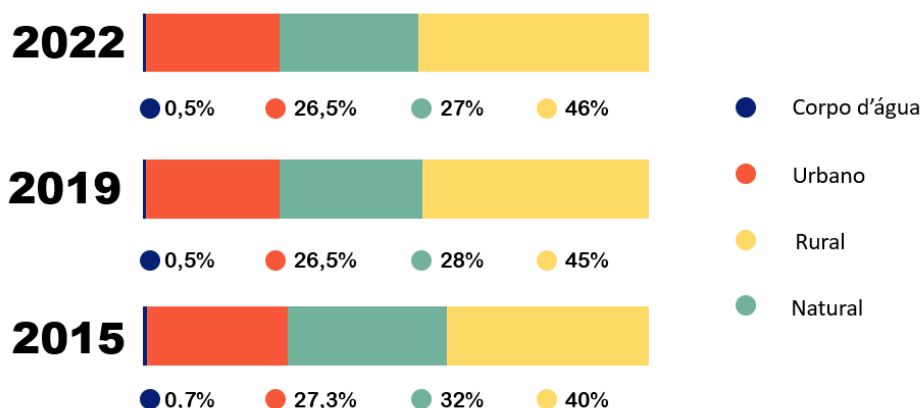
discrepâncias. Esta discrepância pode ser atribuída, primeiramente, à diferença no número de pontos e de amostras coletadas em cada estudo, em segundo, por estes pontos estarem em localizações distintas dentro da mesma bacia e em terceiro, pelos métodos de coleta utilizados que podem ter sido diferentes entre as pesquisas.

Há de se destacar três parâmetros principais quando se estuda qualidade da água em corpos d'água superficiais, que são os coliformes totais, *E.coli* e turbidez. A quantidade de coliformes encontrados pela CAESB pode ser muito elevada durante o período seco com vegetação, mas na chuva, essa quantidade é mais controlada. Já para França e Ledo, a quantidade é mais estável, independentemente das condições. Nos dados da CAESB tem níveis muito mais altos de *E. coli* do que França e Ledo, especialmente na estação seca e sem vegetação, com valores chegando a 2.614,35 NMP/100 mL, em comparação com 167,76 NMP/100 mL em França e Ledo. A turbidez em áreas com vegetação se comportou de maneiras próximas entre os autores, no entanto em áreas sem APP há uma média superior para os valores da CAESB (2015) tanto no período de seca quanto de chuva.

De acordo com Silva *et al.* (2010), foi observada uma mudança progressiva nos parâmetros biológicos da água em áreas urbanas e rurais em comparação com áreas naturais no Distrito Federal. No presente estudo, três pontos de monitoramento foram classificados como áreas rurais, enquanto os outros 16 estavam situados em áreas naturais. Esta diferença na classificação pode ter influenciado de maneira significativa os parâmetros biológicos observados entre os grupos analisados.

Quanto ao objetivo específico em que se buscou traçar um paralelo da variabilidade temporal das classes de uso do solo (MapBiomias) e os dados de parâmetros físico-químico-biológico coletados pela CAESB nos anos de 2015 e 2022, a Figura 8 apresenta a variação temporal das classes de uso e ocupação do solo da bacia de São Bartolomeu, a partir da classificação natural, rural, urbano e corpo d'água.

Figura 8 - Variação temporal das classes de uso e ocupação do solo da bacia São Bartolomeu/DF



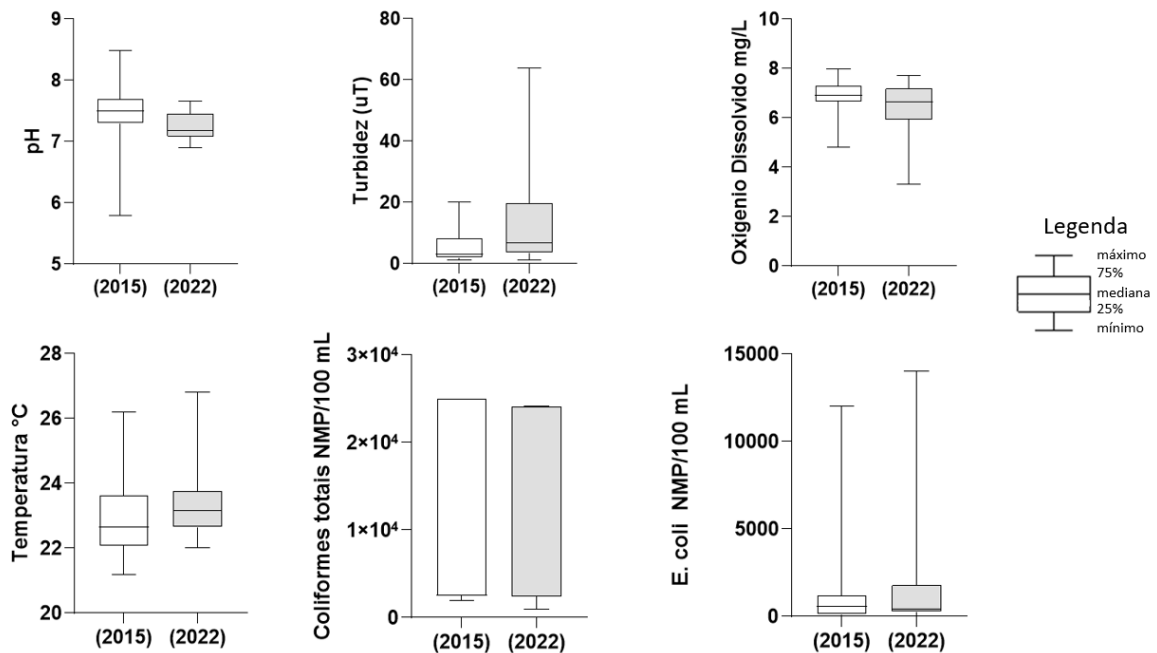
Fonte: elaborado pela autora.

A porcentagem de área ocupada por corpos d'água permaneceu praticamente constante entre 2015 e 2022, com um valor de 0,5% a 0,7%. A ocupação urbana diminuiu ligeiramente ao longo do tempo, passando de 27,3% em 2015 para 26,5% em 2022. A área classificada como rural aumentou consideravelmente, de 40% em 2015 para 46% em 2022. Isso sugere uma expansão das atividades rurais ou o uso do solo para fins agrícolas ou pastoris. A área natural diminuiu ao longo do tempo, de

32% em 2015 para 27% em 2022, indicando uma redução das áreas naturais, possivelmente devido ao avanço das áreas rurais. Observa-se que a expansão das áreas rurais e redução das áreas naturais são tendências claras ao longo do período analisado. Assim, é possível concluir que a ocupação urbana tem se mantido estável, enquanto os corpos d'água também não apresentaram variações significativas, quanto a área.

A partir do cenário de aumento da vegetação rural, e período com chuva e sem vegetação nos pontos de monitoramento, aplicou-se os testes de Shapiro-Wilk nos dados da CAESB de 2015 e 2022, pois verificou-se que os dados obtidos não seguem uma distribuição normal, exceto para pH (2022). Deste modo, optamos por comparar os principais parâmetros (pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, coliformes totais e *E. coli*) para o pior cenário que é sem vegetação em período de chuva. Os resultados estão expostos no boxplot na Figura 9.

Figura 9 - Boxplot de variáveis analisadas por meio de testes não paramétricos de Mann-Whitney, discriminados por grupos de 2015 e 2022.



Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados dos testes estatísticos não paramétricos indicaram diferenças significativas em 3 parâmetros em questão, são eles pH ($p = 0,026$), turbidez ($p = 0,023$), coliformes totais ($p = 0,023$). Não houve diferenças significativas nos outros 3 parâmetros, Oxigênio Dissolvido ($p = 0,325$), Temperatura ($p = 0,215$) e *E. coli* ($p = 0,744$).

Finalmente, quanto a comparação entre os dados da CAESB de 2015 e 2022 e os parâmetros de qualidade da água estabelecidos pelos limites estabelecidos pela Tabela 4, as Tabelas 6, Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 apresentam os resultados da estatística descritiva utilizada, para os parâmetros de qualidade da água, em que os valores em vermelho simbolizam os resultados que foram arredondados para valores absolutos.

Tabela 6 - Resultados da estatística descritiva para os parâmetros da CAESB de 2015 e 2022 para pontos monitorados em áreas com vegetação no período de seca

Dados Caesb (2015 e 2022) com APP período de Seca							
Parâmetros	Nº de amostras analisadas	Faixa	Média ± σ**	Mediana	Amplitude	Passa no teste de Shapiro-Wilk (alpha<0.05) ?	
pH (2015)	39	5,62 - 8,14	7,06 ± 0,47	7,1	2,52	No	
pH (2022)	30	6,75 - 8,00	7,30 ± 0,28	7,26	1,25	Yes	
COND µS/cm (2015)	39	2,20 - 277,00	84,72 ± 68,12	94	274,8	No	
CONDµS/cm (2022)	30	1,90 - 348,00	101,70 ± 83,44	97,25	346,1	No	
Turbidez uT (2015)	39	0,80 - 19,70	4,33 ± 4,28	2,9	18,9	No	
Turbidez uT (2022)	29	1,20 - 20,90	5,25 ± 3,99	4,3	19,7	No	
OD mg/L (2015)	37	2,71 - 9,16	6,50 ± 1,71	7,07	6,45	No	
OD mg/L (2022)	30	3,30 - 8,70	7,04 ± 1,20	7,1	5,4	No	
SDT mg/L (2015)	14	1,30 - 56,50	13,20 ± 17,68	2,845	55,2	No	
SDT mg/L (2022)	8	1,00 - 48,70	16,15 ± 19,30	8,4	47,7	No	
DBO mg/L (2015)	28	1,00 - 50,00	6,21 ± 12,22	2	49	No	
DBO mg/L (2022)	24	1,00 - 9,00	2,63 ± 1,69	3	8	No	
Temperatura °C (2015)	39	17,30 - 23,50	20,58 ± 1,87	20,4	6,2	No	
Temperatura °C (2022)	30	17,00 - 25,50	20,52 ± 2,13	19,6	8,5	Yes	
Alcalinidade Total mg/L (2015)	8	0,86 - 23,43	6,60 ± 9,05	2,004	22,57	No	
Alcalinidade Total mg/L (2022)	4	2,10 - 41,70	14,10 ± 18,79	6,3	39,6	Yes	
Coliformes totais NMP/100 mL (2015)	39	214,30 - 240000,00	27208,00 ± 59484,00	2500	239786	No	
Coliformes totais NMP/100 mL (2022)	30	1553,00 - 130000,00	11110,00 ± 23875,00	2420	128447	No	
E coli NMP/100 mL (2015)	39	8,00 - 31000,00	2244,00 ± 5557,00	209	30992	No	
E coli NMP/100 mL (2022)	28	20,10 - 33000,00	1868,00 ± 6139,00	531,6	32980	No	
Li mg/L (2015)	9	0,03 - 0,03	0,03 ± 0,00	0,025	0	No	
Li mg/L (2022)	5	0,03 - 0,03	0,03 ± 0,00	0,033	0	No	
Na mg/L (2015)		-	±				
Na mg/L (2022)	22	1,11 - 31,12	9,07 ± 7,78	6,293	30,02	No	
Amônia mg/L (2015)	38	0,21 - 17,25	2,32 ± 4,17	0,206	17,05	No	
Amônia mg/L (2022)	30	0,03 - 14,27	2,15 ± 3,48	0,587	14,25	No	
K mg/L (2015)		-	±				
K mg/L (2022)	22	0,23 - 7,35	2,74 ± 1,89	2,335	7,117	Yes	
F mg/L (2015)	17	0,10 - 0,20	0,12 ± 0,04	0,1	0,1	No	
F mg/L (2022)	30	0,09 - 0,30	0,28 ± 0,06	0,3	0,21	No	
Cl mg/L (2015)	39	0,10 - 20,22	3,56 ± 4,48	2,234	20,12	No	
Cl mg/L (2022)	30	0,30 - 25,33	5,60 ± 6,33	3,951	25,03	No	
Nitrito mg/L (2015)	39	0,10 - 0,25	0,12 ± 0,04	0,1	0,15	No	
Nitrito mg/L (2022)	27	0,09 - 0,79	0,23 ± 0,15	0,3	0,695	No	
Nitrato mg/L (2015)	38	0,10 - 1,76	0,62 ± 0,53	0,4765	1,656	No	
Nitrato mg/L (2022)	27	0,09 - 2,75	0,73 ± 0,63	0,453	2,66	No	
Fosfato mg/L (2015)		-	±				
Fosfato mg/L (2022)	26	0,09 - 1,44	0,25 ± 0,28	0,09	1,345	No	
Sulfato mg/L (2015)	17	0,10 - 6,73	0,95 ± 1,75	0,257	6,632	No	
Sulfato mg/L (2022)	30	0,09 - 11,52	3,26 ± 3,59	1,927	11,43	No	
Mg mg/L (2015)		-	±				
Mg mg/L (2022)		-	±				
Fósforo total mg/L (2015)	39	0,01 - 1,16	0,20 ± 0,31	0,056	1,145	No	
Fósforo Total mg/L (2022)	27	0,01 - 1,14	0,23 ± 0,32	0,076	1,135	No	
Ca mg/L (2015)		-	±				
Ca mg/L (2022)	5	0,18 - 10,60	4,07 ± 4,37	2,638	10,42	Yes	

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 7 - Resultados da estatística descritiva para os parâmetros da CAESB de 2015 e 2022 para pontos monitorados em áreas com vegetação no período de Chuva

Dados Caesb (2015 e 2022) com APP período de Chuva							
Parâmetros	Nº de amostras analisadas	Faixa	Média ± σ**	Mediana	Amplitude	Passa no teste de Shapiro-Wilk (alpha<0.05) ?	
pH (2015)	29	5,7 - 8,65	7,05 ± 0,55	7,06	2,95	Yes	
pH (2022)	32	6,15 - 7,98	7,02 ± 0,46	7,015	1,83	Yes	
COND µS/cm (2015)	29	2 - 298,00	79,80 ± 76,67	60,3	296	No	
CONDµS/cm (2022)	32	2,4 - 171,30	67,37 ± 56,18	74,35	168,9	No	
Turbidez uT (2015)	29	0,7 - 8,00	2,80 ± 2,00	2	7,3	No	
Turbidez uT (2022)	32	1,21 - 40,70	8,29 ± 10,30	4,835	39,49	No	
OD mg/L (2015)	31	2,8 - 7,80	6,05 ± 1,52	6,65	5	No	
OD mg/L (2022)	32	2,82 - 7,58	6,70 ± 0,93	6,9	4,76	No	
SDT mg/L (2015)	16	1,21 - 91,80	28,25 ± 33,68	8,575	90,59	No	
SDT mg/L (2022)	20	1,4 - 102,70	25,77 ± 30,98	10,1	101,3	No	
DBO mg/L (2015)	15	1 - 8,00	2,33 ± 2,61	1	7	No	
DBO mg/L (2022)	17	1 - 5,00	2,82 ± 1,24	3	4	No	
Temperatura °C (2015)	29	20,5 - 27,00	22,80 ± 1,34	22,4	6,5	No	
Temperatura °C (2022)	32	21,3 - 25,60	23,24 ± 1,09	22,95	4,3	Yes	
Alcalinidade Total mg/L (2015)	8	1,166 - 32,10	9,99 ± 12,99	2,952	30,93	No	
Alcalinidade Total mg/L (2022)	14	0,8 - 47,60	8,34 ± 14,27	2,35	46,8	No	
Coliformes totais NMP/100 mL (2015)	29	290,9 - 25000,00	8660,00 ± 10314,00	2500	24709	No	
Coliformes totais NMP/100 mL (2022)	32	613,1 - 130000,00	14569,00 ± 23457,00	3810	129387	No	
E coli NMP/100 mL (2015)	29	1 - 3255,00	466,20 ± 825,00	154,9	3254	No	
E coli NMP/100 mL (2022)	32	7,4 - 8600,00	1673,00 ± 2374,00	476,2	8593	No	
Li mg/L (2015)	6	0,025 - 0,03	0,03 ± 0,00	0,025	0	No	
Li mg/L (2022)	5	0,033 - 0,03	0,03 ± 0,00	0,033	0	No	
Na mg/L (2015)	1	0,304 - 0,30	0,30 ± 0,00	0,304	0	No	
Na mg/L (2022)	18	0,483 - 12,53	6,87 ± 3,81	7,912	12,05	Yes	
Amônia mg/L (2015)	29	0,206 - 19,10	2,13 ± 4,83	0,206	18,9	No	
Amônia mg/L (2022)	32	0,025 - 5,72	0,56 ± 1,32	0,082	5,691	No	
K mg/L (2015)		-	±				
K mg/L (2022)	15	0,261 - 3,02	1,85 ± 0,94	2,213	2,762	Yes	
F mg/L (2015)	14	0,1 - 0,20	0,14 ± 0,05	0,1	0,1	No	
F mg/L (2022)	32	0,09 - 0,30	0,20 ± 0,09	0,152	0,21	No	
Cl mg/L (2015)	29	0,128 - 18,46	3,41 ± 4,92	1,204	18,34	No	
Cl mg/L (2022)	18	0,3 - 10,29	3,51 ± 3,45	2,121	9,991	No	
Nitrito mg/L (2015)	29	0,1 - 0,48	0,12 ± 0,07	0,1	0,376	No	
Nitrito mg/L (2022)	18	0,09 - 0,31	0,14 ± 0,09	0,09	0,222	No	
Nitrato mg/L (2015)	29	0,1 - 1,68	0,48 ± 0,51	0,257	1,575	No	
Nitrato mg/L (2022)	18	0,09 - 2,10	0,55 ± 0,56	0,345	2,012	No	
Fosfato mg/L (2015)		-	±				
Fosfato mg/L (2022)	18	0,09 - 0,65	0,17 ± 0,16	0,11	0,558	No	
Sulfato mg/L (2015)	14	0,1 - 3,52	0,50 ± 0,88	0,22	3,419	No	
Sulfato mg/L (2022)	18	0,09 - 7,49	2,33 ± 2,96	0,5965	7,398	No	
Mg mg/L (2015)		-	±				
Mg mg/L (2022)	7	0,149 - 4,19	1,90 ± 1,45	1,113	4,038	Yes	
Fósforo total mg/L (2015)	29	0,007 - 1,39	0,19 ± 0,37	0,029	1,383	No	
Fósforo Total mg/L (2022)	32	0,015 - 1,50	0,36 ± 0,55	0,043	1,489	No	
Ca mg/L (2015)	1	0,455 - 0,46	0,46 ± 0,00	0,455	0		
Ca mg/L (2022)	5	2,091 - 9,23	7,00 ± 2,92	7,887	7,14	Yes	

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 8 - Resultados da estatística descritiva para os parâmetros da CAESB de 2015 e 2022 para pontos monitorados em áreas sem vegetação no período de seca

Dados Caesb (2015 e 2022) sem APP período de Seca							Passa no teste de Shapiro-Wilk (alpha<0.05) ?
Parâmetros	Nº de amostras analisadas	Faixa	Média ± σ**	Mediana	Amplitude		
pH (2015)	30	5,26 - 8,48	7,208 ± 0,6495	7,36	3,22		No
pH (2022)	35	6,5 - 7,91	7,255 ± 0,3937	7,28	1,41		Yes
COND µS/cm (2015)	30	5,6 - 183,50	67,29 ± 54,5	68,25	177,9		No
CONDµS/cm (2022)	35	2,2 - 312,00	108,1 ± 97,95	97,3	309,8		No
Turbidez uT (2015)	30	1,3 - 34,00	7,127 ± 6,738	4,8	32,7		No
Turbidez uT (2022)	35	1,1 - 11,90	4,28 ± 2,378	4,1	10,8		No
OD mg/L (2015)	30	2,86 - 8,92	7,144 ± 1,371	7,405	6,06		No
OD mg/L (2022)	35	2,2 - 8,30	6,543 ± 1,611	7	6,1		No
SDT mg/L (2015)	7	4,62 - 48,90	13,64 ± 15,83	9,62	44,28		No
SDT mg/L (2022)	12	1,3 - 46,10	7,908 ± 12,51	3,35	44,8		No
DBO mg/L (2015)	25	1 - 24,00	3,4 ± 5,393	1	23		No
DBO mg/L (2022)	31	1 - 10,00	2,613 ± 1,764	3	9		No
Temperatura °C (2015)	30	16,7 - 24,30	20,15 ± 2,043	19,8	7,6		Yes
Temperatura °C (2022)	35	14,5 - 23,60	20,21 ± 2,403	20,8	9,1		Yes
Alcalinidade Total mg/L (2015)	4	2,14 - 7,63	4,845 ± 2,734	4,805	5,492		Yes
Alcalinidade Total mg/L (2022)		-	±				
Coliformes totais NMP/100 mL (2015)	30	816,4 - 25000,00	13927 ± 10026	15000	24184		No
Coliformes totais NMP/100 mL (2022)	35	290,9 - 241960,00	16781 ± 41733	2420	241669		No
E coli NMP/100 mL (2015)	30	20,2 - 25000,00	1837 ± 4687	341	24980		No
E coli NMP/100 mL (2022)	35	1 - 65000,00	2602 ± 10957	435,2	64999		No
Li mg/L (2015)	4	0,025 - 0,03	0,025 ± 0	0,025	0		No
Li mg/L (2022)	16	0,033 - 0,03	0,033 ± 0	0,033	0		No
Na mg/L (2015)		-	±				
Na mg/L (2022)	24	0,15 - 27,53	9,632 ± 7,96	9,038	27,38		Yes
Amônia mg/L (2015)	30	0,206 - 9,56	1,335 ± 2,034	0,4185	9,35		No
Amônia mg/L (2022)	35	0,025 - 12,86	2,525 ± 3,671	0,082	12,84		No
K mg/L (2015)		-	±				
K mg/L (2022)	23	0,164 - 5,80	2,875 ± 1,674	3,32	5,632		Yes
F mg/L (2015)	8	0,1 - 0,20	0,15 ± 0,05345	0,15	0,1		No
F mg/L (2022)	35	0,09 - 0,30	0,276 ± 0,06779	0,3	0,21		No
Cl mg/L (2015)	30	0,347 - 11,00	2,7 ± 2,791	1,726	10,65		No
Cl mg/L (2022)	35	0,3 - 24,01	5,438 ± 6,587	1,722	23,71		No
Nitrito mg/L (2015)	30	0,1 - 0,25	0,1196 ± 0,03288	0,1	0,149		No
Nitrito mg/L (2022)	35	0,09 - 0,62	0,1951 ± 0,1344	0,09	0,53		No
Nitrato mg/L (2015)	30	0,1 - 1,22	0,5185 ± 0,3897	0,498	1,123		No
Nitrato mg/L (2022)	35	0,09 - 3,04	0,6873 ± 0,7013	0,426	2,947		No
Fosfato mg/L (2015)		-	±				
Fosfato mg/L (2022)	34	0,09 - 1,35	0,2972 ± 0,3362	0,09	1,26		No
Sulfato mg/L (2015)	8	0,108 - 6,57	1,694 ± 2,746	0,275	6,461		No
Sulfato mg/L (2022)	35	0,09 - 10,89	2,745 ± 3,272	0,618	10,8		No
Mg mg/L (2015)		-	±				
Mg mg/L (2022)		-	±				
Fósforo total mg/L (2015)	30	0,012 - 0,79	0,1561 ± 0,1712	0,1	0,777		No
Fósforo Total mg/L (2022)	33	0,01 - 1,51	0,364 ± 0,4167	0,169	1,499		No
Ca mg/L (2015)		-	±				
Ca mg/L (2022)	9	0,192 - 12,92	5,13 ± 5,81	0,976	12,73		No

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 9 - Resultados da estatística descritiva para os parâmetros da CAESB de 2015 e 2022 para pontos monitorados em áreas sem vegetação no período de chuva

Dados Caesb (2015 e 2022) sem APP período de Chuva							
Parâmetros	Nº de amostras analisadas	Faixa	Média ± σ^{**}	Mediana	Amplitude	Passa no teste de Shapiro-Wilk (alpha<0.05) ?	
pH (2015)	26	5,8 - 8,49	7,42 ± 0,57	7,5	2,69	No	
pH (2022)	16	6,9 - 7,66	7,26 ± 0,24	7,2	0,76	Yes	
COND μ S/cm (2015)	26	6,2 - 142,7	70,18 ± 46,89	82,2	136,5	No	
COND μ S/cm (2022)	16	3,1 - 126,4	58,14 ± 49,85	33,6	123,3	No	
Turbidez uT (2015)	26	1,2 - 20	5,14 ± 4,72	3,1	18,8	No	
Turbidez uT (2022)	16	1,3 - 63,8	14,29 ± 17,54	6,8	62,5	No	
OD mg/L (2015)	26	4,8 - 7,99	6,82 ± 0,81	6,9	3,19	No	
OD mg/L (2022)	16	3,3 - 7,7	6,36 ± 1,19	6,7	4,4	No	
SDT mg/L (2015)	14	3,74 - 85,5	37,24 ± 30,91	35,6	81,76	No	
SDT mg/L (2022)	15	1,9 - 75,9	32,35 ± 29,08	19,1	74	No	
DBO mg/L (2015)	18	1 - 9	1,83 ± 2,15	1,0	8	No	
DBO mg/L (2022)	8	3 - 7	3,75 ± 1,49	3,0	4	No	
Temperatura °C (2015)	26	21,2 - 26,2	23,00 ± 1,28	22,7	5	No	
Temperatura °C (2022)	16	22 - 26,8	23,47 ± 1,30	23,2	4,8	No	
Alcalinidade Total mg/L (2015)	4	2,544 - 10,8	6,95 ± 4,10	7,2	8,256	Yes	
Alcalinidade Total mg/L (2022)	8	2,9 - 27,2	7,60 ± 8,23	4,7	24,3	No	
Coliformes totais NMP/100 mL (2015)	26	1986 - 25000	12249,00 ± 10899,00	2500,0	23014	No	
Coliformes totais NMP/100 mL (2022)	16	980,4 - 24196	10658,00 ± 10827,00	2420,0	23216	No	
E coli NMP/100 mL (2015)	26	16,9 - 12000	1256,00 ± 2388,00	550,5	11983	No	
E coli NMP/100 mL (2022)	16	2 - 14000	2235,00 ± 3995,00	409,3	13998	No	
Li mg/L (2015)	6	0,025 - 0,025	0,03 ± 0,00	0,0	0	No	
Li mg/L (2022)	2	0,033 - 0,033	0,03 ± 0,00	0,0	0	No	
Na mg/L (2015)		-	±				
Na mg/L (2022)	10	0,208 - 9,054	4,64 ± 3,22	5,4	8,846	Yes	
Amônia mg/L (2015)	26	0,206 - 3,616	0,86 ± 0,91	0,5	3,41	No	
Amônia mg/L (2022)	16	0,025 - 1,768	0,29 ± 0,54	0,0	1,743	No	
K mg/L (2015)		-	±				
K mg/L (2022)	9	0,204 - 2,515	1,70 ± 0,89	1,9	2,311	No	
F mg/L (2015)	10	0,1 - 0,2	0,13 ± 0,05	0,1	0,1	No	
F mg/L (2022)	16	0,152 - 0,3	0,17 ± 0,05	0,2	0,148	No	
Cl mg/L (2015)	26	0,366 - 21,67	3,54 ± 4,42	2,3	21,3	No	
Cl mg/L (2022)	6	0,3 - 7,744	2,78 ± 3,52	0,7	7,444	No	
Nitrito mg/L (2015)	26	0,1 - 0,169	0,11 ± 0,02	0,1	0,069	No	
Nitrito mg/L (2022)	2	0,09 - 0,09	0,09 ± 0,00	0,1	0	No	
Nitrato mg/L (2015)	26	0,1 - 1,021	0,43 ± 0,31	0,4	0,921	No	
Nitrato mg/L (2022)	2	0,338 - 0,831	0,58 ± 0,35	0,6	0,493	No	
Fosfato mg/L (2015)		-	±				
Fosfato mg/L (2022)	2	0,09 - 0,09	0,09 ± 0,00	0,1	0		
Sulfato mg/L (2015)	10	0,152 - 3,193	0,88 ± 1,07	0,3	3,041	No	
Sulfato mg/L (2022)	6	0,3 - 7,144	2,57 ± 3,52	0,3	6,844	No	
Mg mg/L (2015)		-	±				
Mg mg/L (2022)		-	±				
Fósforo total mg/L (2015)	26	0,019 - 0,434	0,13 ± 0,12	0,1	0,415	No	
Fósforo Total mg/L (2022)	15	0,017 - 0,602	0,29 ± 0,20	0,3	0,585	Yes	
Ca mg/L (2015)		-	±				
Ca mg/L (2022)	2	8,828 - 9,612	9,22 ± 0,55	9,2	0,784	No	

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar a média para os valores com resultado paramétricos e a mediana para os valores com resultado não paramétricos, de cada cenário, constata-se que: a condutividade, o oxigênio dissolvido, os coliformes totais, *E.coli* e fósforo total não atenderam aos limites das resoluções nos pontos de monitoramento nos anos de 2015 e nos anos de 2022. Isso pode ser resultado da expansão das áreas rurais destinadas à monocultura. Dessa forma, o Distrito Federal enfrentará um desafio ainda maior para

ajustar esses parâmetros a fim de atender à classe 1, considerando que nem mesmo nas classes inferiores esses requisitos foram cumpridos. Vale pontuar novamente que a quantidade de pontos de monitoramento feito pela CAESB não cobre o território total da bacia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação e a restauração de pequenos cursos d'água deve ser prioridade nas estratégias de gestão do Cerrado, de modo a garantir o adequado processamento de nitrogênio e outros nutrientes nas bacias hidrográficas. A preservação das matas ciliares é particularmente importante para melhorar a qualidade da água (níveis de turbidez, coliformes e *E.coli*) fornecidos aos ecossistemas.

Os resultados deste estudo indicam que as Áreas de Proteção Permanente desempenham papéis fundamentais na manutenção da qualidade dos corpos d'água. A forma de uso do solo, especialmente a remoção da vegetação para a implementação de monoculturas, se mostra um fator de grande impacto. Pode-se sugerir mais pontos de monitoramento para a cobertura de toda a bacia.

Há de observar, que apesar de algumas propriedades rurais atenderem aos comandos das legislações quanto à proteção ambiental, ainda assim há um relativo impacto em cursos de água e ecossistemas existentes, demonstrando que o modo como essas áreas são preservadas ainda assim afeta diretamente o equilíbrio da vida, atingindo a todos no sentido dos vários usos das águas, até mesmo para o abastecimento urbano.

É indispensável a integração com outras políticas públicas e considerar as mudanças climáticas mundiais para que se possa prever um aumento da resiliência do abastecimento de água nos períodos de escassez hídrica e reforçar a prevenção de enchentes em locais impermeáveis. Portanto, além de cumprir as exigências do Código Florestal, é imprescindível adotar uma abordagem mais sensível e responsável em relação à preservação dos recursos naturais, considerando os impactos dessas práticas sobre o meio ambiente e a sociedade como um todo.

Em relação à continuidade do estudo em questão é possível a agregação de pesos aos parâmetros utilizados, tendo em vista que para avaliar a qualidade da água bruta, envolver muitos indicadores com diferentes relevâncias.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?**. Brasília: SAG, 2011. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 05 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 05 set. 2024.

Bustamante, M. M. C., et al. (2012). Estimativas de emissões de gases de efeito estufa do setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.25, n. 1, 4-13.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2022; Coordenação Geral Maria Helena R.B. Martins; Coordenação técnica Fábio Netto Moreno, Marta condé Lamparelli, Beatriz Durazzo Ruiz; coordenação cartográfica Carmen Lúcia V. Midalgli Equipe técnica Cláudio Roberto Palombo et al – São Paulo; CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/09/Relatorio-de-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024.

DI BERNARDO, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 3.ed. São Paulo: LdiBe, 2017.

FRANÇA, Andreia Maria da Silva; LEDO, Roger Maia Dias. **Avaliação da eficiência do Código Florestal na Preservação dos Recursos Hídricos em Áreas de Preservação Permanente do Cerrado**. 2016. Relatório Técnico Final.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE retrata cobertura natural dos biomas do país de 2000 a 2018**. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de->

[noticias/releases/28943-ibge-retrata-cobertura-natural-dos-biomas-do-pais-de-2000-a-2018](#). Acesso em: 05 de set. 2024.

PÁDUA, Alexandre Jorge. **Avaliação integrada da sustentabilidade da bacia do rio São Bartolomeu**. 54 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Florestal)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15903/1/2016_AlexandreJorgePadua_tcc.pdf. Acesso em: 05 de set. 2024.

SANCHES, Lara Lage. **Ecohidrologia terrestre do Cerrado: síntese de evidências e investigação do papel de unidades de conservação na regulação hídrica**. 2021. vi, 157 f., il. Dissertação (Mestrado em Ecologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SILVA, J.S.O. *et al.* Effects of land cover on chemical characteristics of streams in the Cerrado region of Brazil. **Biogeochemistry** 105, 75–88 (2011). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9557-8>. Acesso em: 05 de set. 2024.

SOUZA, João Paulo Sena *et al.* **Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu, escala 1:100.000** – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 60p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/981125>. Acesso em: 05 de set. 2024.

APÊNDICE A – Tabela 5

Parâmetros	Com vegetação				Sem vegetação			
	Seca		Chuva		Seca		Chuva	
	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)	França (2016)	Caesb (2015)
pH	5,59	7,04 ± 0,39	6,4	7,76 ± 2,10	6,32	7,21 ± 0,43	6,87	10,16 ± 3,29
Turbidez	2,23	4,43 ± 2,63	2,73	3,24 ± 1,97	4,31	7,71 ± 3,24	4,8	6,67 ± 3,84
OD (mg/L)	6,51	6,37 ± 1,39	6,35	6,8 ± 1,55	7,99	7,18 ± 0,94	7,59	9,28 ± 3,05
TDS (ppm)	3,12	9,43 ± 17,30	2,24	20,38 ± 31,75	2,85	8,05 ± 15,85	3,32	31,41 ± 30,12
DBO (mg/L)	0,86	5,27 ± 7,81	2,53	1,9 ± 2,22	2,09	2,97 ± 3,06	2,09	1,62 ± 0,86
Temperatura	22,62	20,80 ± 0,89	22,8	24,86 ± 6,45	21,2	20,30 ± 0,72	22,72	31,67 ± 10,19
Cond. - µS/cm	12,88	79,27 ± 63,72	6,06	102,98 ± 96,31	12,67	68,29 ± 48,15	7,67	101,94 ± 74,11
Alcalinidade Total - mg/L de CaCO ₃	5,8	2,40 ± 5,96	3,88	3,99 ± 9,09	4,72	1,21 ± 2,40	9,3	1,73 ± 3,48
Coliformes totais - NMP/100 mL	1.370,65	28605,71 ± 34765,97	1.543,36	9241,67 ± 10021,65	1.790,90	13767,00 ± 7419,97	2.003,04	17171,01 ± 15710,65
E. coli - NMP/100 mL	167,76	2614,35 ± 3657,47	154,02	542,48 ± 597,10	586,66	2245,55 ± 3427,70	188,55	1755,41 ± 1863,78
Lítio - mg/L	0	0,02 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01	0	0,01 ± 0,01
Sódio - mg/L	1,28	0,00	0,86	0,03 ± 0,09	0,89	0,00	1,94	0,00
Amônio - mg/L	0	2,29 ± 3,73	0	3,21 ± 6,24	0	1,32 ± 1,20	0	1,15 ± 1,58
Potássio - mg/L	0,34	ND	0,74	ND	0,13	ND	0,38	ND
Cálcio - mg/L	3,36	0,00	1,63	0,04 ± 0,14	2,1	0,00	3,56	0,00
Magnésio - mg/L	1,05	ND	0,71	ND	0,99	ND	1,29	ND
Fluoreto - mg/L	0,03	0,08 ± 0,01	0	0,08 ± 0,07	0,01	0,07 ± 0,08	0,02	0,08 ± 0,06
Cloreto - mg/L	0,49	3,73 ± 3,80	0,22	4,84 ± 5,77	0,24	2,87 ± 2,66	0,65	5,37 ± 3,67
Brometo - mg/L	0,05	ND	0	ND	0	ND	0,07	ND
Nitrato - mg/L	0,4	0,58 ± 0,53	0,02	0,62 ± 0,59	0,13	0,48 ± 0,35	0,56	0,60 ± 0,45
Fósforo Total - mg/L	0	0,19 ± 0,30	0,001	0,27 ± 0,47	0	0,13 ± 0,10	0	0,17 ± 0,21
Sulfato - mg/L	0,12	1,26 ± 2,04	0	0,47 ± 1,02	0,15	1,58 ± 2,36	0,29	0,64 ± 0,72