



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Humanas  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**Qualidade dos mananciais de recursos hídricos superficiais e a atividade agrícola:  
o caso da região da Estação Ecológica de Águas Emendadas/DF.**

**Marcos José de Jesus Santos**  
Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: março/2020



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Humanas  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**Qualidade dos mananciais de recursos hídricos superficiais e a atividade agrícola:  
o caso da região da Estação Ecológica de Águas Emendadas/DF.**

**Marcos José de Jesus Santos**

Orientadora: Professora Dra. Ruth Elias de Paula Laranja

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: março/2020



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Humanas  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**QUALIDADE DOS MANANCIAIS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS  
E A ATIVIDADE AGRÍCOLA: O CASO DA REGIÃO DA ESTAÇÃO  
ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS/DF**

Marcos José de Jesus Santos

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, na área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção acadêmica.

Aprovado por:

---

Professora Dra. Ruth Elias de Paula Laranja (GEA/UnB)  
(Orientadora)

---

Professor Dr. Rogério Elias Soares Uagoda (GEA/UnB)  
(Examinador Interno)

---

Professora Dra. Maria Márcia Murta (IQ/UnB)  
(Examinadora Externa)

Brasília-DF, 2 de março de 2020.



Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Humanas  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia

SANTOS, MARCOS JOSÉ DE JESUS.

Qualidade dos mananciais de recursos hídricos superficiais e a atividade agrícola: o caso da região da Estação Ecológica de Águas Emendadas/DF. 128 p., 297mm. (UnB-GEA, Mestre, Gestão Ambiental e Territorial, 2020).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| 1. Parâmetros de qualidade | 2. Recursos hídricos |
| 3. Disposições normativas  | 4. Agricultura       |
| 5. Unidades de conservação |                      |

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

Marcos José de Jesus Santos

A meu pai (*in memoriam*) e à minha mãe (*in memoriam*) que sempre me deram forças para realizar os meus sonhos, mesmo nos momentos das difíceis.

À minha família que compartilhou comigo as glórias e insucessos nessa trajetória, mas que sempre me apoiou.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pela oportunidade de existir; e também conhecer e conviver com pessoas que me fizeram crescer em todos os valorosos aspectos.

À minha orientadora, a Professora Dra. Ruth Elias de Paula Laranja, por seu apoio, compreensão e ensinamento nessa jornada.

À minha família pelo carinho e pela compreensão.

Aos colegas de mestrado e doutorado pelo compartilhamento de conhecimento e solicitude em me auxiliar.

Ao POSGEA/UnB, pelo seu corpo docente e profissionais técnicos, pela presteza em me ajudar quando precisei.

Aos profissionais técnicos da área agrícola e comerciantes da cidade de Planaltina/DF e de Formosa/GO, que colaboraram grandiosamente na realização da pesquisa.

À amiga Isabella, que muito colaborou no fornecimento de informações para realização da pesquisa.

Ao amigo Alexandre, na escolha e montagem do computador de melhor performance e armazenamento de dados para desenvolver o trabalho.

Ao IBRAM, especialmente os técnicos ambientais que trabalham na Estação: Alípio, Misael, Webius e Gabriel.

Aos componentes da Cráton - empresa júnior de Geologia/UnB -, na excelente prestação dos serviços.

Ao Instituto de Química da UnB, pela solicitude em oferecer auxílio, se necessário, em especial ao Prof. Rafael, Profa. Fernanda, Prof. Alexandre e Prof. Fernando Sodré.

À Banca Examinadora; pela disponibilidade, solicitude e pelas contribuições no aperfeiçoamento do trabalho. Professores Rogério e Márcia, muito obrigados!

À Universidade de Brasília, com seu corpo docente, e profissionais técnicos, que promovem um ensino e serviço de qualidade, propiciando-me robusto conhecimento para o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, o meu muito obrigado.

## RESUMO

A pesquisa teve como objetivo geral verificar se houve contaminação nos corpos hídricos superficiais devido à intensa atividade agrícola no limite da Estação Ecológica de Águas Emendadas/DF. Por meio da escolha de parâmetros de qualidade de água relacionados com o uso de insumos agrícola, procedeu-se à quantificação em diferentes locais na Estação para se verificar o atendimento a disposições normativas acerca do uso prioritário do corpo hídrico nesses pontos. Os usos prioritários nesses locais foram a manutenção das comunidades biológicas e o abastecimento público. E as disposições normativas relacionadas a esses usos foram, respectivamente, a Resolução Conama nº 357/2005 e a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde/2017. As coletas foram realizadas no período seco e no chuvoso, e analisou-se o transporte desses contaminantes por meio da analogia entre as concentrações nesses períodos. A unidade territorial de estudo foi a bacia hidrográfica topográfica, que englobou toda a área da Estação e uma mínima área de drenagem ao seu redor, para a qual poderia ocorrer fluxo de materiais e substâncias, em especial insumos advindos da atividade agrícola nas áreas adjacentes. A análise dos resultados revelou que, em alguns locais, o limite normativo de alguns desses parâmetros foi ultrapassado e que, de forma geral, houve transporte de contaminantes devido a precipitação pluviométrica. Dentre os limites extrapolados, destacou-se o fósforo nos ambientes lênticos, que é a causa do processo eutrófico nesses ambientes. Nesse contexto, constatou-se um processo conhecido, por exemplo, como “iron wheel” e também por “bombas de fósforo”, a qual denota um estudo da dinâmica do fósforo em ambientes lênticos aquáticos em determinadas condições. Processo este que serve de estofó científico para os resultados experimentais obtidos.

**Palavras-chave:** Parâmetros de qualidade. Recursos hídricos. Disposições normativas. Agricultura. Unidades de conservação.

## ABSTRACT

The general objective of the research was to verify if there was contamination in the superficial water bodies due to the intense agricultural activity in the limit of the Ecological Station of Aguas Emendadas/DF. Through the choice of water quality parameters related to the use of agricultural inputs, quantification was carried out in different locations in the Station to verify compliance with normative provisions regarding the priority use of the water body at these points. The priority uses of these places were the maintenance of biological communities and public supply. And the normative provisions related to these uses were, respectively, Conama Resolution nº 357/2005 and Consolidation Ordinance nº 5 of the Ministry of Health/2017. The collections were carried out in the dry and rainy periods, and the transport of these contaminants was analyzed using the analogy between the concentrations in these periods. The territorial unit of study was the topographic hydrographic basin, which encompassed the entire area of the Station and a minimum drainage area around it, for which the flow of materials and substances could occur, especially inputs from agricultural activity in the adjacent areas. The analysis of the results revealed that, in some places, the normative limit for some of these parameters was exceeded and that, in general, there was transport of contaminants due to rainfall. Among the extrapolated limits, phosphorus in lentic environments stood out, which is the cause of the eutrophic process in these environments. In this context, it was found a process known, for example, as "iron wheel" and also "phosphorus bombs", which denotes a study of phosphorus dynamics in aquatic lentic environments on certain conditions. This process serves as scientific basis for the experimental results obtained.

**Keywords:** Quality parameters. Water resources. Normative provisions. Agriculture. Conservation units.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Movimento dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos.....	7
Figura 4.1 - Esquema de desenvolvimento da dissertação.....	25

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.3.1 - Concentração de manganês em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	62
Gráfico 5.3.2 - Concentração de manganês em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	62
Gráfico 5.3.3 - Concentração de zinco em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	63
Gráfico 5.3.4 - Concentração de zinco em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	63
Gráfico 5.3.5 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	65
Gráfico 5.3.6 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	65
Gráfico 5.3.7 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	66
Gráfico 5.3.8 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	66
Gráfico 5.3.9 - Concentração de nitrogênio amoniacal em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	67
Gráfico 5.3.10 - Concentração de nitrogênio amoniacal em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	68
Gráfico 5.3.11 - Concentração de fósforo total em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2.....	69
Gráfico 5.3.12 - Concentração de fósforo total em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7.....	70
Gráfico 5.3.13 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 4 e 5.....	74
Gráfico 5.3.14 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 4 e 5 .....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.3.1 - Metodologias e equipamentos de medição utilizados na avaliação qualitativa e quantitativa dos parâmetros de qualidade de água.....	34
Tabela 4.3.2 - Dados de vazão da estação fluviométrica Brejinho Montante Captação relacionados com as informações da coleta de água.....	35
Tabela 5.2.1 - Lista de fertilizantes utilizados nas plantações de soja e milho em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.....	42
Tabela 5.2.2 - Lista de agrotóxicos utilizados nas plantações de soja e milho em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.....	43
Tabela 5.2.3 - Localização dos pontos de coleta de água em coordenada UTM, com determinação da altura (Z) .....	45
Tabela 5.2.4 - Uso prioritário de água nos pontos de coleta com o correspondente instrumento normativo relativo ao seu uso.....	46
Tabela 5.2.5 - Parâmetros de qualidade de água selecionados conforme dispositivo normativo o qual se enquadram.....	48
Tabela 5.2.6 - Parâmetros de qualidade de água selecionados decorrentes de fertilizantes.....	49
Tabela 5.2.7 - Parâmetros de qualidade de água selecionados decorrentes de agrotóxicos.....	50
Tabela 5.3.1 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 1ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005.....	51
Tabela 5.3.2 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 1ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 .....	52
Tabela 5.3.3 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 2ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005.....	53
Tabela 5.3.4 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 2ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 .....	54

Tabela 5.3.5 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 3ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005.....	55
Tabela 5.3.6 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 3ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 .....	56
Tabela 5.3.7 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 4ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005.....	57
Tabela 5.3.8 - Avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água da 4ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 .....	58
Tabela 5.3.9 - Sequência de coleta de água associada a condição climática detalhada.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA (Agência Nacional de Águas)

ATP (trifosfato de adenosina)

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)

CRH/DF (Conselho de Recursos Hídricos de Distrito Federal)

EPIs (equipamentos de proteção individual)

ESECAE (Estação Ecológica de Águas Emendadas)

EW 44% (Emulsão de óleo em água, com concentração de 44% de óleo em massa dividida por volume)

GDF (Governo do Distrito Federal)

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)

MDT (Modelo Digital de Terreno)

MIP (Manejo Integrado de Pragas)

MS (Ministério da Saúde)

NADP (fosfato de nicotinamida adenina dinucleotídeo)

PPGEA-UnB (Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília)

SEDUH (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal)

SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal)

SIGs (Sistemas de Informações Geográficas)

SINDIVEG (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal)

SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos)

SNUC (Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza)

SUS (Sistema Único de Saúde)

SVS (Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde)

UC (Unidade de Conservação)

UnB (Universidade de Brasília)

## LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 - Cursos de água na região da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	22
Mapa 3.2 - Mapa Hipsométrico da área de drenagem da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	23
Mapa 5.1.1 - Curvas de nível da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	37
Mapa 5.1.2 - Modelo Digital do Terreno da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	38
Mapa 5.1.3 - Declividade da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	39
Mapa 5.1.4 - Direção de fluxo da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	40
Mapa 5.1.5 - Sub-bacias hidrográficas da Estação Ecológicas de Águas Emendadas.....	41
Mapa 5.2.1 - Culturas agrícolas em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas.....	42
Mapa 5.2.2 - Pontos de coleta de água na Estação Ecológica de Águas Emendada.....	47

## LISTA DE FOTOS

Foto 4.2.1.1 - Captação de água da CAESB no córrego Brejinho, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.....	28
Foto 4.2.1.2 - Captação de água da CAESB no córrego Fumal, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.....	29
Foto 5.3.1 - Macrófitas aquáticas no ponto de coleta 6.....	72
Foto 5.3.2 - Macrófitas aquáticas ( <i>Hyparrhenia rufa</i> ) na Lagoa Bonita.....	73

## LISTA DE SÍMBOLOS

®: marca registrada

μ: micra, corresponde ao fator  $10^{-6}$

<: menor que

>: maior que

## SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
	Justificativa do tema e da área .....	3
	Objetivo geral e específicos.....	3
	Problematização e hipótese.....	3
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1	A Agricultura no Brasil.....	4
2.1.1	Uso de produtos químicos na Agricultura.....	5
2.1.2	Agrotóxicos: o uso indiscriminado.....	7
2.2	As Unidades de Conservação e a expansão urbana: analisando os impactos.....	11
2.3	Parâmetros de qualidade de água.....	13
2.3.1	Parâmetros físicos.....	13
2.3.1.1	Cor.....	13
2.3.1.2	Sólidos totais dissolvidos.....	13
2.3.1.3	Turbidez.....	14
2.3.2	Parâmetros químicos.....	14
2.3.2.1	Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	14
2.3.2.2	Cloretos.....	14
2.3.2.3	Nitrogênio.....	14
2.3.2.4	Fósforo.....	15
2.3.2.5	Oxigênio dissolvido.....	15
2.3.2.6	Matéria orgânica.....	16
2.3.2.7	Micropoluentes inorgânico.....	16
2.3.2.8	Contaminantes emergentes.....	16
2.3.3	Parâmetros biológicos .....	16
2.3.3.1	Bactérias do grupo coliformes.....	17
2.4	Contaminação de águas superficiais em áreas rurais.....	17
3	ÁREA DE ESTUDO.....	20
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	Delimitação da área de influência.....	26
4.2	Definição de parâmetros e critérios de análise.....	28
4.2.1	Uso de água.....	28

4.2.2	Produção rural adjacente e insumos agrícolas utilizados.....	29
4.2.3	Locais de avaliação.....	30
4.2.4	Definição de parâmetros de qualidade de água.....	31
4.3	Coleta de amostras e avaliação dos parâmetros.....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1	Delimitação da área de influência.....	37
5.2	Definição de parâmetros de qualidade de água.....	41
5.3	Avaliação dos parâmetros de qualidade de água.....	50
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	ANEXOS	

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Telles e Góis (2013), o crescimento populacional desordenado incrementa a poluição gerada e causa incertezas acerca da manutenção da qualidade de vida existente, com implicações na degradação dos ambientes naturais. As alterações antrópicas no uso e ocupação da terra decorrentes da expansão urbana provocam desequilíbrios nos ecossistemas terrestres e aquáticos, acelerando a degradação ambiental.

“A atividade agrícola moderna, predominantemente sustentada a partir de monoculturas extensas e de elevado nível tecnológico, tem se transformado em grande usuária de recursos naturais e, conseqüentemente, em significativa geradora de impactos ambientais” (BRASIL, 2000).

A produção de cana, soja, milho, sorgo, entre outros produtos agrícolas; conforme Egler (2002); acarretam em transformações drásticas da paisagem. E, entre os impactos ambientais associados às frentes agrícolas, destacam-se: compactação do solo, contaminação das águas e da biota por agrotóxicos e fertilizantes, desmatamento com a fragmentação de habitats, queimadas, redução da disponibilidade de água subterrânea e superficial pela irrigação inadequada das áreas cultivadas, redução da diversidade vegetal e animal, e perdas de solos.

Fia *et al.* (2015) afirmam que o comprometimento da qualidade da água pode ser causado tanto por resultado de efeitos antrópicos sobre os ambientes aquáticos, em maior escala; como por fatores naturais, em menor escala. A poluição das águas nas bacias hidrográficas tem, como origem, fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola.

Segundo Arcova *et al.* (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, podem modificar a sua qualidade.

O processo de expansão da ocupação humana, mormente a agropecuária, tem alterado a qualidade dos recursos ambientais da região Centro-Oeste. Dessa forma, o Cerrado tem dado espaço a diversas plantações e tipos de ocupações e usos, muitos irregulares. A busca por maior produtividade na agricultura, com o uso de agrotóxicos e outros insumos; e o aumento da área cultivada, têm suscitado a ocorrência de sérios danos ambientais, entre eles, no que concerne à qualidade de mananciais de recursos hídricos.

Entre os danos causados aos corpos hídricos por agrotóxicos cita-se, por exemplo, a presença de compostos orgânicos tóxicos, que degradam a biota e prejudicam a saúde do ser humano. A utilização de fertilizantes de forma desmedida pode ensejar o despejo de nutrientes em

ambientes aquáticos superficiais, possibilitando a proliferação de algas verdes (fotossintéticas). Isso se deve ao fato de os fertilizantes utilizados possuírem compostos que contêm nitrogênio, fósforo e enxofre, e que servem de nutrição a essas algas. O aumento desses compostos pode gerar, dessa forma, a proliferação dessas algas, que possuem tempo de vida curto, morrem e se decompõem. Essa decomposição é realizada por organismos aeróbios, que vão consumindo o oxigênio disponível na água e provocando a morte de todas as formas de vida aeróbias.

É importante avaliar a vulnerabilidade da região em análise no que se refere à degradação ambiental. A capacidade de diluição de poluentes, por exemplo, constitui um parâmetro que avalia a vulnerabilidade de um corpo hídrico. Áreas pertencentes a recarga de aquíferos são mais propensas a sofrerem perda de qualidade ambiental em razão de possuírem nascentes de cursos d'água, que tem baixa capacidade de diluição de poluentes.

Com o intuito de mitigar a degradação ambiental, restringem-se a presença humana e/ou a ocupação em determinadas áreas que precisam ser protegidas em razão de possuírem relevante importância ambiental. Essa restrição é realizada por dispositivos normativos nos três níveis de governo (federal, estadual e municipal). Nesse contexto, insere-se a Estação Ecológica de Águas Emendadas, classificada como área de proteção integral em razão de suas características peculiares, e sob a administração do Governo do Distrito Federal - GDF.

A Estação Ecológica de Águas Emendadas possui nascentes de corpos d'água que dão origem e abastecem importantes bacias hidrográficas brasileiras e no continente sul americano. No Distrito Federal, serve como manancial de água para abastecimento público. Possui como limites áreas urbanas e áreas rurais. Dessa forma, está sujeita aos diversos tipos de degradação nos seus corpos d'água. Assim, a sua conservação é de vital importância para a qualidade dos recursos hídricos locais, regionais e continentais.

Os parâmetros comumente avaliados de qualidade de água em testes laboratoriais de companhias de saneamento não envolvem detecção de todos os potenciais contaminantes. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece padrões de qualidade das águas, estabelecendo limites individuais para cada substância em cada classe dos corpos de água. De acordo a Resolução, os corpos de água doce são classificados em cinco classes: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), em seu anexo XX, dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Em razão de a Estação Ecológica de Águas Emendadas estar sob a administração do GDF, o enquadramento de seus corpos de água é de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH/DF, 2014), conforme preconiza a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), no *caput* do artigo 38.

A justificativa de escolha do tema se deve em razão da vulnerabilidade da Estação Ecológica de Águas Emendadas à contaminação de seus corpos hídricos superficiais devido à atividade agrícola que a circunscreve. Ressalta-se o fato de que esses mananciais são utilizados em benefício da população de regiões adjacentes. A escolha da área se justifica pelo fato de a agricultura utilizar insumos com potencial de toxicidade relevantes ao meio ambiente e de alguns serem persistentes.

Elenca-se como objetivo geral da pesquisa, verificar se há contaminação nos corpos hídricos superficiais devido à intensa atividade agrícola no limite da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Os objetivos específicos são:

- mapear usos e áreas de convergência de águas;
- correlacionar os usos com a qualidade das águas;
- verificar se há presença de contaminantes nos corpos hídricos superficiais na Estação. Esse levantamento será realizado a partir de insumos utilizados na agricultura. A escolha desses contaminantes será realizada por meio da possibilidade de ocasionar maior dano à qualidade dos corpos hídricos;
- avaliar se as quantidades referentes a esses contaminantes escolhidos estão dentro do permitido, com base em disposições normativas relacionadas ao uso de água; e
- analisar o transporte desses contaminantes por meio da analogia de suas concentrações no período seco e no chuvoso.

O problema a avaliar consiste na ocorrência de propriedades rurais adjacentes a unidades de conservação. Essas propriedades podem lançar potenciais poluentes ambientais, afetando a qualidade de mananciais hídricos. No caso da Estação Ecológica de Águas Emendadas, a maior parte de seu solo é composta por latossolos, possuindo alta capacidade de infiltração, o que facilita a contaminação. A hipótese a ser verificada é a de haver contaminação de recursos hídricos superficiais pertencentes à Estação devido à atividade agrícola.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A Agricultura no Brasil

O crescimento da produção agrícola no Brasil ocorreu, principalmente, até a década de 1950 devido ao aumento da área cultivada. A partir da década de 1960, o uso de máquinas, adubos e defensivos químicos passou a ter, também, importância no aumento da produção agrícola. De acordo com os parâmetros da “Revolução Verde”, incorporou-se um pacote tecnológico à agricultura, com a base técnica resultante passando a ser conhecida como modernização da agricultura brasileira. Segundo Matos e Pessoa (2011), a “Revolução Verde” se refere a iniciativas na década de 1950 nos Estados Unidos e na Europa, baseadas no progresso técnico (maquinários, insumos) para o desenvolvimento rural que, em seguida, foram difundidas em vários países.

Segundo Agra e Santos (2019), além da mudança na base técnica no campo, surgem na década de 1970, como produto da modernização agrícola, os complexos agroindustriais representando a integração técnica entre a indústria que produz para a agricultura e a agroindústria. Dessa forma, criaram-se condições para a inserção do Brasil na rede internacional de comércio de produtos agrícolas.

A modernização agrícola, segundo Agra e Santos (2019), concentrou-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e na monocultura de produtos exportáveis, como soja e cana-de-açúcar, deixando à margem regiões mais pobres, Norte e Nordeste, onde predominam os pequenos produtores e a policultura alimentar.

A partir da década de 1990, governo, pesquisadores e mídia passaram a empregar o termo agronegócio, “numa tentativa de dar um ar de modernidade às velhas práticas da agricultura capitalista” (MARCOS, 2008, p. 19). Segundo Matos e Pessoa (2011), essa expressão é utilizada no Brasil para designar grandes propriedades modernas que se dedicam à monocultura com o emprego de tecnologia avançada e reduzida mão-de-obra. Na maior parte dos casos, a produção é destinada ao mercado externo ou às agroindústrias, com a finalidade principal de auferir lucros.

Conforme Matos e Pessoa (2011), para reforçar o agronegócio, no final do século XX, com os avanços da biotecnologia, perpetua-se o cultivo de monoculturas transgênicas. Os transgênicos são resultado dos avanços das pesquisas da biotecnologia e da engenharia genética para combater os herbicidas, gerando maior produtividade e com menor custo de produção. Dessa forma, o discurso das empresas de biotecnologia se apresenta como sendo de grande importância para o desenvolvimento de uma agricultura mais produtiva e sustentável, já que é menos dependente do

uso de defensivos químicos, bem como para o fortalecimento da competitividade da agricultura, para a elevação das exportações e para o combate à fome.

No início deste século, destaca-se o recorde de autorizações para comercialização de agrotóxicos no atual governo nos últimos quatorze anos, com tendência de aumento. Dentre os produtos legalizados, ressaltam-se os que são à base de novos princípios ativos, em que alguns são proibidos na União Europeia e/ou nos Estados Unidos. Essa decisão é bastante controversa, em detrimento de fortalecimento de uma política que reduza o uso de agrotóxicos na agricultura, propicie melhores condições para a existência da agricultura orgânica familiar e incentive os sistemas agroflorestais (integração agricultura-floresta). O embate crítico acerca dessa decisão resultou até em questionamento judicial, suspendendo autorização de agrotóxicos, fundado no risco à saúde da população e ao meio ambiente. Decisão posteriormente cassada, em razão de acolhimento de recurso interposto pela União em instância judicial superior.

### 2.1.1 Uso de produtos químicos na Agricultura

Com o início da modernização da agricultura brasileira na década de 1960, consequência da influência da denominada “Revolução Verde”, deu-se início ao aumento da produção baseada no aumento da produtividade, ocasionada pelo consumo de insumos agrícolas.

A modernização da agricultura no Brasil e a transformação desse setor, como parte de um processo industrial, ocorreu com a entrada de indústrias produtoras de bens de capital e de insumos modernos, como tratores, fertilizantes e agrotóxicos. Dessa forma, a dinâmica industrial passou a comandar, definitivamente, o desenvolvimento da agricultura, a qual compra insumos e vende matéria-prima para outros ramos industriais.

Agra e Santos (2019) relatam que a adoção dos “pacotes” da Revolução Verde – elaborados para uso em áreas de clima temperado, com solos homogêneos – causou erosão, antropização, salinização, compactação e perda de produtividade de muitos solos brasileiros.

Segundo Matos e Pessôa (2011), a ideia de desenvolvimento rural se restringia à produção, isto é, o crescimento da produção agrícola era o principal indicador para mensurar o desenvolvimento econômico do campo de vários países que adotaram o pacote tecnológico da Revolução Verde. Assim, cuidados com a consequência de uso impróprio de insumos agrícolas não eram relevantes.

Os diversos insumos agrícolas podem alterar a qualidade do ar, do solo e os mananciais hídricos, influenciando a biota presente nesses meios. “Pesticidas têm sido amplamente distribuídos, e seus traços têm sido detectados em todas as áreas do meio ambiente: ar, água e solo”

(YADAV, 2015, tradução nossa). “Os principais contaminantes de origem agrícola são os resíduos de fertilizantes e os agrotóxicos de origem antropogênica” (ARIAS *et al.*, 2007). “Em áreas agrícolas, o carregamento de águas superficiais e a lixiviação da água intersticial para rios e lagos podem introduzir nutrientes (a partir de fertilizantes) e agrotóxicos em quantidades substanciais” (TOMITA; BEYRUTH, 2002).

Fertilizantes podem possuir em sua composição fósforo e nitrogênio. Segundo Campos (2010), as atividades agrícolas são consideradas importantes fontes de fósforo e nitrogênio para os sistemas aquáticos. Campos (2010) relata, a seguir, o processo que pode decorrer do aumento na concentração de nutrientes:

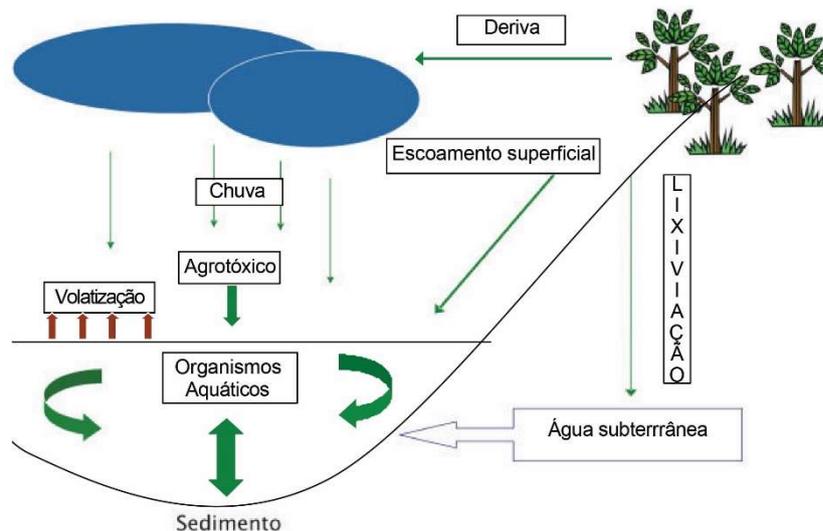
Um grande aumento na concentração de nutrientes em um lago pode levar a um desenvolvimento acelerado do fitoplâncton e de algas de maiores tamanhos. Se esse crescimento for rápido, haverá uma diminuição de penetração da luz no lago, diminuindo assim o processo da fotossíntese e a produção de oxigênio. O oxigênio presente na água começa a ser consumido na decomposição de algas mortas, e não há reposição eficiente desse oxigênio por causa da diminuição da zona fótica (e conseqüentemente fotossíntese). Os organismos mais simples começam a morrer devido à baixa concentração de oxigênio, gerando assim matéria orgânica morta, que será decomposta e consumirá mais oxigênio. A diversidade biológica diminui, pois somente as espécies mais adaptadas sobrevivem em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido. (CAMPOS, 2010, p. 124)

Fertilizantes com nitrogênio podem ter como produto o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Segundo Resende (2002), o nitrato é a principal forma de nitrogênio associado à contaminação de água pelas atividades agropecuárias. Isso ocorre pelo fato de que o ânion nitrato, caracterizado por ser fracamente retido nas cargas positivas dos colóides, tende a permanecer mais em solução, principalmente, nas camadas superficiais do solo, nos quais a matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo da fase sólida (repelindo o nitrato), e os fosfatos aplicados na adubação ocupam as cargas positivas disponíveis. Na solução do solo o nitrato fica muito propenso ao processo de lixiviação. Conforme Sperling (1995), o nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia (síndrome do bebê azul) e a problemas gástricos.

O uso de agrotóxicos constitui um dos principais impactos da agricultura na qualidade dos recursos hídricos. Os agrotóxicos e seus derivados podem alcançar os ambientes aquáticos por meio da aplicação direta, deriva, escoamento superficial e lixiviação. Esses processos ocorrem a partir de áreas onde ocorreram aplicações, conforme ilustra a Figura 2.1. A deriva é toda a aplicação que não atinge o local desejado, pode ocorrer por evaporação, escoamento e/ou deslocamento para outras áreas através do vento. A lixiviação dos agrotóxicos através do perfil dos

solos pode ocasionar a contaminação de lençóis freáticos e afetar os cursos de água superficiais. Conforme Spadotto *et al.* (2010), os processos envolvidos no destino ambiental dos agrotóxicos dependem de suas propriedades físico-químicas e forma de aplicação, características do solo e condições ambientais.

**Figura 2.1 – Movimento dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos**



Fonte: Adaptado de Nimmo, 1985.

Acerca de estudos de avaliação de risco ambiental devido ao uso de agrotóxico, segundo Caldas e Rebelo (2014), o número de estudos conduzidos sobre o tema no Brasil cresceu nos últimos anos, porém essa ainda é uma área que requer muitos avanços no País.

### 2.1.2 Agrotóxicos: o uso indiscriminado

A utilização de agrotóxicos, não raras vezes, ocorre de maneira inadequada. Isso ocorre não somente para os destinados ao uso agrícola, mas também ao uso não agrícola (IBAMA, 2019). De acordo com Duaví *et al.* (2015), esses produtos para uso urbano são utilizados no combate às pragas urbanas, para evitar epidemias e surtos; e no uso doméstico, para evitar proliferação de espécies indesejáveis nas residências. São vendidos livremente no varejo sem qualquer restrição, e assim usados sem nenhum controle.

Em pesquisa realizada por Aguila e Keller (2017), avaliou-se a quantidade de agrotóxico presente em corpos de água superficiais localizados na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite,

em Goiás. A partir desse estudo, constatou-se que para o inseticida Malathion, a quantidade detectada em todos os pontos coletados era, no mínimo, o dobro do valor máximo permitido para mananciais de superfície Classe II (classificação dos corpos de água das amostras coletadas), segundo a Resolução Conama nº 357/2008. O Malathion pertence ao Programa Nacional de Controle da Dengue (Malathion EW 44%). No Brasil, o Ministério da Saúde recomenda o uso de Malathion com aplicações a Ultra Baixo Volume (150 mL i.a. por hectare, à vazão de 70-210 mL.min.<sup>-1</sup>) no combate ao *Aedes aegypti* (SUS, 2014; SVS, 2015). Conforme Fritschi *et al.* (2015), a carcinogenicidade do organofosforado Malathion foi avaliada na Agência Internacional de Investigação do Câncer – IARC e evidenciou-se que este composto apresenta genotoxicidade, efeito carcinogênico, podendo levar à morte.

O uso indiscriminado de agrotóxicos decorre do fato de não atendimento a recomendações técnicas adequadas. Essa constatação se refere não somente aos usuários desses produtos, mas também a procedimentos de profissionais responsáveis por essas prescrições quando são necessários para utilização. A utilização indevida pode gerar impactos nos meios aquáticos, terrestres e aéreos, afetando a saúde humana e a biota existente.

Pesquisas revelam uma grande utilização de produtos de maior toxicidade. Em um estudo de Andrade *et al.* (2011) observa-se que, quanto à toxicidade humana (BRASIL, 1992), 39,6% dos produtos comercializados se enquadram nas classes Produto Extremamente Tóxico e Altamente Tóxico (Classes I e II). E quanto à Classificação Ambiental (IBAMA, 1996), o uso desses produtos se torna mais preocupante, uma vez que 70,2% se distribuem entre as classes I e II (Produto Altamente Perigoso e Muito Perigoso ao Meio Ambiente, respectivamente).

Em um estudo realizado por Fraga *et al.* (2016) verificou-se que apenas 1% de todos os produtos receitados enquadram-se na classe de produtos de baixo risco ao meio ambiente.

O estudo de agrotóxicos, incluindo seus impactos, requer uma abordagem transdisciplinar. Dessa forma, esse tema permeia várias áreas do conhecimento, interconectando-as. Agronomia, Química, Saúde Ocupacional, Toxicologia Humana, Ecotoxicologia, Ciências Ambientais, Segurança no Trabalho, Geologia e Geografia são exemplos de conhecimentos requeridos para uma análise sistêmica desse assunto. Uma discussão sobre esse tema, desconsiderando essas diferentes ciências envolvidas nas distintas etapas ligadas à sua análise, constitui uma decisão equivocada.

Um trabalho realizado por Fraga *et al.* (2016) intitulado: “Uso da prescrição de agrotóxicos no Brasil: um estudo de caso na região de Tubarão – SC”, retrata essa inter-relação de áreas de conhecimento a partir da análise de informações contidas em receituários agrônômicos. Essa constatação está presente em um trecho a seguir:

[...] A análise qualitativa dos receituários mostrou que esses documentos não informam os agricultores sobre o uso adequado e seguro dos agrotóxicos. Em termos quantitativos, verificou-se que os herbicidas constituíram a maior parte dos agrotóxicos receitados e que cerca de um terço do total era constituído por produtos altamente tóxicos. Um número reduzido de profissionais habilitados foi responsável pela assinatura das receitas, o que indica que a maioria dos receituários analisados no estudo não se baseou em um diagnóstico fitossanitário feito diretamente no local da manifestação do problema. (FRAGA *et al.*, 2016; p. 1)

A seguir, os autores concluem acerca da referida análise dos receituários agrônômicos:

[...] Assim, pode-se concluir inequivocamente que a maioria das receitas é “de balcão”, isto é, uma situação em que usuário expõe seu problema fitossanitário e o técnico, ou mesmo o vendedor, recomenda o produto a ser utilizado para o caso exposto. Portanto, são as informações prestadas pelo solicitante que determinam a prescrição, quando deveria ser o diagnóstico do técnico o princípio orientador dessa mesma prescrição. (FRAGA *et al.*, 2016, p. 7).

E a seguir, tecem considerações acerca dessa constatação:

A ausência de uma visita *in situ* para avaliação do problema fitossanitário viola o princípio básico do receituário agrônômico, que é promover o uso adequado e seguro dos agrotóxicos. A questão da adequação refere-se ao tipo de problema fitossanitário constatado e seu nível de dano, que deve ser condizente com o tipo de praga, patógeno ou planta indesejada a ser controlada e com o estágio da cultura a ser tratada. Por sua vez, o uso seguro implica verificar e atestar a capacidade de o usuário manusear os agrotóxicos sem comprometer a sua saúde, de sua família e de seus vizinhos, bem como pressupõe uma avaliação do entorno da área de aplicação para verificação de riscos ambientais e de danos colaterais aos cultivos e criações de áreas contíguas. Enfim, é justamente pela complexidade do problema que envolve o uso de agrotóxicos que a legislação determina que o receituário agrônômico seja emitido por profissional legalmente habilitado, o qual se subentende estar capacitado tecnicamente para o diagnóstico e prescrição desses insumos. (FRAGA *et al.*, 2016, p. 7).

A consequência mais séria no uso inadequado de agrotóxico ocorre com os aplicadores desses produtos. Eles estão em contato direto com esse produto durante a jornada de aplicação. A operação mais perigosa é o preparo, pois o produto está na forma concentrada. Muitas vezes esses trabalhadores não utilizam equipamentos de proteção individual - EPIs -, ou os utilizam de forma inadequada. Esses fatos ocorrem seja por não terem à disposição essa proteção, por não possuírem uma orientação adequada ou não quererem utilizar.

Santana *et al.* (2016) concluíram em sua pesquisa que os agricultores, em sua maioria, usavam agrotóxicos inadequadamente, tinham baixa escolaridade e conheciam sobre os riscos individuais e coletivos aos quais estavam expostos, mas não usavam EPIs.

O trabalho de Alves, Fernandes e Marin (2008) mostrou que 50,0% dos trabalhadores nas lavouras responderam que não usam EPI, 20,8% disseram que usam EPI completo e 29,2% disseram que usam algum tipo de EPI (luva ou máscara, luva e máscara, macacão e máscara, boné ou chapéu etc). Vale ressaltar que, na mesma lavoura, conforme relato dos próprios trabalhadores, alguns usam EPI, outros não. Vários foram os motivos relatados para explicarem o fato de não usarem ou usarem apenas alguns EPI's. Três motivos representaram 68% das respostas: dificuldade o trabalho (10%), é desconfortável (27%) e falta de costume (31%).

No estudo de Soares, Almeida e Moro (2003), constatou-se que cerca de 50% dos trabalhadores rurais entrevistados se encontravam, ao menos, moderadamente intoxicados devido ao uso de agrotóxicos.

Um impacto devido ao uso imprudente de agrotóxicos que vem sendo gradativamente pesquisado é em relação a animais polinizadores. Esses animais são importantes para a reprodução vegetal e para a manutenção da fauna que dela depende. Dentre os animais polinizadores, destacam-se as abelhas, por serem polinizadores eficientes. Os estudos se concentram em análise de toxicidade de agrotóxicos em abelhas.

Giannini *et al.* (2014) fizeram uma revisão de 249 publicações científicas sobre os animais polinizadores de culturas com interesse econômico. Identificaram os polinizadores de 75 culturas agrícolas brasileiras. Esses polinizadores estavam distribuídos em 250 espécies de animais, sendo que 87% são abelhas.

Ollerton *et al.* (2011) calcularam que 292.200 espécies de plantas (85% de todas as plantas floridas) requerem polinização animal para reproduzir. “Além do mais, aproximadamente 75% das culturas alimentares agrícolas mostraram um aumento na produção como resultado de polinização animal” (KLEIN *et al.*, 2007, tradução nossa). Assim, impactos a esses animais polinizadores não geram consequências somente ambientais, mas também afetam significativamente a produção agrícola.

Em uma pesquisa da SINDIVEG (2018) no estado de São Paulo, verificou-se que 35,59% dos casos analisados de mortalidade das abelhas devido a produtos químicos teve uma relação direta de aplicação incorreta de defensivos nas lavouras.

## **2.2 As Unidades de Conservação e a expansão urbana: analisando os impactos**

As Unidades de Conservação, originadas a partir da Lei Federal nº 9.985 (BRASIL, 2000) que instituiu o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC), são compostas por doze categorias, divididas em dois grupos: Proteção Integral e de Uso Sustentável. Guerra (2005) declara que essa lei visa contribuir para a manutenção da biodiversidade e dos recursos genéticos, proteger e recuperar recursos hídricos, recuperar ecossistemas degradados, proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica e promover a educação ambiental, além da recreação.

A Lei Federal nº 9.985 (BRASIL, 2000) também estabeleceu critérios para a proteção das áreas em torno das Unidades de Conservação da Natureza - com exceção das Áreas de Proteção Ambiental e das Reservas Particulares do Patrimônio Natural -, que passaram a ser definidas como zonas de amortecimento. Essa medida se deve com o propósito de reduzir impactos das ações antrópicas nos espaços protegidos. Berlinck (2008, p. 126) defende que a gestão contínua do entorno de uma unidade de conservação da natureza é a única estratégia para salvaguardar e viabilizar a sua manutenção em longo prazo. Cury (2013, p. 47) escreve que o zoneamento deve ser pensado, negociado e pactuado com os diferentes atores sociais envolvidos, com o propósito de consolidar a UC e manter a governabilidade sobre a área.

O processo de formação das cidades brasileiras possui interesses dos setores empresariais, notadamente o setor imobiliário, que é fomentado pelo Estado. O controle do processo de expansão urbana pelo Estado frequentemente é precário em cidades do interior e entorno imediato da zona urbana. A situação se agrava nas áreas rurais. Propriedades rurais, sem incentivos para manter sua produção e pressionados por agentes interessados no seu parcelamento e comercialização como áreas urbanas, são pouco a pouco ocupadas. Na periferia das áreas metropolitanas e cidades de porte médio, o processo de expansão urbana geralmente é explosivo e sem controle. Governantes desses locais mostram-se incapazes técnica e financeiramente de deter o crescimento sem controle.

O instrumento de planejamento que norteia a política de ordenamento e de desenvolvimento de um município é o plano diretor. O plano diretor ganhou importância a partir do Estatuto da Cidade, aprovado pela Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001). Essa Lei regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e estabeleceu parâmetros e diretrizes da política e gestão urbana no Brasil. No parágrafo único do artigo 1º da referida lei, há a menção de estabelecimento de normas de ordem pública e interesse social que

regulam o uso da propriedade urbana em prol do equilíbrio ambiental. E a alínea g do inciso VI do artigo 2º, elenca que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante a diretriz geral de ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar a poluição e a degradação ambiental. Verifica-se assim, a alusão a princípios ambientais, presentes também em outras partes do texto.

Nesse contexto, a falta de planejamento no processo de expansão urbana próximas a unidades de conservação resulta em problemas como a destruição indiscriminada da cobertura vegetal e de mananciais de água; e a deterioração da qualidade ambiental do meio natural. Como forma de atuação, o Estado procede, geralmente, a ampliação de sua função normativa e de controle, estabelecendo novos procedimentos, revendo e atualizando sua legislação. Essa forma de atuação se faz sem que se interfira, de fato, no cerne do problema, que é a ausência de planejamento, fiscalização e responsabilização. Na esteira desse pensamento, Costa e Braga (2002) afirmam que as políticas ambientais surgem decorrentes das pressões e tensões pelo meio existentes entre a sociedade e os gestores públicos.

Costa e Braga (2002), novamente relatam acerca da caracterização dos conflitos urbanos e ambientais:

O campo de conflitos estruturado em torno da questão urbano-ambiental caracteriza-se por uma dinâmica intrincada de relações e disputas de poder que produz diferentes matrizes discursivas sobre cidade e meio ambiente e gera importantes limites à formulação e legitimação de diretrizes de política ambiental (COSTA; BRAGA, 2002, p.4).

O processo de criação ou modificação do instrumento de planejamento urbano se dá a partir das necessidades que surgem da expansão da cidade. A participação de todos os setores da sociedade influenciados por esse processo, contribuindo com sugestões de medidas, se torna imprescindível para construção de um documento coerente e factível. Araújo (2010) relata que nos processos de modificações do planejamento urbanístico, deve-se observar: quais são as causas, como acontecem, a quem interessam e suas consequências.

Impende-se, portanto, novo modelo de interação sociedade-natureza, e isso implica uma transformação no papel do Estado e de suas instituições. A negligência em relação a tomada de decisões afetas à expansão urbana não planejadas deve dar espaço a construção de um processo de planejamento contínuo e democrático de desenvolvimento das cidades.

## 2.3 Parâmetros de qualidade da água

A água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora diversas impurezas, as quais definem a sua qualidade. Essas impurezas são resultantes de ações naturais e da ação antrópica nos limites da bacia hidrográfica. Em contraposição à qualidade existente, existe a qualidade desejável para um determinado corpo hídrico. Essa qualidade é função de seus usos previstos.

As impurezas encontradas na água podem alterar as suas características físicas, químicas e biológicas, que são possíveis de serem traduzidas em parâmetros de qualidade da água. Dessa forma, definem-se parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Os parâmetros comumente citados em trabalhos técnicos são:

### 2.3.1 Parâmetros físicos

#### 2.3.1.1 Cor

O fator responsável pela cor é devido aos sólidos dissolvidos. As causas de origem natural que alteram a cor são a decomposição de matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos) e presença de ferro e manganês. “A origem antrópica que altera a cor é devido a resíduos industriais e esgotos domésticos” (SPERLING, 1995).

“A unidade de medida de medida da cor é unidade Hazen – padrão de platina-cobalto. É utilizada para se aferir se a água precisa de tratamento” (SPERLING, 1995).

#### 2.3.1.2 Sólidos totais dissolvidos

Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). “Nas águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio.” (GASPAROTTO, 2011).

### 2.3.1.3 Turbidez

A turbidez representa o grau de intensidade de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva. O fator responsável pela turbidez é devido aos sólidos em suspensão. As causas de origem natural que influenciam a turbidez são partículas de rocha, argila, silte, algas e microorganismos. A origem antrópica que a altera se deve a despejos domésticos e industriais e erosão.

A unidade de medida é a unidade de turbidez, e é utilizada para se verificar a necessidade de tratamento.

### 2.3.2 Parâmetros químicos

#### 2.3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Representa a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) em escala anti-logarítma. Indica a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade. A faixa de pH varia de 0 a 14. Sólidos dissolvidos e gases dissolvidos são responsáveis pela variação desse parâmetro. Naturalmente, é afetado pela dissolução de rocha, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. De forma antrópica, é alterada por despejos doméstico e industriais. O pH para águas naturais superficiais se situa entre 4,0 e 9,0.

A unidade de medida é o próprio parâmetro. É importante o seu conhecimento para fins de tratamento e distribuição de água para abastecimento público.

#### 2.3.2.2 Cloretos

É oriundo de sólidos dissolvidos. A origem natural é pela dissolução de minerais e intrusão de águas salinas. E por ação antrópica, é advinda por despejos domésticos, industriais e águas utilizadas em irrigação. É utilizado para caracterizar água de abastecimento.

#### 2.3.2.3 Nitrogênio

O elemento químico nitrogênio se apresenta em várias substâncias, com diferentes estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio

molecular ( $N_2$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônia ( $NH_3$ ). As principais fontes naturais desse nutriente são de origem atmosférica, biológica e mineral. A fonte antropogênica é atribuída a despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes. Em um corpo d'água, a forma predominante do nitrogênio pode fornecer dados sobre o estágio da poluição:  $NH_3$  (poluição recente) e nitrato (poluição mais remota). É elemento indispensável para o desenvolvimento de algas, porém em elevadas quantidades em lagos e represas pode levar ao crescimento desequilibrado de algas (eutrofização).

#### 2.3.2.4 Fósforo

O fósforo na água se apresenta, principalmente, nas formas de ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $H_3PO_4$ ), polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas. As formas que os ortofosfatos se apresentam na água dependem do pH. “As formas mais presentes na faixa usual de pH (6,5-8,5) que as águas se encontram é  $HPO_4^{2-}$  e  $H_2PO_4^-$ ” (CAMPOS, 2010). Os polifosfatos são moléculas complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico compõe moléculas orgânicas, como os detergentes. A origem natural é devida a decomposição de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A influência antrópica é devida a despejos domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.

Elemento essencial para o desenvolvimento de algas, porém em elevadas quantidades em lagos e represas pode levar ao crescimento desequilibrado de algas (eutrofização).

#### 2.3.2.5 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido na sua forma  $O_2$  é de fundamental importância para os organismos aeróbicos. Na decomposição da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nesse processo, ocasionando uma redução de sua concentração no meio. E dependendo dessa redução, pode ocorrer a mortandade de organismos aquáticos, notadamente os peixes, mais perceptíveis. A origem natural do oxigênio ( $O_2$ ) é da dissolução do oxigênio atmosférico e da produção dos organismos fotossintéticos. O oxigênio dissolvido, na sua forma  $O_2$ , é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

### 2.3.2.6 Matéria orgânica

A matéria orgânica presente nos corpos d'água é causadora do principal problema de poluição das águas, que é consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. A forma natural de origem de matéria orgânica é a matéria orgânica vegetal e animal. E a antrópica é o despejo doméstico e industrial.

### 2.3.2.7 Micropoluentes inorgânicos

Vários poluentes inorgânicos são tóxicos. Entre os quais destaca-se os metais de alta toxicidade, como certas formas iônicas do cádmio, cromo e chumbo. Há metais que se acumulam na cadeia alimentar, transmitindo essa toxicidade aos organismos situados em níveis superiores. Entre substâncias compostas inorgânicas tóxicas, destaca-se o cianeto ( $\text{CN}^-$ ).

### 2.3.2.8 Contaminantes emergentes

Segundo Montagner *et al.* (2017), tratam-se de centenas de compostos que têm sido detectados nos diferentes compartimentos ambientais (solo, água e ar), sendo eles tanto de origem antrópica (presentes em efluentes domésticos, industriais, hospitalares e aqueles provenientes das atividades agrícola e pecuária), quanto de ocorrência natural (presentes em diferentes espécies de plantas, por exemplo). Estes compostos podem apresentar algum risco ao ecossistema e eles não estão incluídos nos programas de monitoramento de rotina, ou seja, não são legislados. Assim, serão candidatos a uma futura regulamentação dependendo dos resultados obtidos em estudos de ecotoxicidade, efeitos à saúde humana, potencial de bioacumulação, transporte e destino nos diferentes compartimentos ambientais, além da quantidade em que são lançados e, portanto, da concentração no ambiente. Exemplos desses poluentes são os microplásticos, drogas de abuso e interferentes endócrinos.

### 2.3.3 Parâmetros biológicos

Os organismos desempenham diversas funções, dentre as quais a transformação da matéria dentro do ciclo biogeoquímico. Um outro aspecto é o relativo a possibilidade de transmissão de

doenças. “A potencialidade de uma determinada água transmitir doença pode ser efetuada de forma indireta, através de organismos indicadores de contaminação como, por exemplo, bactérias coliformes” (SPERLING, 1995).

#### 2.3.3.1 Bactérias do grupo coliformes

São organismos indicadores de contaminação fecal. “Fornecem uma indicação do quanto uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais de sangue quente e, por conseguinte, a sua potencialidade em transmitir doenças” (SPERLING, 1995).

### 2.4 Contaminação de águas superficiais em áreas rurais

A qualidade de água em corpos de água superficiais em áreas não antropizadas é influenciada pelo relevo, clima, geologia, solo e vegetação da bacia hidrográfica contribuinte. No entanto, em áreas com ocupação humana, a alteração na qualidade dos recursos hídricos vai depender de tipos de atividades desenvolvidas. Essas atividades são constituídas precipuamente por ocupação agrícola, industrial e urbana. “A ocupação urbana e as atividades industriais causam, em sua maioria, uma poluição do tipo pontual, diferente da poluição agrícola, que é difusa, de difícil estudo e detecção” (PRADO; NOVO, 2005).

A atividade agrícola, no início, já provoca a retirada, normalmente, de toda a cobertura vegetal, deixando o solo exposto diretamente às intempéries. Essa exposição acarreta o carreamento de partículas de solo, causando o assoreamento dos cursos d’água e alterações na qualidade da água. Essa alteração é marcante durante o período chuvoso. E no desenvolvimento das culturas, essa alteração se torna intensa com o carreamento de produtos originados de insumos agrícolas aplicados, como fertilizantes e agrotóxicos, para aquíferos e corpos de água superficiais.

Carmo (2001) em seu estudo acerca da geoquímica da água e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica da bacia do rio Descoberto, nas épocas de seca e chuva, concluiu que as ações poluidoras estão em ritmo acelerado devido à ocupação urbana e também devido ao uso crescente de defensivos agrícolas. Sugeriu a necessidade de monitoramento da água, a fim de reduzir ou conter a ocorrência de vários elementos existentes nos fertilizantes, pesticidas e fungicidas.

Assim, torna-se importante o monitoramento da qualidade da água por meio de parâmetros que retratem a poluição relacionada a atividade agrícola. Em águas superficiais, a adoção de parâmetros ligados a produtos originados de fertilizantes e agrotóxicos utilizados, e que podem

ocasionar degradação da qualidade ambiental, constitui critério mais fidedigno para avaliação dessa qualidade. Segundo Peres *et al.* (2003), devido a intercomunicabilidade dos sistemas hídricos, qualquer contaminação em um determinado sistema hídrico pode ser distante de áreas em que foram originalmente aplicados.

O monitoramento de parâmetros de água por compostos que contenham nitrogênio, fósforo e enxofre, oriundos de fertilizantes utilizados retrata essa aproximação com a situação existente. Pois, conforme já abordado, o aporte em excesso desses elementos pode comprometer a qualidade da água. Outro exemplo seria a adoção de ingrediente ativo presente no agrotóxico utilizado em culturas predominantes na área em estudo. O glifosato constitui um exemplo. “O glifosato foi classificado pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC, em inglês) como provável cancerígeno para humanos” (FRITSCHI *et al.*, 2015, tradução nossa).

Albuquerque *et al.* (2016) publicaram uma revisão crítica sobre a presença de pesticidas nos corpos d’água superficiais do Brasil juntamente com uma avaliação do risco para a vida aquática. É destacado nesse estudo a escassez de dados para o país, uma vez que foram encontrados estudos sobre a presença de pesticidas em apenas 5 dos 27 estados brasileiros.

Conforme Goss (1992), uma forma de se avaliar a análise de risco de contaminação devido a agrotóxicos em águas superficiais foi feita pelo método de GOSS, que propõe critérios que classificam cada princípio ativo em alto, médio ou baixo potencial de contaminação associado ao sedimento ou dissolvido em água. Nesse método, os critérios de enquadramento para alto potencial dissolvido em água é: meia-vida no solo  $> 35$  dias;  $K_{oc} < 1\ 000\ 000$  mL/g e solubilidade em água  $\geq 1$  mg/L. Em que, meia-vida de um agrotóxico é o tempo em que metade do ingrediente ativo normalmente degrada após a sua aplicação, e  $K_{oc}$  é o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo.

Silva *et al.* (2009) realizaram um monitoramento de agrotóxico em águas superficiais em regiões produtoras de arroz no sul do Brasil e constataram que foram detectados, ao menos, quatro agrotóxicos em todas as regiões monitoradas durante todo o período do estudo. E em todas as amostras de água coletadas em mananciais hídricos nas regiões do Sul do Brasil apresentaram, ao menos, um agrotóxico em nível detectável.

Dellamatrice e Monteiro (2014) abordaram os principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. E citam alguns trabalhos de detecção de pesticidas em águas superficiais.

Gomes e Barizon (2014) relataram em seu trabalho cenários regionais de contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil. Oliveira (2005) relata que o monitoramento e a avaliação dos impactos do uso destas substâncias devem ser vistos como

atividades essenciais para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários que utilizam tais insumos.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

Extensas bacias hidrográficas nacionais e transfronteiriças localizam-se no Planalto Central. Contidas no bioma Cerrado, onde diversos rios nascem e, na medida em que seguem em direção ao mar, ganham em volume, abastecendo grande parte do Brasil e de outros países sul-americanos. Como exemplo de principais bacias hidrográficas brasileiras que recebem água proveniente da área de Cerrado, destacam-se as dos seguintes rios: Amazonas, Tocantins, Araguaia, São Francisco, Paraná, Paraguai e Parnaíba.

Essas bacias ocupam as partes mais altas do Cerrado. Eventuais impactos causados aos recursos hídricos do Cerrado poderão ser propagados por grandes extensões do País. Conforme Lima e Silva (2008), a possibilidade de alterações nas águas do Cerrado é intensificada devido ao fato de a região possuir diversas áreas de nascentes de cursos d'água. Essas áreas possuem baixa capacidade de suporte e de diluição de poluentes, por isso estão mais sujeitas à contaminação e a conflitos pelo uso da água, problemas cujos riscos de ocorrência podem ser ampliados em função da rápida ocupação da região. A expansão da área agrícola, a concentração da população em centros urbanos, a instalação de indústrias e outras atividades desenvolvidas pelo homem, apesar dos inúmeros benefícios que representam em termos sociais e econômicos, são motivos de inquietação, em função dos impactos ambientais que podem causar. As áreas de Cerrado, ainda inteiramente preservadas, são poucas e, em geral, encontram-se sob ameaça de alterações em decorrência da ocupação antrópica.

A Estação Ecológica de Águas Emendadas foi instituída na condição de Reserva Biológica pelo Decreto de Governo do Distrito Federal nº 771, de 12 de agosto de 1968, e posteriormente elevado à condição de Estação Ecológica, pelo Decreto nº 11.137, de 16 de junho de 1988 (DISTRITO FEDERAL, 1988). Possui área de 10.547,21 hectares e situa-se no nordeste do Distrito Federal, ao norte da Região Administrativa de Planaltina. Localiza-se a uma distância de aproximadamente 50km do centro de Brasília e a 5km do centro de Planaltina. A parte norte da Estação, para onde drena o Córrego Vereda Grande, localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão, que contribui para a formação dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica Tocantins/Araguaia. A parte sul, para onde drena o Córrego Brejinho, localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, que contribui para a formação dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. A divisão norte/sul é arbitrária, tendo como limite o divisor de águas entre as bacias hidrográficas dos rios Maranhão e São Bartolomeu. O entorno de estação encontra-se ocupado:

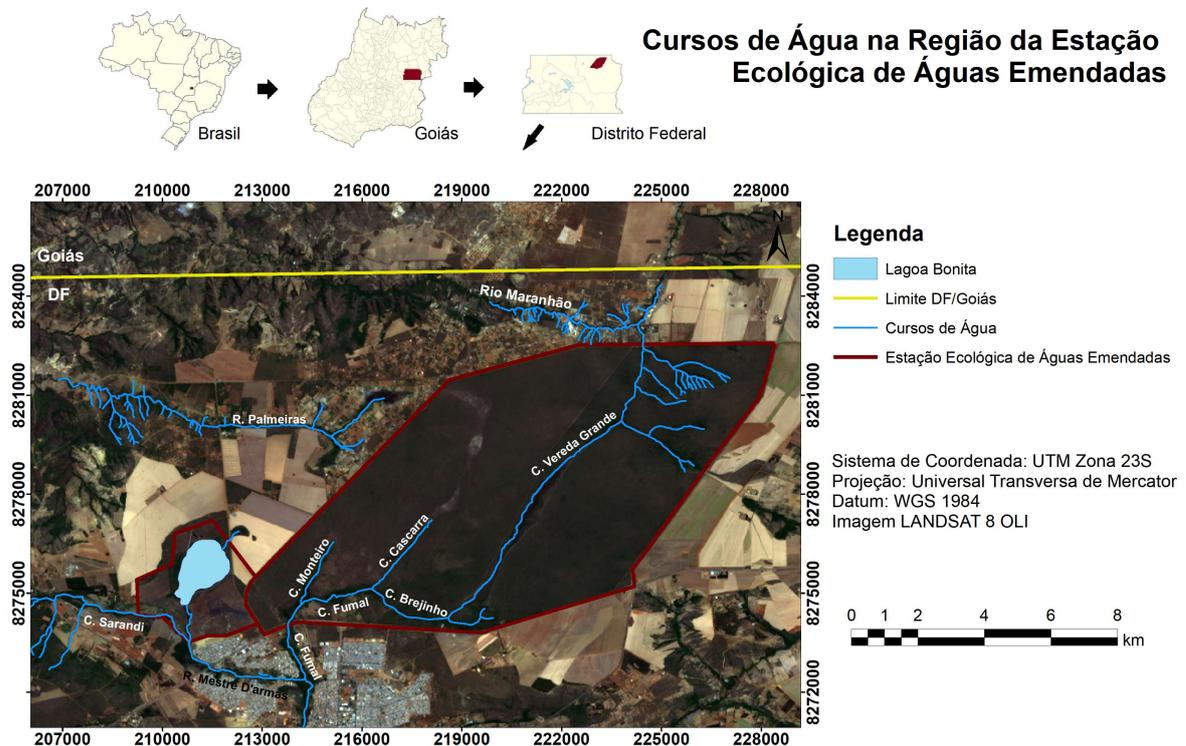
- ao norte: manchas urbanas em formação
- ao sul: mancha urbana contínua:
- a leste: grandes culturas
- a oeste: propriedades rurais.

A Lagoa Bonita integra a Estação Ecológica de Águas Emendadas e ocupa uma área não contínua, e a oeste de sua maior porção.

Os principais cursos de água da Estação Ecológica de Águas Emendadas são os córregos Vereda Grande e Fumal, originados a partir de uma única área de drenagem denominada Vereda Grande. Essa área dá origem a duas diferentes bacias hidrográficas, a Tocantins-Araguaia e a do Paraná. Esse fato explica o nome da Estação Ecológica de Águas Emendadas.

O Córrego Vereda Grande segue para o norte até desaguar no Rio Maranhão, tributário do Rio Tocantins. O Córrego Fumal é formado pela junção dos córregos Brejinho e Cascarra, onde origina a bacia do Rio Paraná. As águas que formam o Córrego Brejinho são provenientes da Vereda Grande. O Córrego Fumal é um afluente do Ribeirão Mestre d'Armas, que se junta ao Rio Pípiripau para formar o Rio São Bartolomeu.

**Mapa 3.1 - Cursos de água na região da Estação Ecológica de Águas Emendadas**



Fonte: *Landsat OLI 8* (2018) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (maio/2019)

Os limites da Estação Ecológica de Águas Emendadas são formados por estradas, entretanto, estes não coincidem com as áreas de drenagem dos dois principais cursos d'água da Estação: os córregos Vereda Grande e Fumal. A Lagoa Bonita constitui também um exemplo. Isso representa um risco para a qualidade ambiental das águas dessa Unidade de Conservação. O problema é ampliado em consequência do intenso processo de urbanização que vem sofrendo a região em torno da Estação Ecológica. Observe-se, por exemplo, que a estrada BR-020 é o único elemento de separação entre a Estação e a cidade de Planaltina-DF. Além disso, no entorno da área de preservação existem muitas propriedades rurais que, dependendo da forma com que são exploradas, também podem vir a trazer problemas à área protegida.

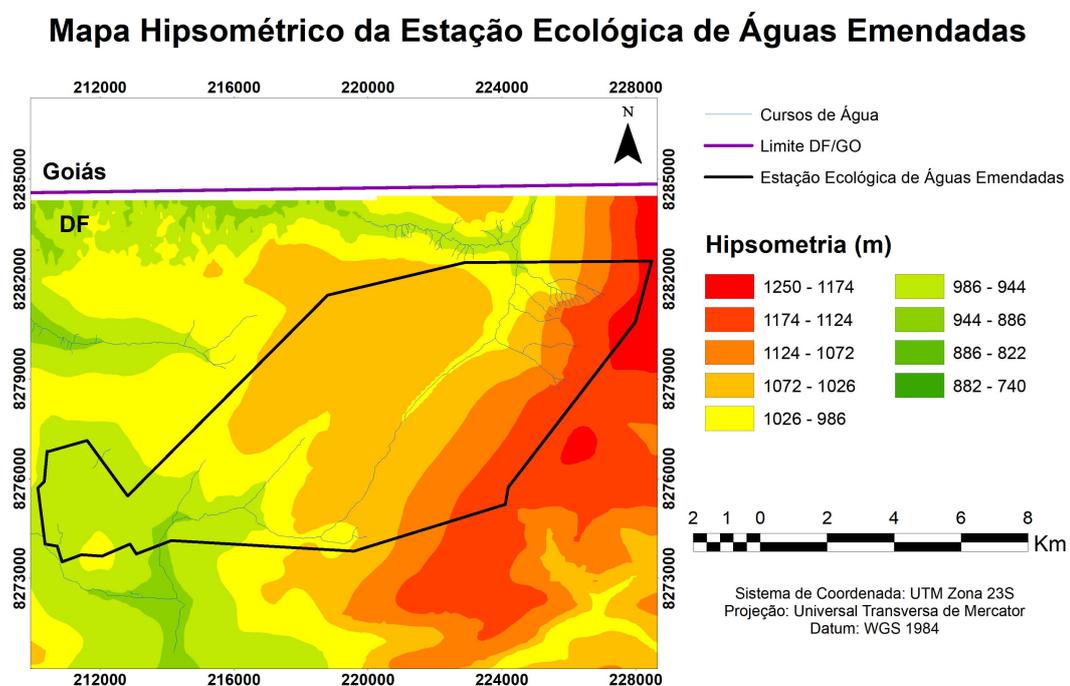
Segundo Campos e Moraes (2008), na poligonal da Estação Ecológica de Águas Emendadas ocorrem os seguintes conjuntos geológicos: Unidade R3 (Metarritmito Arenoso), Unidade Q3 (Quartzito Médio), Unidade R4 (Metarritmito Argiloso) e Unidade PPC (Psamo-pelito-

carbonatada) do Grupo Paranoá, as quais ocupam 97% da área total, além de restrita faixa de ocorrência de rochas atribuídas ao Grupo Canastra, referente aos 3% restantes da área.

“Na região da Estação, predominam os latossolos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos e cambissolos, há ocorrência também, dos solos hidromórficos e areias quartzosas” (LACERDA, 2008). Os latossolos ocupam a maior parte da área da Estação. “Os solos latossolos apresentam baixa capacidade de retenção de água e de troca de iônica, e têm alta capacidade de infiltração. São solos antigos e profundos com mais de 10 metros de espessura” (CAMPOS, 2005).

Conforme Distrito Federal (2018), a geomorfologia da região da Estação consta de Planos Intermediários - Chapadas -, Planos Elevados - Chapadas - e Rebordos. Os Planos Intermediários (950m – 1200m) abrangem a maior parte, e localizam-se no centro e na parte oeste da Estação. Em seguida, aparecem os Planos Elevados (1200m – 1400m), em uma faixa na direção nordeste-sudoeste. E em uma pequena porção ao norte, há os Rebordos. O mapa hipsométrico mostrado no Mapa 3.3, a seguir, mostra a distribuição da altitude nas áreas de drenagens que englobam a Estação.

**Mapa 3.2 - Mapa hipsométrico da área de drenagem da Estação Ecológica de Águas Emendadas**



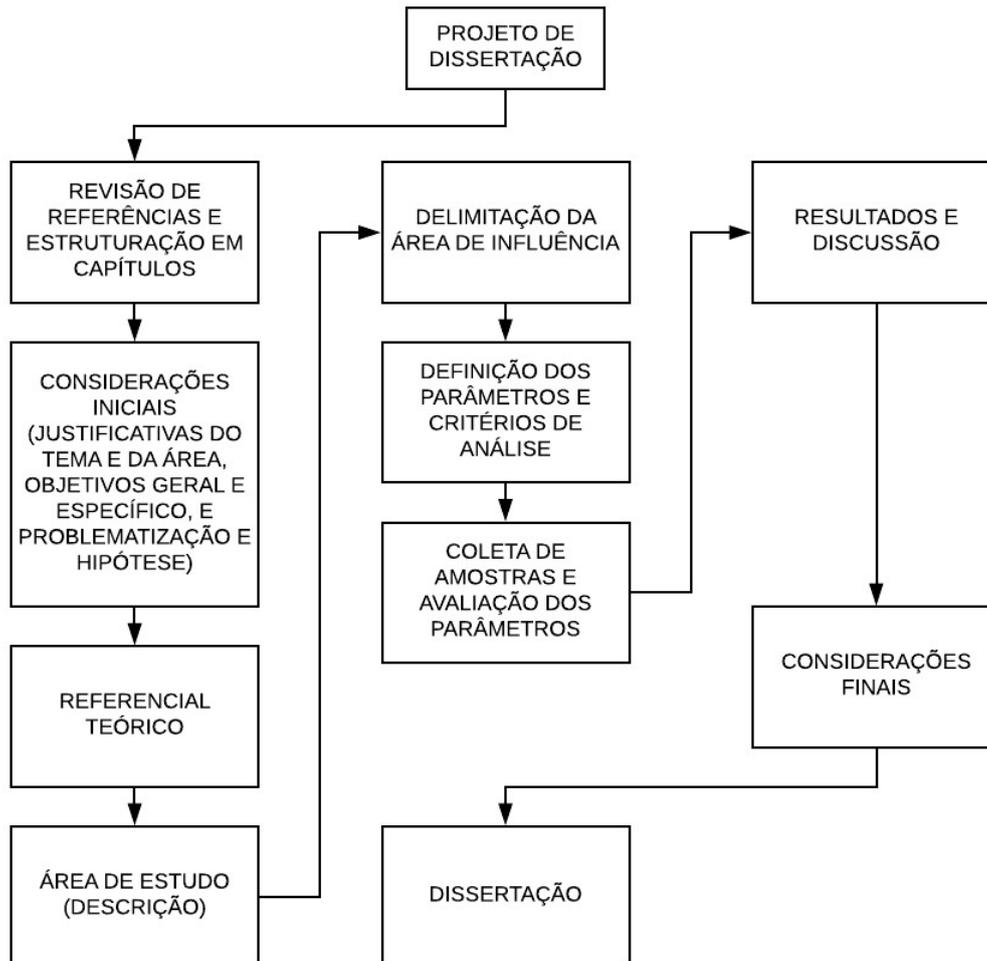
Fonte: Lima e Silva (2008), DF (2013) e DF (2016)  
Adaptação: o autor e Cráton (setembro/2019)

Segundo Felfili *et al.* (2008), na Estação, a vegetação predominante constitui-se de campos, veredas e de cerrado stricto sensu, com ocorrência em menor escala de mata de galeria (Ferreira, 1976; Maury *et al.*, 1994; Silva Júnior e Felfili, 1996), cerrado denso e mata mesofítica, também conhecida como floresta estacional ou mata seca.

#### 4. METODOLOGIA

A fim de possibilitar uma melhor compreensão em relação a metodologia adotada na pesquisa, a Figura 4.1 apresenta um esquema acerca das etapas do desenvolvimento da dissertação:

**Figura 4.1 - Esquema de desenvolvimento da dissertação**



Elaboração: o autor (março/2020)

As etapas: Revisão de referências e estruturação em capítulos, Considerações iniciais, Referencial teórico e Área de estudo tiveram enfoque teórico e foram abordadas no início.

#### 4.1 Delimitação da área de influência

A bacia hidrográfica foi escolhida como unidade de análise na delimitação da área de influência da atividade agrícola na qualidade da água superficial da Estação. Conforme Silveira (2013), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Assim, a bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. Para a execução do estudo, a bacia hidrográfica foi delimitada a partir da topografia da região, retratada por meio de curvas de níveis.

A delimitação da bacia hidrográfica englobou toda a área da Estação incluindo, portanto, a Lagoa Bonita. Essa delimitação correspondeu a definição de uma mínima área de drenagem da região em estudo, para a qual poderá ocorrer fluxo de materiais e substâncias e, em especial, os insumos advindos da atividade agrícola das áreas adjacentes. Para essa delimitação, foi utilizado programa de geoprocessamento aplicado a Hidrologia, além de conhecimentos em Sistemas de Informações Geográficas – SIGs.

A região pesquisada foi determinada a partir da delimitação de sub-bacias hidrográficas na região da Estação, a qual toda a sua extensão está contida nessas sub-bacias. Essas foram traçadas considerando os seguintes cursos de água:

- Rio Maranhão;
- Córrego Vereda Grande;
- Córrego Fumal;
- Ribeirão Mestre d'Armas; e
- Ribeirão Palmeiras.

Assim, foram delimitadas cinco sub-bacias hidrográficas. Utilizou-se o divisor topográfico para essa delimitação, com o auxílio do programa de SIG denominado *ArcGIS*<sup>®</sup> 10.5. Para a construção da figura das sub-bacias delimitadas foram utilizados mapa e imagem digital. A imagem digital utilizada foi a de alta resolução *Landsat OLI 8* (2018), de 4 de julho de 2018. O mapa das curvas de nível utilizado foi obtido no endereço eletrônico da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal - SEDUH (DF, 2013), na aba de acesso denominada: *Geoportal*, na sub aba: *Metadados*, no mapa: *Curvas de Nível 5m 2009*. As curvas

de nível traçadas nesse mapa têm distâncias entre si a cada cinco metros de altura. No endereço eletrônico citado há dados georreferenciados do território e da população do Distrito Federal, em razão do Sistema de Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF), que determina que todos os órgãos do DF forneçam seus dados no mesmo padrão. O mapa hidrográfico utilizado foi o *Mapa Hidrográfico do Distrito Federal – 2016* (DF, 2016), disponível no endereço eletrônico da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do DF, na aba de acesso denominada: *Água*. Os cursos de água no mapa escolhido foram introduzidos na imagem de satélite para complementar a delimitação das sub-bacias pelo processo de vetorização, que é a conversão de dados matriciais em dados vetoriais.

Utilizando-se o programa *ArcGIS*<sup>®</sup> 10.5 e com o arquivo das curvas de nível (DF, 2013), representado no Mapa 5.1.1, foi gerado uma interpolação de curvas de nível equidistantes a cada cinco metros, e construído uma estrutura de grade triangular (*TIM*, em inglês) do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco. Isso representa uma superfície por meio de um conjunto de faces triangulares interligadas. O valor da elevação em qualquer ponto dentro da superfície pode ser estimado a partir das faces triangulares, utilizando interpoladores. Assim, gerou-se um arquivo *raster* (formato matricial digital), que resultou no Modelo Digital de Terreno (MDT), ilustrado no Mapa 5.1.2.

A partir do MDT e utilizando-se a ferramenta *Slope*, gerou-se um mapa de declividade - Mapa 5.1.3. A declividade é a variação da altitude entre dois pontos em relação à distância horizontal que os separa. E com a ferramenta *Flow Direction*, obteve-se a direção de fluxo - Mapa 5.1.4. A direção de fluxo corresponde a direção de escoamento de água das maiores para as menores elevações do MDT. Com a interpolação dos dados adquiridos pelos mapas de declividade e direção de fluxo, as sub-bacias foram delimitadas. Essa delimitação foi realizada interligando-se, por meio de linhas, regiões de interseção de mudança de direção de fluxo de drenagem ao redor da Estação, selecionando-se a área onde converge o escoamento decorrente de precipitação pluviométrica para os cursos de água na Estação. Essa delimitação foi transferida para a imagem de alta resolução (Landsat OLI 8, 2018), a qual introduziram-se também os cursos de água (DF, 2016). Isso resultou no Mapa 5.1.5 intitulado: “Sub-bacias Hidrográficas da Estação Ecológicas de Águas Emendadas”, disposto no Capítulo 5. Resultados e discussão.

## 4.2 Definição de parâmetros e critérios de análise

### 4.2.1 Uso de água

Com a área de influência delimitada, pesquisaram-se os principais usos de água na Estação. Esta fase da pesquisa foi fundamental para se verificar a existência de disposições normativas relacionada a esses usos. E, em seguida, elencar parâmetros de qualidade de água presentes nessas normas e que poderiam ser decorrentes de insumos agrícola.

A Estação possui como um dos usos principais de seus recursos hídricos a manutenção das comunidades biológicas. Essas comunidades abrangem desde organismos microscópios, como microalgas e bactérias; a animais de porte maior, como o lobo-guará e a onça parda.

O abastecimento público constitui outro uso principal. Conforme DF (2019), a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB – utiliza suas águas para abastecimento da população de Planaltina, Arapoanga, Mestre D’Armas e Sobradinho; regiões localizadas no Distrito Federal. Há dois pontos de captação de água na Estação. Um ocorre no córrego Brejinho, mostrada na Foto 4.2.1.1. E o outro no Córrego Fumal, na Foto 4.2.1.2. A água captada nesses mananciais é encaminhada para a Estação de Tratamento de Água Pipiripau, em Planaltina/DF, de onde é tratada, armazenada e distribuída.

**Foto 4.2.1.1 – Captação de água da CAESB no córrego Brejinho, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF**



Fonte: o autor (fevereiro/2019)

**Foto 4.2.1.2 – Captação de água da CAESB no córrego Fumal, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF**



Fonte: o autor (fevereiro/2019)

#### 4.2.2 Produção rural adjacente e insumos agrícolas utilizados

Para eleger parâmetros de qualidade de água relacionados ao uso de insumos agrícolas, foi preciso perscrutar as culturas agrícolas existentes nos limites da Estação e o tipo de insumo agrícola utilizado, este dependente de cada tipo de cultura e da variedade genética. Dessa forma, verificando-se as culturas agrícolas nos limites da Estação, e com informações de funcionários da Estação, confeccionou-se um mapa com essa informação – Mapa 5.2.1.

Em razão de as áreas de cultivo no limite da Estação serem devido a soja e ao milho, essas culturas foram tomadas como referência na definição de parâmetros de qualidade de água relacionados a insumos agrícolas.

Os insumos utilizados nas culturas de soja e milho na região em torno da Estação são comercializados no município de Formosa, em Goiás. Isso se deve em razão da inexistência, em Planaltina/DF, de lojas agropecuárias que comercializam insumos agrícolas para o cultivo de grãos, e o município de Formosa ser o local mais próximo para a venda desses insumos. Diante dessa constatação, realizou-se pesquisa em oito estabelecimentos comerciais agropecuários no município de Formosa, com o intuito de elencar os insumos mais utilizados no cultivo de soja e milho, dentre agrotóxicos e fertilizantes.

A pesquisa consistiu em, ao chegar ao estabelecimento, identificar-se como estudante de mestrado da Universidade de Brasília e que estava pesquisando acerca dos insumos agrícolas mais comercializados nas plantações de soja e milho, dentre fertilizantes e agrotóxicos. A seguir, era

encaminhado aos profissionais da área agrícola, que respondiam sobre o questionamento. Esses estabelecimentos foram consultados no período de março de 2018 a janeiro de 2019. Os dados relacionados a fertilizantes e agrotóxicos estão na Tabela 5.2.1 e na Tabela 5.2.2, respectivamente, em 5. Resultados e discussão.

#### 4.2.3 Locais de avaliação

Os locais de coleta de água superficial foram escolhidos com base em algumas diretrizes. Buscou-se selecionar locais contidos na mesma sub-bacia hidrográfica de plantações de soja e de milho, e assim sob influência da drenagem e lixiviação de insumos agrícolas advindos desses cultivos. Concomitantemente, tentou-se escolher os locais mais próximos a essas plantações. Porém, o fator limitante foi a acessibilidade. Isso se deve em razão de os arbustos serem muito próximos entre si, e as distâncias a serem caminhadas serem longas a partir de locais acessíveis a veículos. E o trajeto das estradas ser perto de somente alguns trechos de cursos de água. As informações dos funcionários da Estação foram importantes nessa análise dos locais. Buscou-se também, durante a escolha, diversificar os diferentes usos de água encontrados na Estação. Dessa maneira, cada ponto de coleta de água escolhido para análise possui um uso preponderante de seu recurso hídrico.

Sete locais foram escolhidos para coleta de água superficial. Todos são no interior da Estação. A escolha desses locais foi consolidada a partir de visitas prévias a diferentes locais, com base nas diretrizes citadas, e buscando-se alternativas que possibilitassem a localização em todas em todas as sub-bacias hidrográfica delimitadas na região da Estação influenciadas pela atividade agrícola. A localização dos sete pontos de coleta na Estação é mostrada no Mapa 5.2.2, em 5. Resultados e discussão, onde também estão os demais resultados.

O georreferenciamento dos pontos de coleta de água foi realizado utilizando-se um GPS de mão *Garmin*. Para auxiliar o levantamento foi utilizado o aplicativo *offline maps* para anotar observações, navegação e a nomeação de cada ponto. A descrição dos pontos de coleta e suas localizações em coordenada Universal Transversa de Mercator - UTM - são mostradas na Tabela 5.2.3. E os usos prioritários de água de cada ponto de coleta estão na Tabela 5.2.4.

#### 4.2.4 Definição de Parâmetros de Qualidade de Água

Conforme já exposto, os usos principais de água dentro dos limites da Estação são a manutenção das comunidades biológicas e o abastecimento público. A qualidade de água preconizada para esses usos é regulada por disposições normativas. No caso do uso da água para manutenção das comunidades biológicas, o instrumento normativo a ser observado é a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA -, que 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. E para o uso de água para abastecimento público, o parâmetro legal é a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, que consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece padrões de qualidade de água de acordo com a sua denominação: doce, salobra ou salina, e conforme as classes em que se enquadram. No caso de água doce, as classes são: especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. A água em análise é doce, e as classes em que se enquadram são estabelecidas por meio da Resolução nº 2, de 17 de dezembro de 2014, do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal, que aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos. A Resolução CONAMA nº 357/2005 está no Anexo.

No Anexo 7, do Anexo XX - Tabela de Padrão de Potabilidade para Substâncias Químicas que Representam Risco à Saúde, da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017 - Consolidação das Normas Sobre as Ações e os Serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde, há valores máximos permitidos de parâmetros para água potável. O referido texto encontra-se no Anexo.

Cada ponto de coleta de água escolhido para análise possui um uso preponderante de seu recurso hídrico. E de acordo com o uso, há de se ter consonância com dispositivos normativos concernentes à qualidade de água. Estabelecem-se, portanto, valores máximos de parâmetros de qualidade de água para atender a essas exigências. Dessa forma, elencou-se o instrumento normativo correspondente ao uso prioritário de água de cada ponto de coleta, conforme Tabela 5.2.4.

Os parâmetros de qualidade de água a serem selecionados dependerão dos insumos agrícolas utilizados e deverão estar contemplados em um dos dispositivos normativos relacionados aos usos de água. Dessa forma, pesquisaram-se parâmetros de qualidade de água presentes nesses dispositivos normativos, que possam ter relação com produtos químicos oriundos de insumos

agrícolas pesquisados e elencados na Tabela 5.2.1 e Tabela 5.2.2. Ressalta-se que para os pontos de coleta enquadrados na Resolução Conama nº 357/2005, foi utilizada a tabela para água doce classe 1, pois não há parâmetros explicitamente definidos para a classe especial. O artigo 13 da referida resolução informa que nas águas de classe especial, deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água. E para os pontos de coleta enquadrados como classe 2, também foi utilizada a tabela para água doce classe 1, haja vista que esta engloba todos os parâmetros daquela, conforme descreve o artigo 15 da citada resolução. Dessa forma, a escolha de parâmetros de qualidade de água para os pontos de coleta enquadrados na Resolução Conama nº 357/2005 terá como base a tabela para água doce classe 1.

Os parâmetros selecionados estão dispostos na Tabela 5.2.5. E estão listados conforme o respectivo dispositivo normativo o qual se enquadram. Ressalta-se que para a verificação do parâmetro nitrogênio amoniacal total ao limite normativo da Resolução CONAMA nº 357/2005, foi necessária a obtenção do potencial hidrogeniônico (pH). Essa medição foi realizada no local da coleta por meio de aparelho digital. O resultado está indicado juntamente com a concentração de nitrogênio amoniacal total do respectivo ponto de coleta.

Em relação aos fertilizantes utilizados, citados na Tabela 5.2.1, os parâmetros de qualidade de água escolhidos deles decorrentes são os componentes químicos presentes e os resultantes de suas transformações, dispostos nas normas relacionadas. Estão mostrados na Tabela 5.2.6.

Os parâmetros de qualidade de água oriundos de agrotóxicos pesquisados são os compostos ativos pesquisados e citados nas referidas normas, incluindo outros componentes quando previstos. Esses compostos estão listados na Tabela 5.2.7.

### **4.3 Coleta de amostras e avaliação dos parâmetros**

A coleta, o transporte e a determinação qualitativa e quantitativa dos parâmetros das amostras ficaram sob a responsabilidade da empresa Conágua Ambiental Ltda. A empresa realiza prestação de serviços de laboratório analíticos e localiza-se em Goiânia. As fotos das coletas realizadas estão no Anexo.

As amostras de água foram coletadas com um balde de alumínio, que era lançado à superfície. Em seguida, a água entrava em seu interior e o balde era puxado por uma corda presa. Essa água coletada era depositada em um balde maior até perto da borda superior, e agitado para promover a ambientação do recipiente com a água. Em seguida a água era descartada. A ambientação possibilitou que possíveis resíduos de contaminantes, umidade, e outros compostos

sejam reduzidos ou eliminados, para que a amostra de água a ser analisada não sofra alteração na sua qualidade. Em seguida, repetiu-se o procedimento, e a água depositada no balde maior serviu para preencher sete frascos para avaliação dos parâmetros de qualidade de água selecionados. Esse roteiro foi adotado para cada ponto de coleta.

O armazenamento e a preservação das amostras foram realizados segundo o conjunto de procedimentos descritos no manual de análise química denominado *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM, 2017). Assim, para cada grupo de parâmetros de qualidade de água descritos a seguir, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Coleta de manganês, zinco, cobre (total e dissolvido) e boro: a amostra foi armazenada em recipiente de vidro borossilicato com capacidade de 200 mL. A preservação da amostra foi feita com solução 1,5 mL de ácido nítrico e pH menor que 2. As amostras ficaram armazenadas em refrigerador à temperatura de 4°C. A amostra de cobre dissolvido foi filtrada antes da preservação através de um filtro de membrana de abertura 0,45 µm. A amostra filtrada foi preservada e armazenada conforme procedimento citado;
- Coleta do nitrito, nitrato, sulfato, sulfeto e agrotóxico: a amostra foi armazenada em recipiente de vidro borossilicato com capacidade de 200 mL. A seguir, foi preservada em recipiente hermeticamente fechado a temperatura a 4°C. Para o sulfeto, antes do resfriamento foi acrescentado 0,2 mL de acetato de zinco 2M por 100 mL de amostra, e acrescentou-se hidróxido de sódio na amostra, para que o pH ficasse maior que nove; e
- Fósforo e Nitrogênio amoniacal: a amostra foi armazenada em recipiente de vidro borossilicato com capacidade de 200 mL. Para a preservação, a amostra foi acrescida de ácido sulfúrico para baixar o pH a menos de dois. A seguir, foi mantida em temperatura de 4°C.

Os equipamentos bem como a metodologia utilizados na avaliação qualitativa e quantitativa dos parâmetros de qualidade de água estão dispostos na Tabela 4.3.1, a seguir:

**Tabela 4.3.1 - Metodologias e equipamentos de medição utilizados na avaliação qualitativa e quantitativa dos parâmetros de qualidade de água**

<b>Parâmetro de qualidade de água</b>	<b>Metodologia de medição<sup>1</sup></b>	<b>Equipamento de medição utilizado</b>
Nitrito	SM 4500 NO <sub>2</sub> - B	Espectrofotômetro - Marca: Hach; Modelo: DR5000
Nitrato	SM 4500 NO <sub>3</sub> - D	Espectrofotômetro - Marca: Hach; Modelo: DR5000
Nitrogênio amoniacal	SM 4500 NH <sub>3</sub> - D	Medidor de íon seletivo - Marca: Hach; Modelo: HQ440D
Sulfato	SM 4500 SO <sub>4</sub> - E	Espectrofotômetro - Marca: Hach; Modelo: DR5000
Sulfeto	SM 4500 S <sub>2</sub> - D	Espectrofotômetro - Marca: Hach; Modelo: DR5000
Boro total, cobre total e dissolvido, fósforo total, manganês total, cromo e zinco total	SM 3120 - B	Espectrômetro atômico ICP-OES - Marca: PerkinElmer; Modelo: Optima 7300 DV
Agrotóxicos	USEPA Method SW-846 - 8260 C - 2006	Cromatógrafo Gasoso - Marca: PerkinElmer; Modelo: Clarus 600

<sup>1</sup>A sigla SM refere-se a *Standard Methods*, que é um conjunto de procedimentos descritos em um manual de análise química denominado *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM, 2017). Os caracteres em seguida indicam o capítulo desse manual a qual a respectiva metodologia é descrita. A sigla USEPA refere-se a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2019), que estabelece procedimentos de análise química. Os caracteres em seguida indicam o capítulo desses procedimentos a qual a metodologia é descrita.

Em cada ponto de coleta de água foi realizado uma única coleta, a qual houve uma única medição para cada parâmetro de qualidade de água selecionado. As coletas foram realizadas em quatro períodos, todos em 2019. A primeira (coleta 1), em 15 de fevereiro; a segunda (coleta 2), em 3 de maio; a terceira (coleta 3), em 13 de setembro; e a quarta (coleta 4), em 19 de dezembro.

A primeira coleta teve a intenção de corresponder ao período historicamente mais chuvoso - outubro a março. E que poderia haver maior fluxo de substâncias originadas da atividade agrícola nas áreas adjacente, influenciando a medição do parâmetro de qualidade de água escolhido. Uma segunda coleta foi realizada devido ao fato de que a concentração de chuvas ocorreu no período de março a maio de 2019. Ressalta-se o fato de que a autorização de pesquisa foi obtida em 14 de dezembro de 2018, e assim impossibilitou realizar medição no início do período chuvoso de 2018. A terceira coleta foi realizada para corresponder ao período seco. Uma quarta coleta foi realizada devido ao fato que, na segunda coleta, houve erros da empresa contratada para determinação qualitativa e quantitativa dos parâmetros das amostras. A empresa trocou os parâmetros avaliados

em quatro pontos de coleta (pontos 1, 2, 4 e 5) dos sete escolhidos. A quarta coleta correspondeu ao período chuvoso.

Dados acerca de vazão em um trecho de curso de água na Estação foram obtidos da rede de monitoramento fluviométrico da Caesb, disponíveis no *site* da Agência Nacional de Águas - ANA -, no Portal HidroWeb, que é uma ferramenta do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH (ANA, 2019). A ANA é responsável pela coordenação da Rede Hidrometeorológica Nacional. Esses dados de vazão foram coletados em datas mais próximas a da coleta de amostra de água. Os dados de vazão obtidos foram de uma estação fluviométrica à montante do Córrego Brejinho, denominada Brejinho Montante Captação, e estão na Tabela 4.3.2 a seguir, relacionados com as informações da coleta de água.

**Tabela 4.3.2 - Dados de vazão da estação fluviométrica Brejinho Montante Captação relacionados com as informações da coleta de água**

<b>Sequência da coleta de água</b>	<b>Período climático da coleta de água</b>	<b>Data da coleta de água</b>	<b>Data da medição da vazão</b>	<b>Hora da medição da vazão</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	chuvoso	15/2/2019	14/2/2019	10h 5	0,070
2	chuvoso	3/5/2019	17/5/2019	11h 11	0,106
3	seco	13/9/2019	5/9/2019	9h 22	0,052
4	chuvoso	19/12/2019	3/12/2019	14h 7	0,085

Fonte: ANA (dezembro/2019) e o autor (dezembro/2019)

Adaptação: o autor (dezembro/2019)

A decisão de incluir informações sobre as vazões se prestou a convalidar a escolha dos períodos de coleta: seco ou chuvoso. Nota-se na Tabela 4.3.2 que as vazões no período chuvoso se apresentam maiores que no período seco.

Os dados referentes a avaliação quantitativa dos parâmetros de qualidade de água selecionados estão na Tabela 5.3.1 à Tabela 5.3.8.

Optou-se por separar esses dados em duas tabelas. Uma refere-se aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005, para água doce. E outra refere-se aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017. Com os dados dessas avaliações,

verificou-se se esses parâmetros escolhidos estão dentro do permitido com base em disposições normativas relacionadas ao uso de água.

O transporte dessas substâncias foi analisado por meio da analogia entre suas concentrações, abarcando períodos seco e chuvoso. Esse estudo foi realizado, principalmente, por meio de gráfico com dados de concentração em função da sequência da coleta de água. Uma descrição da sequência de coleta de água associada com a condição climática detalhada em que foi realizada foi necessária, para uma melhor análise. Essa informação encontra-se na Tabela 5.3.9. A consulta aos dados tabulados foi realizada supletivamente.

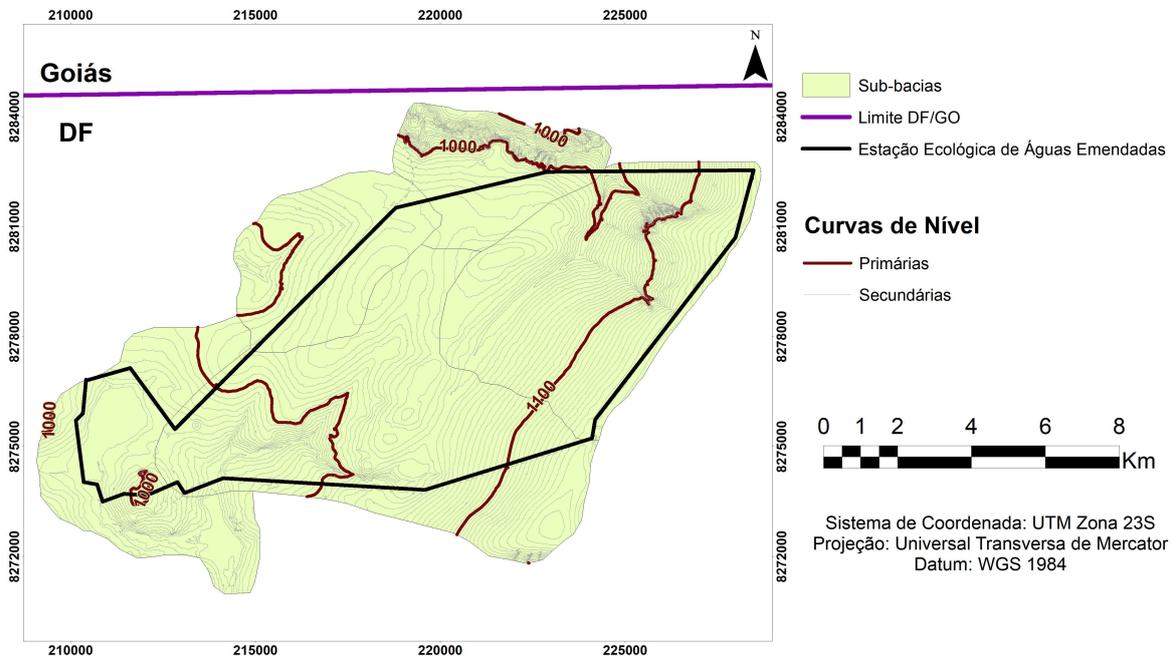
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Delimitação da área de influência

A delimitação da área de influência envolveu uma sequência de atividades, conforme citado na seção 4.1, com o processamento de mapas mostrados a seguir. Iniciou-se a partir do mapa das curvas de nível da região (DF, 2013), representado no Mapa 5.1.1.

**Mapa 5.1.1 - Curvas de nível da Estação Ecológica de Águas Emendadas**

**Mapa de Curvas de Nível da Estação Ecológica de Águas Emendadas**

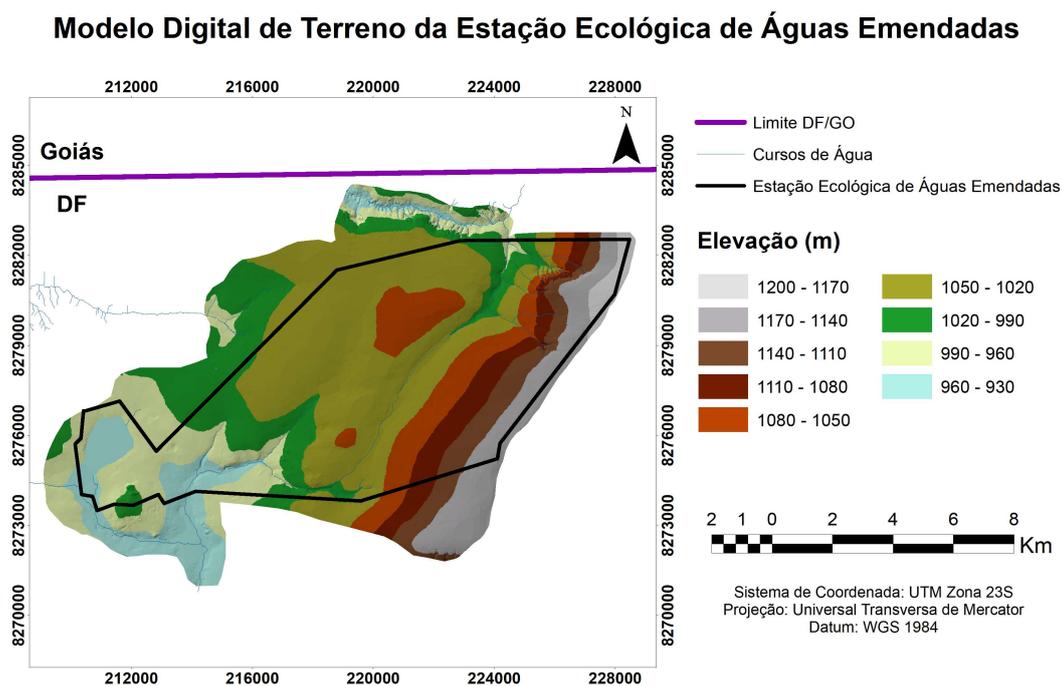


Fonte: Landsat OLI 8 (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

Produziu-se, com base no mapa das curvas de nível, o mapa do Modelo Digital de Terreno (MDT), ilustrado no Mapa 5.1.2.

## Mapa 5.1.2 - Modelo Digital do Terreno da Estação Ecológica de Águas Emendadas



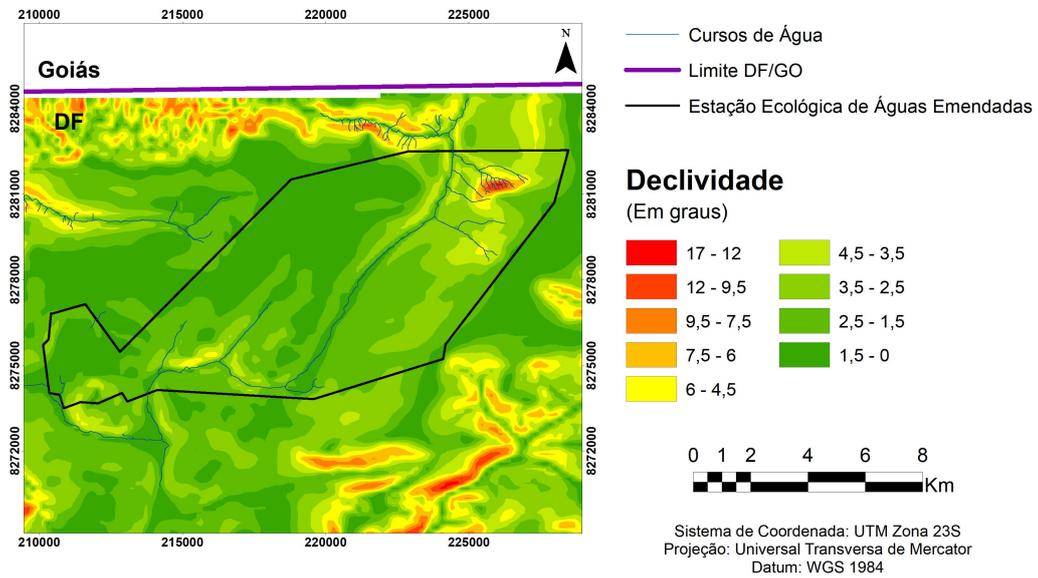
Fonte: *Landsat OLI 8* (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

E a seguir, o mapa de declividade - Mapa 5.1.3 - e o de direção de fluxo - Mapa 5.1.4.

## Mapa 5.1.3 - Declividade da Estação Ecológica de Águas Emendadas

### Mapa de Declividade da Estação Ecológica de Águas Emendadas

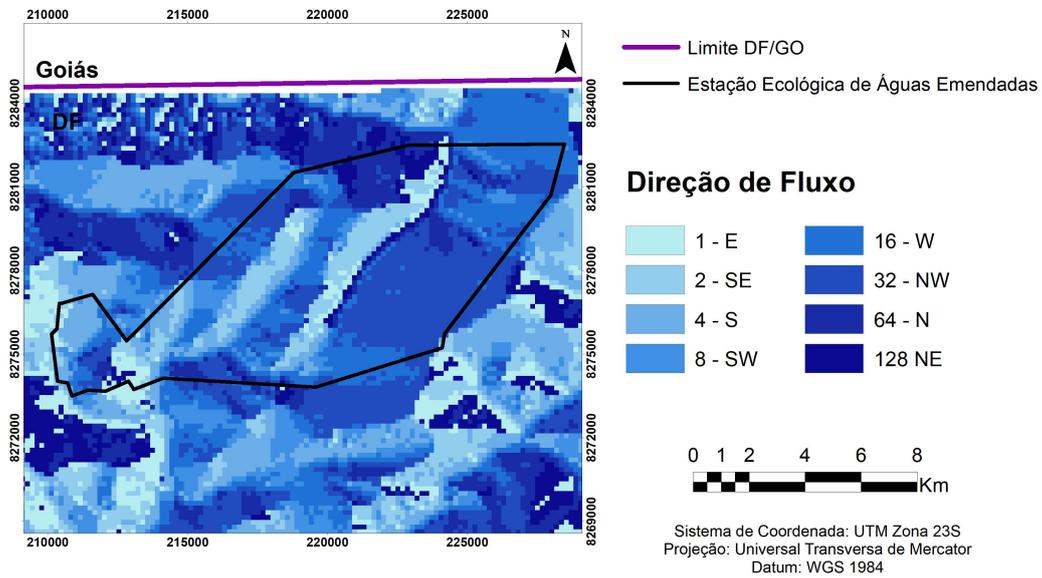


Fonte: *Landsat OLI 8* (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

## Mapa 5.1.4 - Direção de fluxo da Estação Ecológica de Águas Emendadas

### Mapa de Direção de Fluxo da Estação Ecológica de Águas Emendadas



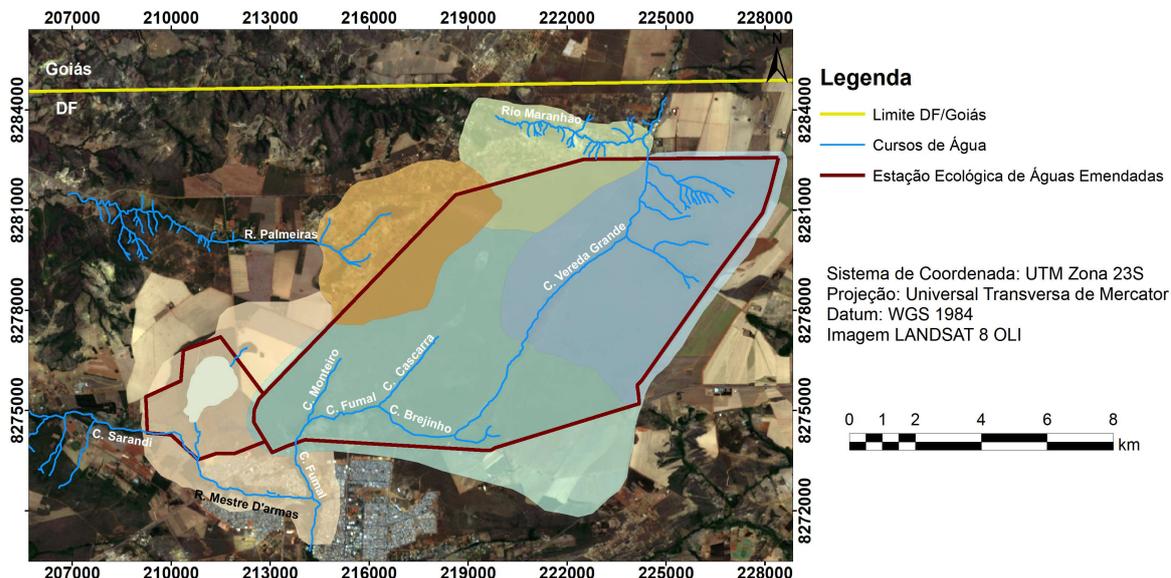
Fonte: *Landsat OLI* 8 (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

Obtendo-se o mapa das sub-bacias hidrográficas da Estação Ecológicas de Águas Emendadas  
- Mapa 5.1.5.

## Mapa 5.1.5 - Sub-bacias hidrográficas da Estação Ecológica de Águas Emendadas

### Sub-bacias Hidrográficas da Estação Ecológica de Águas Emendadas



Fonte: Landsat OLI 8 (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

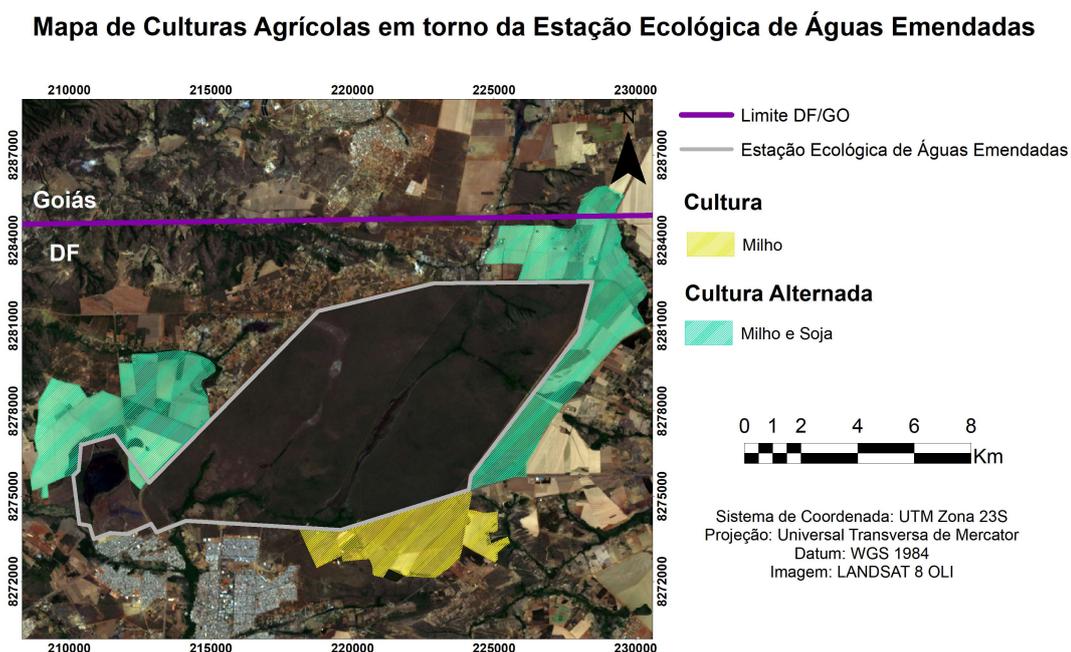
Nota-se no Mapa 5.1.5, que a sub-bacia hidrográfica delimitada em torno da Lagoa Bonita, e as sub-bacias que abrangem os cursos de água que se originam da Vereda Grande englobam áreas agrícolas, possibilitando influenciar a qualidade dos mananciais hídricos na Estação.

## 5.2 Definição de parâmetros de qualidade de água

Para escolha dos parâmetros de qualidade de água foram necessários alguns procedimentos que produziram informações que serviram de subsídio para a referida escolha. Essas informações estão nas tabelas e no mapa a seguir.

O Mapa 5.2.1 mostra a distribuição das culturas agrícolas nos limites da Estação. Nota-se que a maior parte da área agrícola no limite da Estação possui cultura alternada de milho e de soja.

## Mapa 5.2.1 - Culturas agrícolas em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas



Fonte: Landsat OLI 8 (2018)  
 Adaptação: o autor e Cráton (janeiro/2020)

Os insumos agrícolas utilizados nas referidas culturas estão descritos nas Tabelas 5.2.1 e 5.2.2.

**Tabela 5.2.1 - Lista de fertilizantes utilizados nas plantações de soja e milho em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.**

Insumo	Finalidade	Observação
Compostos contendo nitrogênio, fósforo e potássio - NPK.	Disponibilizar nitrogênio, fósforo e potássio.	-Compostos com nitrogênio e fósforo contribuem para a eutrofização em ambientes aquáticos. -Nitrato é associado a síndrome do bebê azul e a problemas gástricos.
Micronutrientes: boro, zinco, manganês e cobre.	Disponibilizar boro, zinco, manganês e cobre.	-

Gesso agrícola (CaSO <sub>4</sub> )	Disponibilizar enxofre	-Redução do sulfato leva a formação de H <sub>2</sub> S (gás de odor desagradável)
Calcário agrícola (CaO e MgO)	Correção de pH	-Excesso em água ocasiona sabor desagradável

Elaboração: o autor (janeiro/2019).

A aplicação dos fertilizantes descritos na Tabela 5.2.1 é necessária para a manutenção da agricultura naquela região, haja vista que o solo do Cerrado apresenta deficiências características de determinados nutrientes. A maior área agricultável da região em estudo é de exploração contínua, que requer uso intensivo de insumos agrícolas.

Fertilizantes a base de nitrogênio, fósforo e potássio - NPK -, juntamente com e enxofre, constituem os macronutrientes, que são nutrientes que as plantas precisam em maior concentração, em oposição aos micronutrientes. Nas plantas, o fósforo está presente na constituição de moléculas como ATP e NADP - relacionadas ao metabolismo -, e no DNA e RNA - referentes à informação genética. O nitrogênio, além de presente nas moléculas citadas, encontra-se na clorofila, em proteínas e enzimas. Assim, entre outras substâncias, são fundamentais na síntese de moléculas.

O calcário agrícola corrige a acidez típica do solo do Cerrado e neutraliza a ação do alumínio disponível para uma forma insolúvel, indisponível para as plantas. O alumínio é um elemento tóxico para o desenvolvimento das plantas.

**Tabela 5.2.2 - Lista de agrotóxicos utilizados nas plantações de soja e milho em torno da Estação Ecológica de Águas Emendadas, em Planaltina/DF.**

<b>Composto ativo</b>	<b>Classe</b>	<b>Classificação do Potencial de Periculosidade Ambiental<sup>1</sup></b>	<b>Observação<sup>2</sup></b>
glifosato	herbicida	III	-
metomil	acaricida e inseticida	II	AM
imidacloprid	inseticida	III	-

fipronil	cupinicida, formicida e inseticida	II	APMA e ATMP
cletodim	herbicida	III	AM
azoxistrobina	fungicida	II	APMA
tebuconazol	fungicida	II	-
atrazina	herbicida	II	APMA e ATA
carbendazim	fungicida	II	APMA e ATM
lufenurom	acaricida e inseticida	II	APMA e ATOA
tiametoxam	inseticida	I	APMA, ABP e ATOA
propiconazol+ difenoconazol	fungicidas	II	APMA
azoxistrobina+ ciproconazol	fungicidas	II	APMA, AM e ATOA
s-metolacloro	herbicida	II	APMA, AM e ATOA
cardendazim + tiram	fungicidas	II	APMA e ATOA
fludioxonil	fungicidas	III	APMA
metalaxil	fungicida	II	APMA e AM
2,4 - D	herbicida	III	AM

Fonte: AGROFIT (2018) e IBAMA (1996).  
Organização: o autor (janeiro/2019).

<sup>1</sup>De acordo com o artigo 3º da Portaria Ibama nº 84, de 15 de outubro de 1996 e alterações (IBAMA, 1996), o produto é classificado em: I: produto altamente perigoso; II: produto muito perigoso; III: produto perigoso; e IV: produto pouco perigoso.

<sup>2</sup>De acordo com o registro do agrotóxico no Ministério de Agricultura (AGROFIT, 2018): AM: produto é ALTAMENTE MÓVEL, apresentando alto potencial de deslocamento no solo, podendo atingir principalmente águas subterrâneas; APMA: produto é ALTAMENTE PERSISTENTE no meio ambiente; ATMP: produto é ALTAMENTE TÓXICO para microcrustáceos e peixes; ATA: produto é ALTAMENTE TÓXICO para algas; ATM: produto é ALTAMENTE TÓXICO para microcrustáceos;

ATOA: produto é ALTAMENTE TÓXICO para organismos aquáticos; ABP: produto é ALTAMENTE BIOCONCENTRÁVEL em peixes.

Na Tabela 5.2.2 de agrotóxicos utilizados, destaca-se que a maioria desses produtos se enquadram, ao menos, em muito perigosos e altamente persistentes no meio ambiente. Alguns são altamente móveis, o que se traduz na capacidade de ocasionar maior dano ao ambiente, sobretudo à biota terrestre em seu percurso. Outros são altamente tóxicos para organismos aquáticos. A maior parte é composta de herbicidas e fungicidas.

A descrição dos locais selecionados e o uso prioritário de seus recursos hídricos, com o respectivo instrumento normativo cogente, estão nas Tabelas 5.2.3 e 5.2.4.

**Tabela 5.2.3 - Localização dos pontos de coleta de água em coordenada UTM, com determinação da altura (Z)**

<b>Ponto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Coordenada UTM (m) e Z : altura (m)</b>
1	Ponto ao sul do Córrego Vereda Grande. Ambiente lótico.	Zona 23 Sul, X=223 437, Y=8 279 995 e Z=1 006
2	Ponto ao norte do Córrego Vereda Grande. Ambiente lótico.	Zona 23 Sul, X=224 499, Y=8 282 408 e Y=971
3	Curso de água com nascente na fazenda em frente à Estação. Ambiente lêntico.	Zona 23 Sul, X=218 899, Y=8 273 818 e Z=1 019
4	Captação de água da Caesb no Córrego Brejinho. Ambiente lótico.	Zona 23 Sul, X=216 978, Y=8 274 524 e Z=974
5	Captação de água da Caesb no Córrego Fumal. Ambiente lótico.	Zona 23 Sul, X=214 033, Y=8 274 380 e Z=943
6	Córrego Fumal - perto da rodovia BR 020. Ambiente lêntico.	Zona 23 Sul, X=213 817, Y=8 274 071 e Z=941
7	Lagoa Bonita – extremidade nordeste próxima às plantações de soja. Ambiente lêntico.	Zona 23 Sul, X=211 867, Y=8 276 146 e Z=958

Elaboração: o autor e Cráton (fevereiro/2019)

**Tabela 5.2.4 - Uso prioritário de água nos pontos de coleta com o correspondente instrumento normativo relativo ao seu uso**

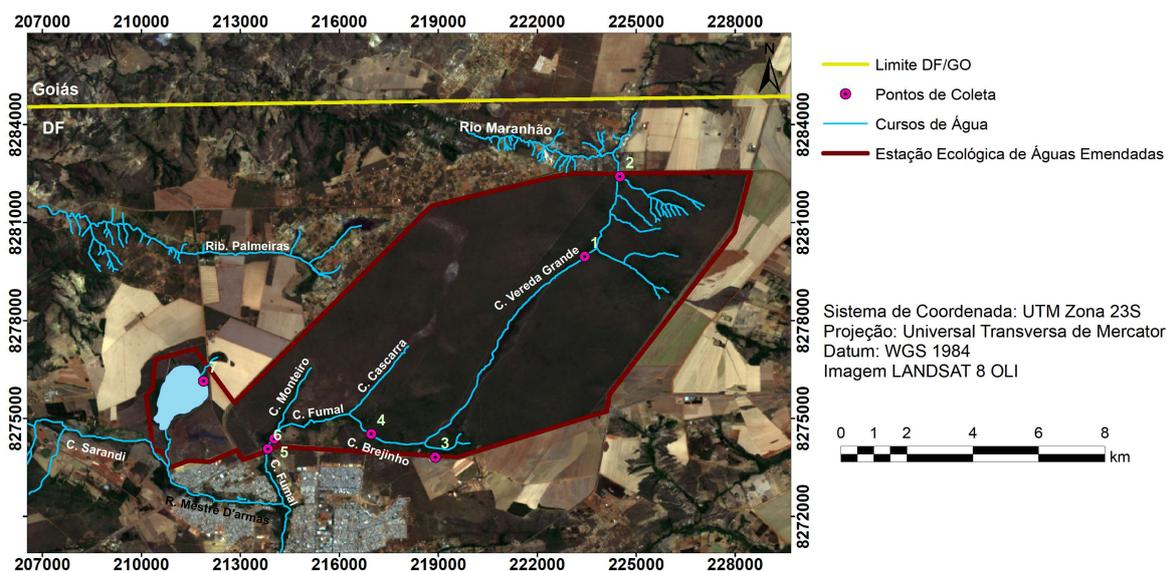
<b>Ponto</b>	<b>Uso prioritário de água</b>	<b>Instrumento normativo relativo ao uso</b>
1	Manutenção de comunidades biológicas	Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe especial
2	Manutenção de comunidades biológicas	Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe especial
3	Manutenção de comunidades biológicas	Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe especial
4	Abastecimento de água	Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017
5	Abastecimento de água	Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017
6	Manutenção de comunidades biológicas	Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe 2
7	Manutenção de comunidades biológicas	Resolução Conama nº 357/2005, água doce, classe 2

Fonte: BRASIL (2005), BRASIL (2017) e CRH/DF (2014)  
Organização: o autor (março/2019)

O Mapa 5.2.2, a seguir, mostra a localização dos pontos de coleta.

## Mapa 5.2.2 - Pontos de coleta de água na Estação Ecológica de Águas Emendadas

### Pontos de Coleta na Região da Estação Ecológica de Águas Emendadas



Fonte: Landsat OLI 8 (2018), DF (2013) e DF (2016)

Adaptação: o autor e Cráton (janeiro2020)

Observando-se o mapa dos pontos de coleta (Mapa 5.2.2), concomitantemente com o mapa das sub-bacias hidrográficas da Estação (Mapa 5.1.5), nota-se que os pontos abrangem todas as sub-bacias com área agrícola. Os pontos de coleta 3 e 7 estão próximos às áreas de cultivo.

Os parâmetros de qualidade de água selecionados conforme dispositivo normativo e a associação desses parâmetros com os insumos agrícolas utilizados estão nas Tabelas 5.2.5 a 5.2.7.

**Tabela 5.2.5 - Parâmetros de qualidade de água selecionados conforme dispositivo normativo o qual se enquadram**

<b>Parâmetros de Qualidade de Água Selecionados</b>	
<b>Resolução Conama nº 357/2005 – água doce, classe 1.</b>	<b>Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017</b>
Boro total	-
Cobre dissolvido	Cobre
Fósforo total	-
Manganês total	-
Nitrato	Nitrato (como N)
Nitrito	Nitrito (como N)
Nitrogênio amoniacal total	-
Sulfato total	-
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	-
Zinco total	-
Atrazina	Atrazina
2,4-D	2,4 D + 2,4,5 T
Glifosato	Glifosato + AMPA
-	Carbendazim + benomil
-	Metolacoloro
-	Tebuconazol

Fonte: BRASIL (2005) e BRASIL (2017)  
Organização: o autor (março/2019)

**Tabela 5.2.6 – Parâmetros de qualidade de água selecionados decorrentes de fertilizantes**

<b>Fertilizante associado</b>	<b>Parâmetro de qualidade de água</b>	<b>Observação</b>
Compostos com nitrogênio	Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	-O nitrato constitui um produto da oxidação do nitrogênio (nitrificação).
	Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	-O nitrito constitui um produto da oxidação do nitrogênio (nitrificação).
	Nitrogênio Amoniacal Total	-O nitrogênio amoniacal total compreende o $\text{NH}_3$ e $^+\text{NH}_4$ .
Compostos com fósforo	Fósforo total	-
Micronutrientes: boro, Zinco, manganês e cobre.	Boro total, zinco total, manganês total, cobre total e cobre dissolvido	-
Gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ )	Sulfato total e sulfeto ( $\text{H}_2\text{S}$ não dissociado)	-Sulfeto proveniente da redução do sulfato na água por ação biológica.

Elaboração: o autor (março/2019)

**Tabela 5.2.7 - Parâmetros de qualidade de água selecionados decorrentes de agrotóxicos**

<b>Composto ativo do agrotóxico</b>	<b>Parâmetro de qualidade de água</b>	<b>Observação</b>
Atrazina	Atrazina	-
2,4-D	2,4 D	-2,4 D e 2,4,5 T foram componentes do “agente laranja” (desfolhante usado na Guerra do Vietnã).
	2,4 D + 2,4,5 T	
Glifosato	Glifosato	-O AMPA (ácido aminometilfosfônico) é metabólico do glifosato.
	Glifosato + AMPA	
Carbendazim	Carbendazim + Benomil	-O benomil (banido) é precursor do carbendazim.
Metolaclo	Metolaclo	-
Tebuconazol	Tebuconazol	-

Fonte: BRASIL (2005), BRASIL (2017) e HAYES JR. (2010)  
Organização: o autor (março/2020)

### **5.3 Avaliação dos parâmetros de qualidade de água**

As avaliações quantitativas dos parâmetros de qualidade de água estão nas tabelas a seguir. Verificou-se se esses parâmetros estão dentro do permitido com base em disposições normativas relacionadas ao uso de água. Em seguida, analisou-se o transporte dessas substâncias decorrente de suas concentrações nos períodos avaliados.

**Tabela 5.3.1 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 1ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005**

Parâmetro de qualidade de água	Ponto de coleta <sup>1</sup>				
	1	2	3	6	7
Boro total (mg/L)	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Fósforo total (mg/L)	0,032	0,037	0,067	0,022	0,026
Manganês total (mg/L)	0,029	0,029	0,030	0,029	0,020
Nitrato (mg/L)	0,30	0,30	0,60	0,50	0,30
Nitrito (mg/L)	0,007	0,009	0,005	0,006	0,021
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	1,071 pH=6,80	0,962 pH=8,20	0,993 pH=8,20	0,961 pH=6,26	0,973 pH=7,02
Sulfato total (mg/L)	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado) (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco total (mg/L)	0,041	0,028	0,132	0,042	0,064
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
2,4-D (µg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Glifosato (µg/L)	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (abril/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

**Tabela 5.3.2 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 1ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017**

Parâmetro de qualidade de água	Pontos de coleta <sup>1</sup>	
	4	5
Cobre (mg/L)	0,010	< 0,003
Nitrato (como N) (mg/L)	0,20	0,50
Nitrito (como N) (mg/L)	0,003	0,008
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020
2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,00010	< 0,00010
Glifosato + AMPA (µg/L)	< 1	< 1
Carbendazim + benomil (µg/L)	< 50,00	< 50,00
Metolacoloro (µg/L)	< 0,00025	< 0,00025
Tebuconazol (µg/L)	< 0,500	< 0,500

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (abril/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

**Tabela 5.3.3 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 2ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005**

Parâmetro de qualidade de água	Ponto de coleta <sup>1,2</sup>				
	1	2	3	6	7
Boro total (mg/L)	-	-	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre dissolvido (mg/L)	-	-	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Fósforo total (mg/L)	-	-	0,017	0,022	0,023
Manganês total (mg/L)	-	-	0,036	0,044	0,025
Nitrato (mg/L)	1,90	0,90	1,10	1,10	1,10
Nitrito (mg/L)	0,012	0,016	0,03	0,019	0,014
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	- pH=5,30	- pH=7,20	1,021 pH=7,20	0,977 pH=7,60	1,079 pH=7,50
Sulfato total (mg/L)	-	-	2,28	< 2,00	3,03
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado) (mg/L)	-	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco total (mg/L)	-	-	0,015	0,067	0,013
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
2,4-D (µg/L)	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Glifosato (µg/L)	-	-	< 0,060	< 0,060	< 0,060

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (novembro/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

<sup>2</sup> A notação traço “ - ” denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não foi realizada em razão de erro do laboratório.

**Tabela 5.3.4 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 2ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017**

Parâmetro de qualidade de água	Pontos de coleta <sup>1,2</sup>	
	4	5
Cobre (mg/L)	-	-
Nitrato (como N) (mg/L)	0,80	0,90
Nitrito (como N) (mg/L)	0,023	0,020
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020
2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	-	-
Glifosato + AMPA (µg/L)	-	-
Carbendazim + benomil (µg/L)	-	-
Metolacoloro (µg/L)	-	-
Tebuconazol (µg/L)	-	-

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (novembro/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

<sup>2</sup>A notação traço “ - ” denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não foi realizada em razão de erro do laboratório.

**Tabela 5.3.5 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 3ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005**

Parâmetro de qualidade de água	Ponto de coleta <sup>1</sup>				
	1	2	3	6	7
Boro total (mg/L)	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Fósforo total (mg/L)	0,085	0,033	0,125	0,055	0,038
Manganês total (mg/L)	< 0,007	< 0,007	0,007	< 0,007	< 0,007
Nitrato (mg/L)	1,30	0,20	0,30	0,30	0,60
Nitrito (mg/L)	0,013	0,004	0,007	0,021	0,003
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	0,970 pH=8,90	0,927 pH=8,10	0,933 pH=8,10	0,941 pH=8,40	0,918 pH=9,00
Sulfato total (mg/L)	2,08	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado) (mg/L)	0,030	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco total (mg/L)	< 0,007	0,022	0,012	0,087	0,025
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
2,4-D (µg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Glifosato (µg/L)	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (novembro/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

**Tabela 5.3.6 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 3ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017**

Parâmetro de qualidade de água	Pontos de coleta <sup>1</sup>	
	4	5
Cobre (mg/L)	< 0,003	< 0,003
Nitrato (como N) (mg/L)	0,40	0,50
Nitrito (como N) (mg/L)	0,007	0,009
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020
2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,00010	< 0,00010
Glifosato + AMPA (µg/L)	< 1	< 1
Carbendazim + benomil (µg/L)	< 50,00	< 50,00
Metolacoloro (µg/L)	< 0,00025	< 0,00025
Tebuconazol (µg/L)	< 0,500	< 0,500

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (novembro/2019)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

**Tabela 5.3.7 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 4ª coleta relacionados aos pontos de coleta 1, 2, 3, 6 e 7; cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005**

Parâmetro de qualidade de água	Ponto de coleta <sup>1</sup>				
	1	2	3	6	7
Boro total (mg/L)	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cobre dissolvido (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Fósforo total (mg/L)	0,078	0,091	0,069	0,091	0,090
Manganês total (mg/L)	0,064	0,061	0,063	0,073	0,063
Nitrato (mg/L)	3,30	2,90	2,60	2,60	1,40
Nitrito (mg/L)	0,002	0,008	0,008	0,008	0,008
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	0,974 pH=4,70	1,031 pH=6,60	0,963 pH=7,10	0,982 pH=6,90	1,230 pH=7,00
Sulfato total (mg/L)	< 2,00	< 2,00	< 2,00	11,34	10,95
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado) (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco total (mg/L)	0,027	0,017	0,024	< 0,007	0,009
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
2,4-D (µg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Glifosato (µg/L)	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (janeiro/2020)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

**Tabela 5.3.8 - Avaliação quantitativa<sup>1</sup> dos parâmetros de qualidade de água da 4ª coleta relacionados aos pontos de coleta 4 e 5, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017**

Parâmetro de qualidade de água	Pontos de coleta <sup>1</sup>	
	4	5
Cobre (mg/L)	< 0,003	< 0,003
Nitrato (como N) (mg/L)	1,70	3,20
Nitrito (como N) (mg/L)	0,009	0,006
Atrazina (µg/L)	< 0,020	< 0,020
2,4 D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,00010	< 0,00010
Glifosato + AMPA (µg/L)	< 1	< 1
Carbendazim + benomil (µg/L)	< 50,00	< 50,00
Metolacoloro (µg/L)	< 0,00025	< 0,00025
Tebuconazol (µg/L)	< 0,500	< 0,500

Fonte: Conágua Ambiental Ltda  
Organização: o autor (janeiro/2020)

<sup>1</sup>A notação com o símbolo < (menor que), seguida de número, denota que a avaliação quantitativa do parâmetro não alcançou o limite mínimo detectável pelo equipamento de medição, que é o referido número.

Ao analisar a conformidade das amostras de água, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Resolução Conama nº 357/2005, aos valores máximos permitidos de concentração desses parâmetros, verificou-se que houve casos que excederam esses valores. Dentre esses casos, elenca-se o sulfeto. Esse composto apresentou concentração (0,030 mg/L) maior que o limite (0,002 mg/L) no ponto 1, na coleta do período de seca (3ª coleta). Esse fato ocorreu em razão de que uma parte do curso de água do Córrego Vereda Grande secou, e ocasionou o surgimento de poças de águas isoladas, condição a qual foi realizada a coleta de água. O valor

da concentração de sulfeto aumentou devido a degradação microbiana de matéria orgânica, por exemplo folhas e plâncton, em condições anaeróbias geradas nesse ambiente.

A secagem dessa parte do curso de água do Córrego Vereda Grande a qual foi realizada essa coleta foi inédita, conforme informações dos funcionários da Estação. Foi acarretada, sobretudo, devido à retirada de água de aquífero nas propriedades rurais adjacentes por meio de instalações de novos pivôs centrais de irrigação. Isso decorre da intercomunicabilidade dos sistemas hídricos, a qual os compartimentos aquáticos subterrâneos e superficiais comunicam-se. A secagem de cursos de água já havia ocorrido em outros locais. Outra ponderação externada pelos funcionários é que a vazão de água ao longo da Vereda Grande tem diminuído ao longo do tempo.

O limite normativo no nitrogênio amoniacal (soma de  $\text{NH}_3$  e  $^+\text{NH}_4$ ) total foi ultrapassado em dois pontos de coleta no período seco (3ª coleta). A concentração ficou acima do limite (0,5 mg/L, para  $\text{pH} > 8,5$ ) no ponto de coleta 1 (0,970 mg/L e  $\text{pH} = 8,9$ ). Conforme já citado, a água estagnada favoreceu a decomposição microbiana de resíduos de plantas e outros microrganismos, e liberou amônia, dentre outros produtos, no ambiente. Assim, houve incremento na concentração de amônia. No ponto de coleta 7, localizado na Lagoa Bonita, o nitrogênio amoniacal total também ficou acima do limite (0,5mg/L, para  $\text{pH} > 8,5$ ), no caso foi 0,918 mg/L e  $\text{pH} = 9,0$ .

O fósforo total apresentou pontos a qual as concentrações estavam acima do limite normativo. Porém, esse limite é dependente da movimentação do corpo hídricos; se lântico, intermediário ou lótico. Na 1ª coleta, os pontos 3, 6 e 7 apresentaram concentrações que excederam o limite permitido (0,020 mg/L, para ambientes lânticos). Essas concentrações foram respectivamente: 0,067, 0,022 e 0,026; em mg/L. Na 2ª coleta, os pontos 6 e 7 apresentaram concentrações que também excederam esse limite. As concentrações foram respectivamente: 0,022 e 0,023; em mg/L. Na 3ª coleta, novamente os pontos 3, 6 e 7 apresentaram concentrações que excederam o limite permitido. Com concentrações respectivas de: 0,125, 0,055 e 0,038; em mg/L. A 4ª coleta teve a mesma constatação nos pontos 3, 6 e 7, com concentrações respectivas de: 0,069, 0,091 e 0,090; em mg/L. Esses resultados indicam que esses corpos de água estão eutrofizados, pois suas concentrações de fósforo total estão acima de 0,02 mg/L, conforme relata Campos (2010).

Em relação às amostras de água de água, cujo parâmetros são decorrentes do cumprimento da Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017, concluiu-se que não houve situações que excederam os valores máximos permitidos de concentração desses parâmetros.

No que concerne a agrotóxicos, o fato de que suas concentrações não atingiram um limite inferior de detecção não denota, de maneira incontestável, que esses cursos de água ou até outros compartimentos ambientais estão isentos de contaminação dessa natureza. Podem existir

metabólicos não considerados na avaliação, e até nem mesmo descobertos, com potencial de toxicidade prejudicial à biota. Assim, são passíveis de contaminação, por exemplo, a água subterrânea e o solo, inclusive de outros contaminantes não relacionados.

Em vista disso, merece destacar o glifosato. Foi o agrotóxico mais comercializado. Segundo Toni *et al.* (2006), o glifosato no solo apresenta alta capacidade de adsorção e, devido a esse fato, muitos são os estudos que tentam explicar os mecanismos de ligação entre glifosato e solo. Em um estudo de Padilla e Selim (2019), a qual um solo argiloso e outro siltoso foram analisados, constatou-se que a adsorção por glifosato em cada solo pode ser amplamente considerada um processo irreversível. Kanissery *et al.* (2019) afirmam que o glifosato tem a capacidade de se ligar às partículas do solo e, portanto, acumula-se principalmente nas camadas superiores do solo. Em razão do exposto, e ressaltando a informação de que somente o agrotóxico 2,4 - D foi classificado como altamente móvel no solo – conforme Tabela 5.2.2 –, infere-se que, ao menos, o destino final da maior parte dos agrotóxicos utilizados seja o solo.

No estudo não foi cabível uma análise estatística dos dados dos parâmetros, tendo em vista uma única avaliação quantitativa de cada parâmetro em cada local nas coletas. O período em que foi realizado cada coleta possui características ínsitas e diferentes que poderiam influenciar os resultados obtidos.

Em relação à análise do transporte de contaminantes, a descrição da sequência de coleta de água associada com a condição climática detalhada em que foi realizada encontra-se na Tabela 5.3.9. Os gráficos da concentração dos parâmetros em função da sequência da coleta de água estão a seguir - Gráfico 5.3.1 ao 5.3.14. No que concerne à sequência da coleta de água, a coleta 1 correspondeu a 1ª coleta; a coleta 2, a 2ª; a coleta 3, a 3ª; e a coleta 4, a 4ª. Geraram-se gráficos somente de pontos de coleta que possuíssem, no mínimo, duas medições determinadas (maior ou igual ao limite inferior de detecção do equipamento) em períodos de coleta (coleta 1, 2, 3 e 4). As avaliações quantitativas que ficaram abaixo do limite de detecção do equipamento foram simbolizadas nos gráficos por seta dupla vertical (↓), de cor relacionada ao respectivo ponto de coleta por meio de legenda. Dados adjacentes no gráfico foram ligados por linhas, a fim de melhor visualização e para melhor análise no estudo do transporte dessas substâncias. Foram desconsideradas as avaliações realizadas no ponto de coleta 1, no período de seca (coleta 3), para a montagem desses gráficos. Essa medida foi adotada devido ao fato de que não houve escoamento de água nesse ponto, pois a água estava estagnada em poças, propiciando condições que alteraram parâmetros. Ademais, ressalta-se a ausência de avaliações quantitativas de alguns parâmetros na 2ª coleta de água (pontos de coleta 1, 2, 4 e 5), conforme erro mencionado.

**Tabela 5.3.9 - Sequência de coleta de água associada a condição climática detalhada**

<b>Sequência da coleta de água</b>	<b>Condição climática detalhada</b>
Coleta 1	Estiagem de quatro semanas dentro do período chuvoso. Coleta realizada em 15/2/2019, depois do início das primeiras chuvas em outubro/2018.
Coleta 2	Chuvas intensas e frequentes. Coleta realizada em 3/5/2019, perto do fim do período chuvoso.
Coleta 3	Período seco. Cem dias sem chover. Coleta realizada em 13/9/2019.
Coleta 4	Início do período chuvoso. Chuvas intensas e frequentes. Coleta realizada em 19/12/2019. Primeiras chuvas em outubro/2019.

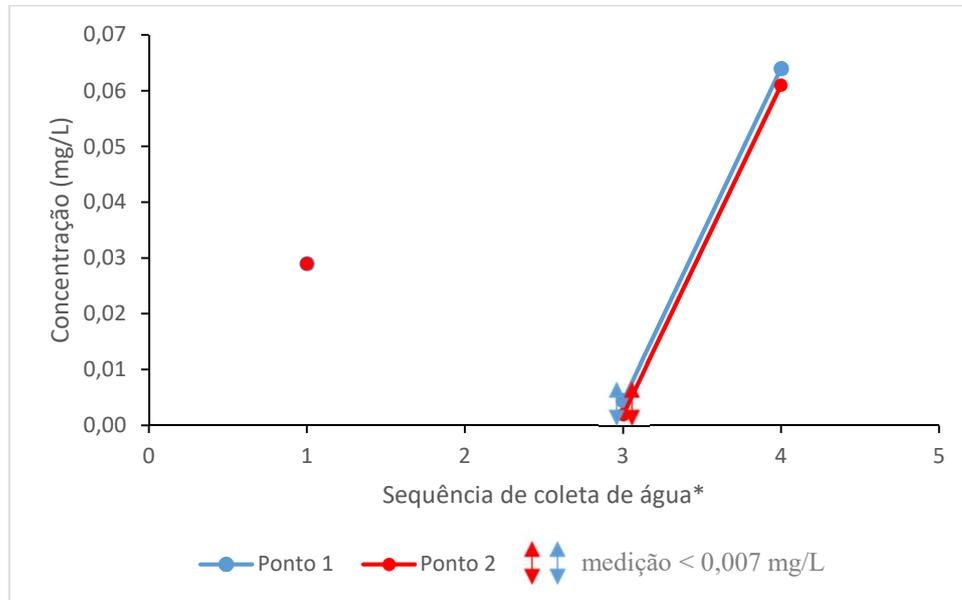
Fonte: ANA (dezembro/2019) e o autor (dezembro/2019)

Adaptação: o autor (dezembro/2019)

No caso dos parâmetros pertencentes a Resolução Conama nº 357/2005, o manganês, zinco, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e o fósforo foram analisados por meio de gráfico. Para evitar maior sobreposição de gráficos que dificulte e até inviabilize a diferenciação e a análise, houve a separação dos gráficos em dois grupos: a dos pontos de coleta 1 e 2, e a dos pontos 3, 6 e 7.

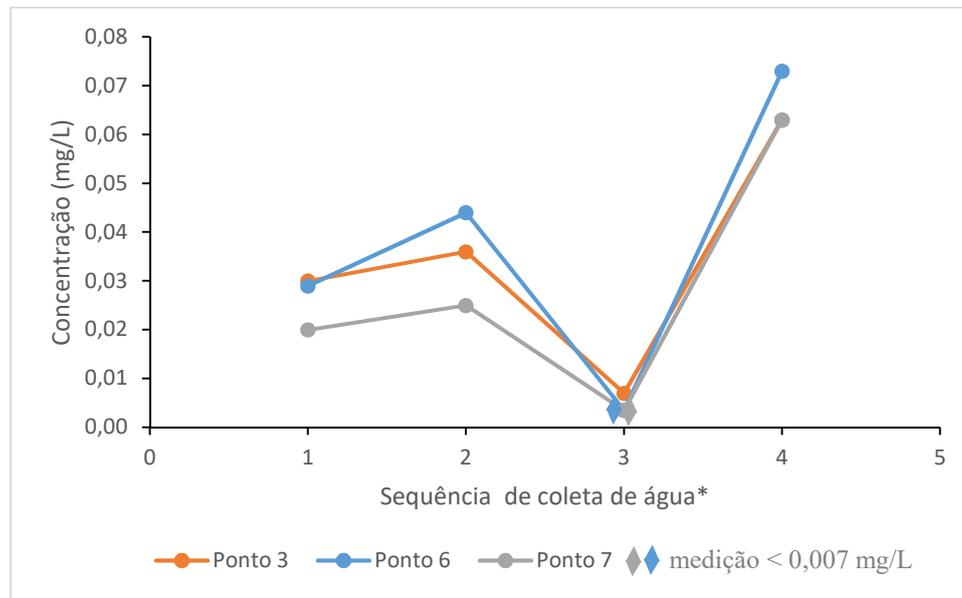
Setas duplas verticais ( $\updownarrow$ ) em um mesmo período de coleta – indicado no eixo horizontal do gráfico – foram espaçadas em torno deste, para melhor visualização dos respectivos pontos de coleta, expressados pela cor correspondente das setas conforme simbolizado na legenda.

**Gráfico 5.3.1 - Concentração de manganês em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**



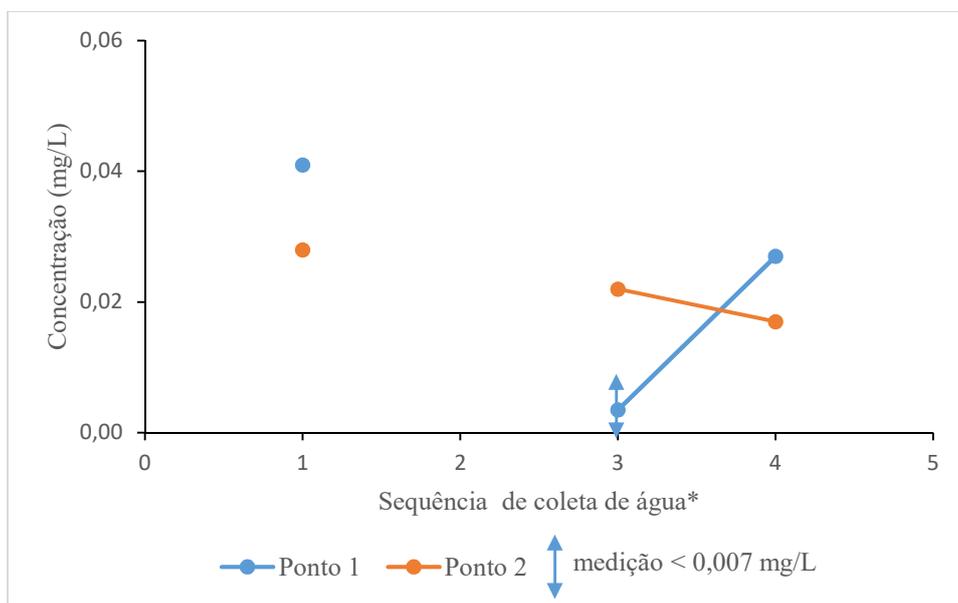
\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.2 - Concentração de manganês em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**



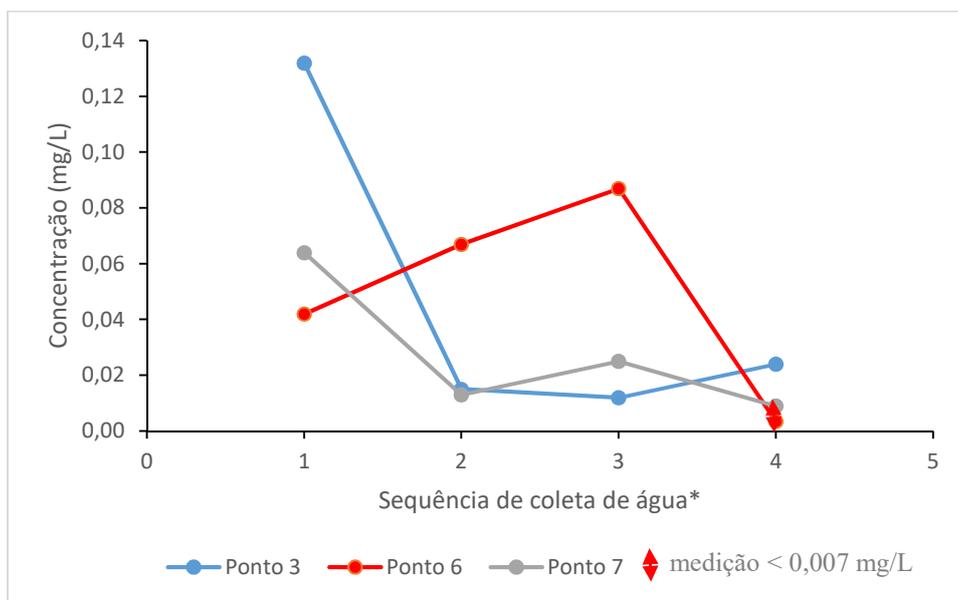
\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.3 - Concentração de zinco em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**



\*Datas das coletas: 1 (15/12/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.4 - Concentração de zinco em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**



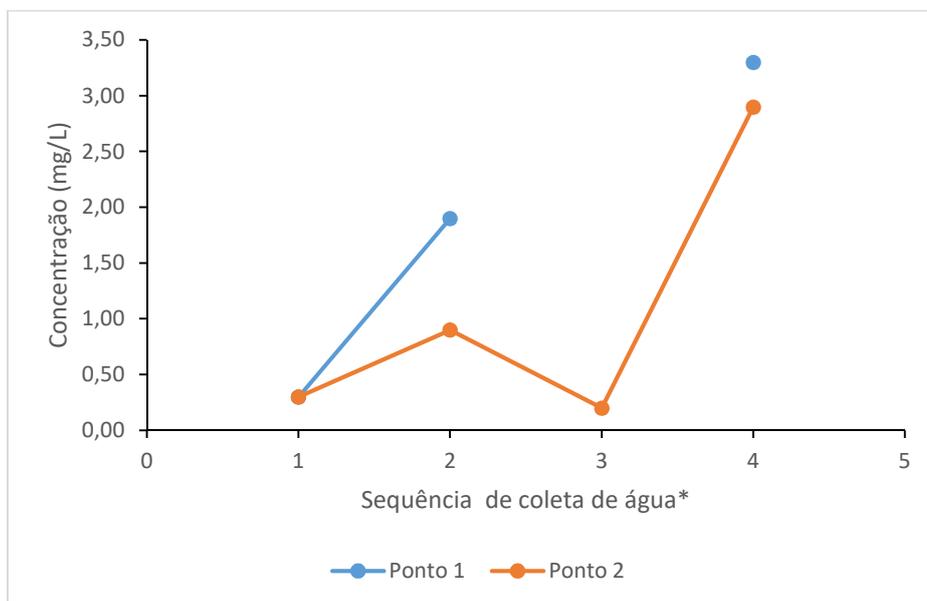
\*Datas das coletas: 1 (15/12/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

Em relação a influência da precipitação pluviométrica na avaliação de parâmetros encontrados nas águas superficiais, analisando-se os parâmetros da Resolução Conama nº 357/2005, verificaram-se alterações. Em relação ao manganês, houve transporte durante as chuvas intensas (coletas 2 e 4) em todos os pontos, tendo por base a sua quase não detecção no período seco e seu ulterior aparecimento nos períodos chuvosos. Uma explicação para esse fato é porque uma das formas de se adicionar manganês às culturas é na forma de cloreto ou sulfato, que são compostos muito solúveis em água. Ressalta-se que grande parte dos parâmetros analisados atinentes a fertilizantes estão na forma de grupo químico inorgânico denominado sal (toda substância que em água produz um cátion diferente do  $H^+$  e um ânion diferente do  $OH^-$ ), com alguma solubilidade em água em que, na dissociação, ocorre formação de componentes e, ao menos um é de importância nutricional vegetal.

Conforme Potash & Phosphate Institute (1995), a pulverização de  $MnSO_4$  com água é um tratamento comum para a cultura da soja com deficiência de manganês. Conforme Robson (1988), o íon  $Mn^{2+}$  é muito estável em soluções ácidas e não forma complexos tão fortemente com outros ligantes orgânicos ou inorgânicos como outros micronutrientes ( $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ). Assim, durante a lixiviação, não há retenção significativa nos solos devido a essa interação, havendo maior afluxo dessa substância nos corpos hídricos superficiais. O mecanismo principal de transporte de substâncias, assim como para quase todos os outros parâmetros, é por meio do fluxo de massa ao longo do solo, a qual a água serve como meio de transporte. Dessa forma, o transporte ocorre durante o deflúvio pluvial.

De acordo com Noulas *et al.* (2018), o zinco entra na água e no solo como resultado de processos naturais e atividades humanas, e pode ser lixiviado nas águas subterrâneas decorrente de alguns fertilizantes minerais. Nos pontos 2, 6 e 7, a concentração de zinco foi relativamente grande no período seco (coleta 3). E nos pontos 3, 6 e 7, foi relativamente pequena no início do período chuvoso (coleta 4). Isso pode ser devido ao fato de, conforme Jenne (1968), os óxidos hidratados de manganês e ferro serem o principal controle sobre a fixação do zinco em solos e sedimentos em águas doces, e a sorção ou desorção ocorrer em resposta a alguns fatores, como pH e concentração aquosa. O zinco pode ser adicionado às culturas sob a forma de sulfato, bastante solúvel em água. Cloretos e sulfatos citados constituem exemplos de sal.

**Gráfico 5.3.5 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**

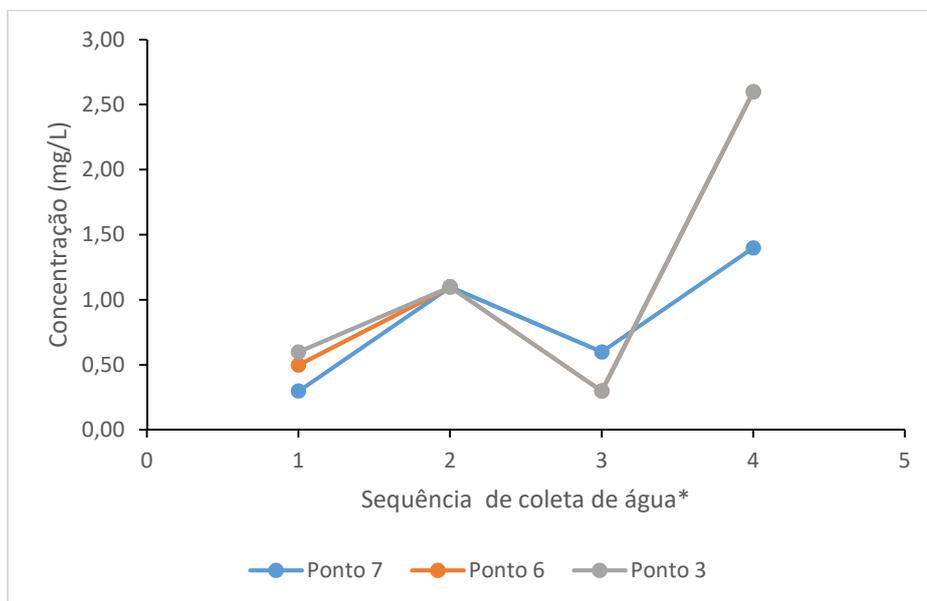


\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.6 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**

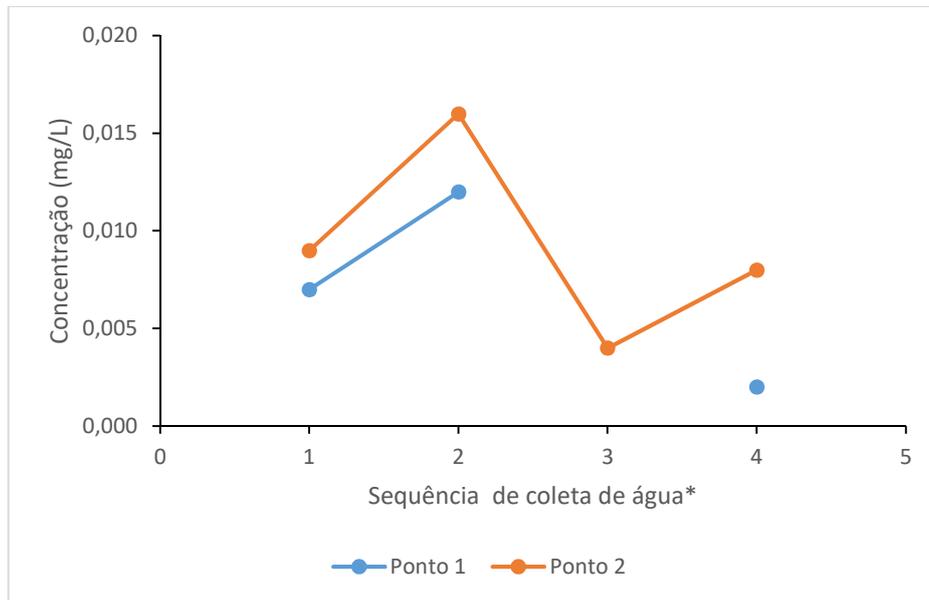


\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

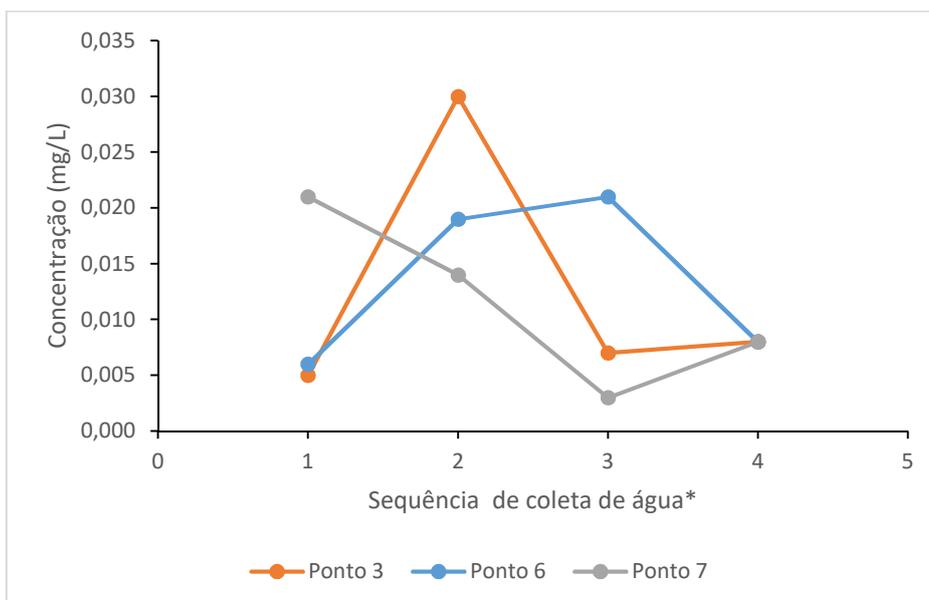
Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.7 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**



\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.8 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**

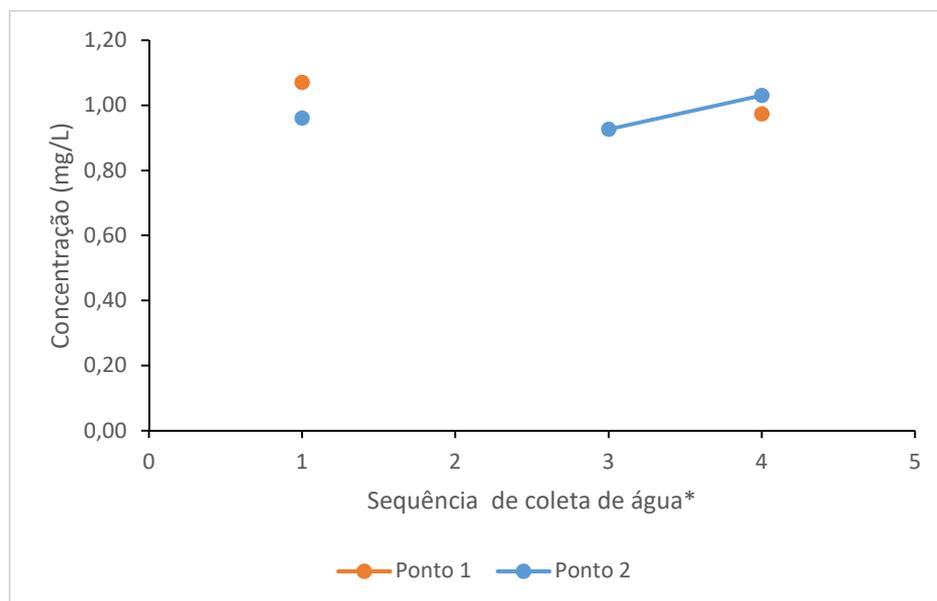


\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
 Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
 Organização: o autor (março/2020)

O nitrato aumentou em todos os pontos no período de chuvas intensas (coletas 2 e 4). Assim, houve transporte de compostos associados durante esses períodos. Os gráficos dos pontos de coleta 3 e 6 coincidem-se nas coletas 2, 3 e 4, não sendo possível diferenciá-los no Gráfico 5.3.6. Destarte, torna-se necessário a consulta às avaliações quantitativas realizadas. O nitrato possui alta solubilidade na água. É proveniente diretamente de fertilizantes e também da decomposição de fertilizantes nitrogenados, como a ureia. Ghane *et al.* (2016), em pesquisa acerca da contaminação em águas superficiais de substâncias oriundas da drenagem de área agrícola, concluíram que a carga média diária de nitrato por unidade de área do campo fertilizado foi significativamente maior do que a do campo não fertilizado, resultado da maior concentração de nitrato no campo fertilizado.

O nitrito aumentou, praticamente, em todos os pontos de coleta no período de chuvas intensas (coletas 2 e 4). O nitrito é proveniente da decomposição de fertilizantes nitrogenados. Como o nitrito é um produto de decomposição intermediário do nitrogênio em meio aquático, há um lapso temporal até sua formação.

**Gráfico 5.3.9 - Concentração de nitrogênio amoniacal em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**

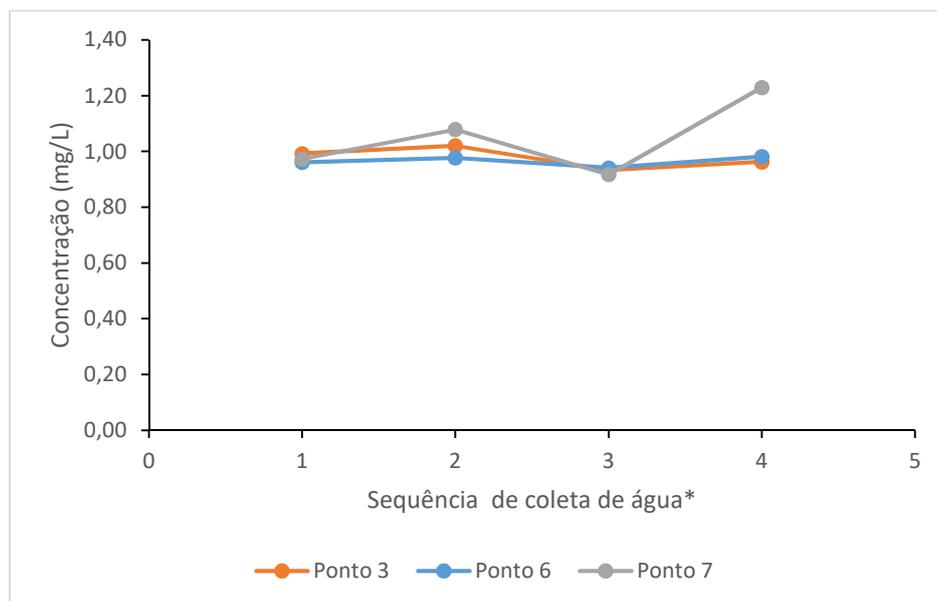


\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.10 - Concentração de nitrogênio amoniacal em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**



\*Dados das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

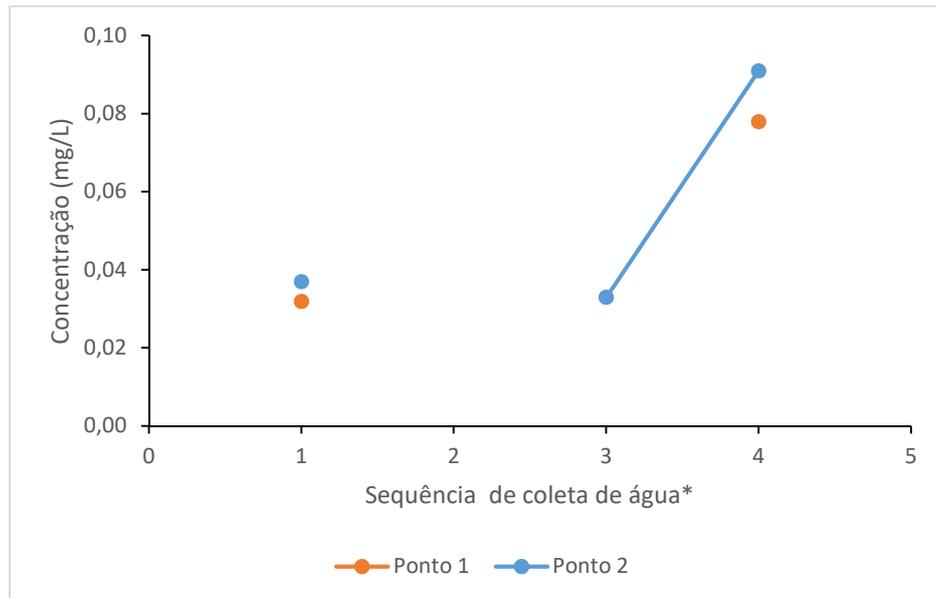
Organização: o autor (março/2020)

O nitrogênio amoniacal (soma de  $\text{NH}_3$  e  $^+\text{NH}_4$ ) aumentou em todos os pontos no período de chuvas intensas (coletas 2 e 4). Esse aumento ocorreu, principalmente, devido a concentração de íons  $^+\text{NH}_4$  provenientes, em sua maior parte, de fertilizantes na forma de fosfato (suprimento de fósforo) ou sulfato (suprimento de nitrogênio). Esse íon apresenta grande solubilidade em água. O maior acréscimo ocorreu no ponto de coleta 7 (Lagoa Bonita) em razão de uma área maior de contribuição de culturas agrícolas que a circunda e que são muito próximas. Porém, a variação relativa da concentração nos períodos de chuvas intensas (coletas 2 e 4) em relação aos de menor pluviosidade (coletas 1 e 3) foi pequena. Isso ocorreu em razão de o amônio ser menos propenso a ser transportado pela drenagem subterrânea, pois é ligado às partículas do solo devido à sua carga positiva, conforme Ghane *et al.* (2016) afirmam. “Ocorre adsorção de íons de amônio, com carga positiva, na superfície de partículas de argila com carga negativa” (SIECKZA; KODA, 2016, tradução nossa). “No ambiente, o amônio atingirá o aquífero mais rapidamente em solos arenosos e solos com baixo teor de matéria orgânica do que em solos coesivos com maior teor de argila e matéria orgânica” (SIECKZA; KODA, 2016, tradução nossa).

O sulfato, não presente em gráficos, aumentou no período de chuvas intensas nos pontos onde o equipamento de medição foi capaz de detectar a sua presença, que foram os pontos de

coleta 3 e 7, na coleta 2; e os pontos de coleta 6 e 7, na coleta 4. Esses pontos de coleta são bem próximos à área agrícola. O sulfato é originado, sobretudo, da aplicação do gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ) como fonte de fornecimento de enxofre às culturas. O  $\text{CaSO}_4$  é um sal pouco solúvel em água.

**Gráfico 5.3.11 - Concentração de fósforo total em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 1 e 2**

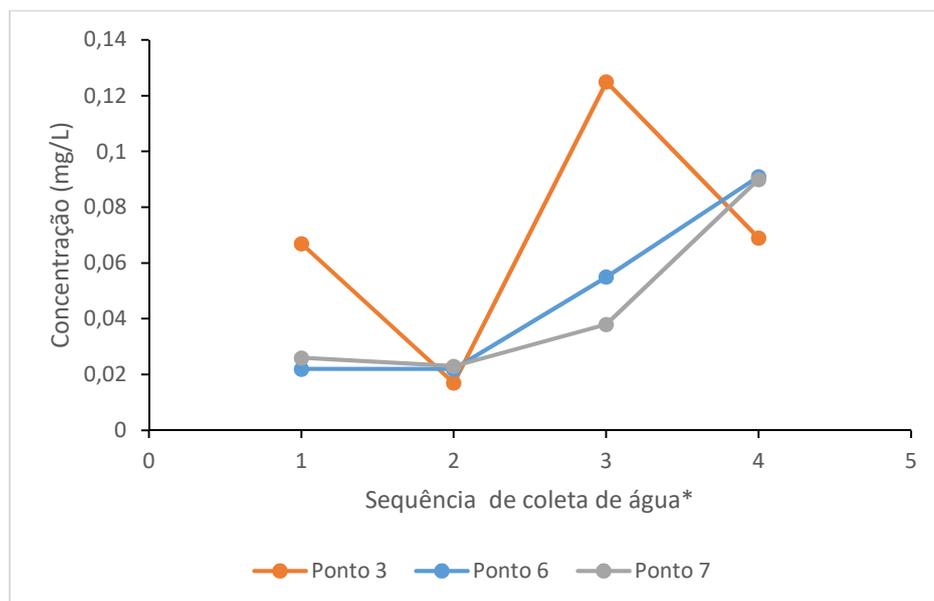


\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.12 - Concentração de fósforo total em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 3, 6 e 7**



\*Dados das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)

Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)

Organização: o autor (março/2020)

Em relação ao fósforo total, no começo das chuvas intensas e frequentes (coleta 4), houve aumento em quase todos os pontos de coleta. No intervalo compreendido entre a coleta 1 (após o início da estação chuvosa) e a coleta 3 (período seco), ocorreram duas situações díspares conforme o corpo de água é lântico ou lótico. No ponto de coleta 2, onde foi possível avaliar, o fósforo total aumentou com o início das chuvas intensas (coleta 4). O ponto de coleta 1 estava estagnado durante a coleta 3 (período seco) e sua medida foi descartada, conforme relatado. As formas tradicionais de fertilizantes usadas que contém esse parâmetro são o fosfato monoamônico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) e o fosfato diamônico  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , que são sais. “Os componentes de fósforo possuem baixa lixiviação, com quase todo o fósforo movimentando-se no solo por difusão” (POTASH & PHOSPATE INSTITUTE, 1995, tradução nossa). Difusão é a movimentação de íons de uma solução de alta concentração para solução de baixa concentração. “O processo de movimentação do fósforo é um processo lento e de pouca amplitude, e depende da umidade do solo” (POTASH & PHOSPATE INSTITUTE, 1995, tradução nossa). Shen *et al.* (2011), em pesquisa acerca da dinâmica do fósforo, relataram que o fósforo apresenta propriedades únicas no solo, como baixa solubilidade, baixa mobilidade e alta fixação pela matriz do solo.

No que se refere aos corpos lânticos (pontos de coleta 3, 6 e 7), a quantidade de fósforo total aumentou no período seco (coleta 3) em relação às coletas 1 e 2. O pH também aumentou.

Parece então, incompreensível, que a quantidade de fósforo total seja maior no período seco. Para tentar elucidar essa constatação, tornou-se necessário evocar conceitos e fenômenos de diferentes campos de conhecimento. Ademais, ressalta-se a necessidade de referência a literatura científica internacional, a qual realiza maiores estudos experimentais atinentes a esse tema.

Óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio estão presentes em grandes quantidades em solos tropicais bastante intemperizados, sobretudo nos mais argilosos. Os solos constituintes da Estação são em sua maioria latossolo vermelho. Este solo apresenta textura argilosa e enriquecimento em sesquióxidos (denominação que engloba óxidos, óxi-hidróxidos e hidróxidos) de ferro e alumínio.

O processo a analisar se desenvolve em dois momentos distintos ao longo da profundidade do corpo hídrico. Em um, há uma camada oxidante representando uma camada aeróbica. E em outro, uma camada redutora representando uma camada anóxica.

Ocorre que, no início das chuvas intensas (coleta 4) há, inicialmente, um aumento de fósforo no corpo hídrico. Segundo Macrae *et al.* (2007), eventos de tempestade transportam cargas maiores de fósforo total de campos drenados na superfície. Concomitantemente, há fluxo de substâncias que servem como agente oxidante, como o  $O_2$ ,  $NO_3^-$  e  $Mn^{4+}$ , na oxidação do  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$  na forma de oxi-hidróxido férrico, com auxílio de microrganismos. Fosfatos são adsorvidos (fenômeno físico-químico em que um componente em fase gasosa ou líquida é transferido para a superfície de uma fase sólida nessas partículas). Esses compostos são fracamente solúveis e haverá, com o passar do tempo, precipitação e acúmulo de fósforo no sedimento. Durante a entrada de água provenientes de lixiviação para o corpo hídrico, haverá recirculação de água das camadas aeróbicas e anaeróbicas. Esse fato provocará o fluxo de elementos, como o  $O_2$ , para a camada anaeróbica localizada no fundo, contribuindo para o aumento de íons  $Fe^{3+}$ .

No período seco, cessa-se o afluxo desses agentes oxidantes, e se forma uma camada anaeróbia próximo ao fundo. O  $Fe^{3+}$  dos oxi-hidróxidos férricos formados são reduzidos a  $Fe^{2+}$ . Como esses compostos são mais solúveis, eles se dissolvem em água e o fosfato adsorvido é liberado do sedimento para a solução. A concentração de fósforo total no período seco (coleta 3) aumenta.

Os trabalhos de Novais e Smyth (1999), Busigny *et al.* (2016), Cosmidis *et al.* (2014), Parsons *et al.* (2017), Liang *et al.* (2016) e Pantano *et al.* (2016) corroboram com os argumentos expostos. Esses autores estudaram a dinâmica do fósforo no ambiente aquático considerando a variação do número de oxidação do ferro. Há algumas designações para esse processo, dependendo do pesquisador. É denominado de “*iron wheel*”, conforme Busigny *et al.* (2016). E também por “bombas de fósforo”, conforme Pantano *et al.* (2016). O escopo dessa análise constitui,

principalmente, um estudo biogeoquímico, a qual a identidade de microrganismos e os metabolismos precisos envolvidos nessas transformações não são totalmente identificados.

Em vista do exposto, torna-se importante o monitoramento nesses ambientes. Conforme Grift (2017), a liberação de fósforo do sedimento nas águas superficiais de áreas agrícolas, altamente corrigidas por insumos agrícolas, é de grande importância para a análise da qualidade dessas águas. O fluxo de fósforo nesse processo é influenciado por alguns parâmetros. Wilson *et al.* (2010) afirmam que a dinâmica do fluxo de fósforo dissolvido na coluna de água varia de acordo com o status trófico e outras condições biogeoquímicas.

Em relação à concentração de fósforo total na Lagoa Bonita, notou-se que vem aumentando. No trabalho de Leite (1990), em condições semelhantes de coleta (local próximo à área agrícola, localização litorânea e coleta de água superficial), todas as concentrações ficaram abaixo do limite de detecção (0,010 mg/L). Gomes (2007) obteve uma concentração média de 0,014 mg/L, também em condições semelhantes de coleta. Grift (2017) relata que a entrada de fósforo via adubo e fertilizantes nas bacias hidrográficas não deve exceder a saída de fósforo via água superficial e exportação de alimentos/ração (e adubo) e, ao mesmo tempo, a perda de resíduos deve ser minimizada.

Com os corpos de água em processo de eutrofização, a zona eufótica vai se tornando rica em fósforo e muito produtiva do ponto de vista de transformação de carbono inorgânico em espécies orgânicas, ocasionando proliferação de algas e macrófitas aquáticas. Dessa forma, o aparecimento dessas espécies nesses locais, conforme indicam a Foto 4.3.1.3.1 e a Foto 4.3.1.3.2, está relacionada ao aumento desse nutriente.

**Foto 5.3.1 - Macrófitas aquáticas no ponto de coleta 6**



Fonte: o autor (setembro/2019)

**Foto 5.3.2 - Macrófitas aquáticas (*Hyparrhenia rufa*) na Lagoa Bonita**



Fonte: o autor (março/2019)

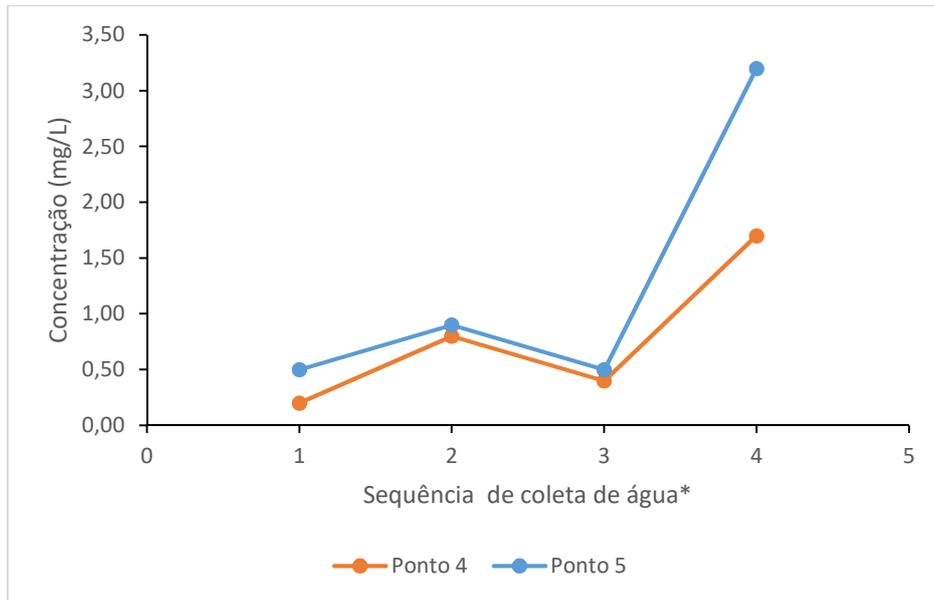
Vários estudos verificaram a relação entre eutrofização e surgimentos de espécies não comuns. Tan *et al.* (2018) sinalizaram que há indicação que sedimentos ricos em fósforo e nitrogênio em águas eutróficas podem ser a principal razão da rápida expansão de uma macrófita invasora detectada. Randall *et al.* (2019) verificaram a interconectividade do fósforo nos sedimentos e na coluna d'água no lago Utah, nos Estados Unidos, e a relação com a proliferação de algas ou cianobactérias. “A expansão de plantas aquáticas invasoras pode levar à mudança do ecossistema, deslocando espécies nativas” (BRUNDU, 2014, tradução nossa). Conforme Hussner *et al.* (2017), a expansão de espécies aquáticas invasoras reduz a biodiversidade.

A *Hyparrhenia rufa* é uma gramínia invasora e possui o nome popular de capim Jaraguá. Ela está muito disseminada na Lagoa Bonita onde, em alguns locais, confunde-se com a superfície do solo.

O fósforo foi, quase totalmente, um parâmetro que ficou acima do limite normativo (0,020 mg/L) nos locais com corpos de água lânticos, principalmente depois do início das primeiras chuvas intensas (coleta 4) e no período seco (coleta 3). Acima desse limite é caracterizado ambiente lântico eutrófizado, segundo Campos (2010). Essa constatação pode até ser despercebida, no caso de avaliações esporádicas de qualidade de água realizadas em períodos a qual esses valores altos de concentração não ocorrem. Para exemplificar, cita-se o ponto de coleta 3: na coleta 2 (estiagem no período chuvoso) a concentração foi de 0,017 mg/L, e na coleta 3 (seca) foi de 0,132 mg/L. Nota-se, assim, a importância do monitoramento periódico dos parâmetros para melhor análise.

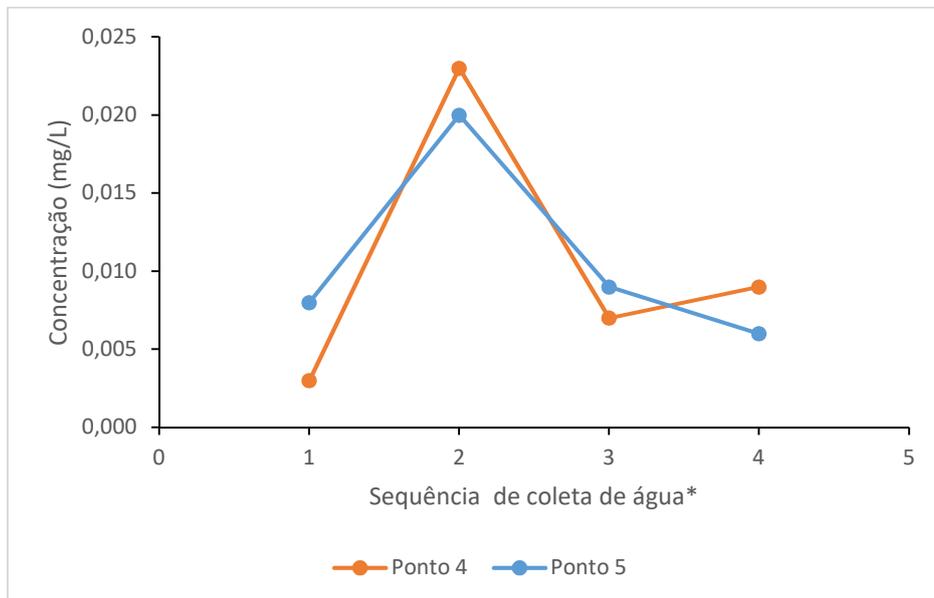
E para os parâmetros contidos Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017, o nitrito e o nitrato foram analisados.

**Gráfico 5.3.13 - Concentração de nitrato em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 4 e 5**



\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
Organização: o autor (março/2020)

**Gráfico 5.3.14 - Concentração de nitrito em função da sequência de coleta de água nos pontos de coleta 4 e 5**



\*Datas das coletas: 1 (15/2/2019), 2 (3/5/2019), 3 (13/9/2019 e 4 (19/12/2019)  
Fonte: Conágua Ambiental Ltda e o autor (janeiro/2020)  
Organização: o autor (março/2020)

Em relação a influência da precipitação pluviométrica na avaliação de parâmetros encontrados nas águas superficiais, com base nos parâmetros contidos na Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 (pontos 4 e 5), notaram-se alterações. O nitrato aumentou em todos os pontos de coleta nos períodos de chuvas intensas (coletas 2 e 4). Dessa forma, ocorreu transporte durante esses períodos. O nitrito aumentou na coleta 2 (chuvas intensas perto do fim do período chuvoso), em razão dos motivos já expostos. O cobre, não presente em gráfico, apresentou aumento no ponto de coleta 4, na coleta 1. Em razão de uma única avaliação determinada, não foi possível uma melhor análise.

É importante ressaltar que, durante as coletas, verificaram-se casos de degradação ambiental na Estação. Um deles foi a existência constante de embalagens e restos de alimentos próximos ao ponto de coleta 2, o que indicou a entrada contumaz de pessoas irregularmente. Outra situação ocorreu durante a coleta 4 (período chuvoso), onde avistaram-se embalagem de isopor e lata de alumínio à jusante do ponto de coleta 3. Essa última constatação decorreu do descarte impróprio desses produtos por motoristas que trafegavam naquelas imediações e que, com a chuva, esses materiais são transportados para os cursos naturais de drenagem, poluindo o ambiente aquático.

Dessa forma, ações são necessárias para atenuar a perda de qualidade ambiental na Estação, como as de caráter educativo e informativo, tendo como público alvo, inicialmente, a população em torno desse local. Uma maior promoção de ações ambientais, como publicidade e visitas controladas na Estação, seria recomendável. Essas ações teriam como enfoque, por exemplo, ressaltar o papel de manancial hídrico para abastecimento e manutenção da riqueza da fauna e flora. O uso racionalizado de fertilizantes, a aplicação de fertilizantes de liberação lenta e o Manejo Integrado de Pragas (MIP) contribuiriam para esse intento por parte dos produtores rurais.

O uso racionalizado de fertilizantes, implementado de forma correta por profissionais da área agrícola e com recursos tecnológicos oferecidos pela agricultura de precisão, propiciaria a utilização desses insumos na exata medida. Fertilizantes de liberação lenta liberam macronutrientes e micronutrientes em até um ano, dependendo da espessura do polímero em que são inseridos, reduzindo perdas por lixiviação e volatilização. O Manejo Integrado de Pragas (MIP), por meio do levantamento de pragas e doenças, propiciaria a recuperação do local afetado por outros meios como controle biológico e poda, prescindindo-se do uso de agrotóxicos. Essas ações mitigariam danos ambientais.

Uma forma de continuação do trabalho para melhor aferição da qualidade de água seria aumentar o número de pontos de coleta, principalmente localizados em regiões centrais da Estação, e que não secassem no período seco. Observando-se, nesse caso, a acessibilidade e a duração das

coletas. Esse procedimento avaliaria a extensão do transporte de substâncias. Outro ponto seria cingir-se os parâmetros a serem analisados a alguns que, na presente pesquisa, verificaram-se ser de maior importância ambiental e toxicológica, em razão de suas concentrações mensuradas. Esses parâmetros seriam o fósforo total, nitrogênio amoniacal, manganês, zinco, nitrito e nitrato.

Rememorando-se acerca da verificação da hipótese inicialmente aventada, ressalta-se que há contaminação nos corpos hídricos superficiais na Estação devido à atividade agrícola. E que essa contaminação perdura nos ambientes lênticos. Uma consequência da contaminação nesses ambientes foi o processo de eutrofização verificado.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo em comento propiciou não apenas o registro formal referente às atividades realizadas para atingimento dos objetivos delineados, mas também discorreu sobre assuntos conexos com o tema pesquisado. Nesse diapasão, constituem exemplos referências a aspectos quantitativos de recursos hídricos e à qualidade ambiental na região da Estação, pois possuíram o condão de poder influenciar o planejamento e o resultado da pesquisa.

A análise dos resultados mostrou que ocorreu o transporte de alguns compostos químicos advindos da atividade agrícola intensiva naquela região. E isso se traduziu, geralmente, na maior concentração desses compostos nos corpos hídricos superficiais nos períodos chuvosos. O fósforo apresentou uma dinâmica particular de movimentação em ambientes lênticos aquáticos sob certas condições, a qual a concentração ficou alta no período seco.

Um importante assunto no escopo deste trabalho refere-se a agrotóxicos. Constitui um tema polêmico a qual, não raras vezes, discussões a respeito acabam em defesas de opiniões e acusações acaloradas. Discussões sensatas acerca desse tema devem englobar os diversos fatores relacionados, enfatizando abordagens multidisciplinar e transdisciplinar. E devem considerar os diversos agentes envolvidos nesse assunto, a fim de se evitar alegações infundadas e tendenciosas de uma só parte, em que prepondere uma única concepção. Fabricantes, consumidores, pesquisadores, trabalhadores, sociedade e órgãos governamentais com atuação ligada a esse assunto devem ser representados nesses debates.

Trabalhos que discorrem sobre agricultura devem abarcar assuntos inter-relacionados em uma abordagem sistêmica. Esse caminho se alinha ao modo recente de organização da pesquisa científica no estudo de problemas complexos, como os relacionados a clima, água e alimento. Essa forma de análise denomina-se *nexo* – ou temas vinculados por múltiplas conexões. Permeia diferentes disciplinas e envolve interações entre os diferentes meios – ar, solo e água – e organismos biológicos – animais, plantas e microrganismos. Caso implementada no estudo realizado, caberia a denominação do *nexo*: “saúde-meio ambiente-agricultura”, no estudo de inter-relações referentes à produção agrícola sustentável e que não causasse danos à saúde da sociedade de forma geral, como a de consumidores e de trabalhadores. Assim, esse novo paradigma incentiva a reconhecer e analisar as diversas conexões nos diferentes ramos do conhecimento, setores e escalas, buscando sinergia e integração entre diferentes atores e disciplinas. E possibilita desenvolver processos, estratégias e políticas para nortear ações acerca desses temas.

Nesse contexto, impende-se destacar que o Cerrado é o segundo bioma com maior área e biodiversidade do Brasil. E que, de forma geral em nível federal, não tem sido objeto eloquente de

debate e estabelecimento de políticas para fins de manutenção de sua riqueza natural e de suas populações tradicionais, como quilombolas, ribeirinhos e quebradeiras de coco babaçu. No Distrito Federal, percebe-se um incremento significativo na conservação e utilização, sobretudo por parte da população urbana, no que tange às unidades de conservação locais. No Distrito Federal, o órgão ambiental – IBRAM – está implementando medidas nessa direção. No caso da Estação, o IBRAM exigiu e foi compensado ambientalmente pela Caesb, em razão da utilização de seus recursos hídricos. Essa compensação ocorreu com a cessão de uma camionete de tração 4x4 que serve de apoio para fiscalização e pesquisa. Outra medida positiva foi o início da instalação de estruturas permanentes de pesquisa na Estação, como um projeto piloto de levantamento de dados e monitoramento ambiental nas unidades de conservação.

Como dificuldade encontrada para a execução da pesquisa, cita-se o agendamento com o laboratório para coleta das amostras de água. Isso ocorreu devido à indisponibilidade momentânea de profissionais. Houve situação até de remarcar a coleta duas vezes, em razão de o técnico designado não ter terminado seu serviço anterior. Ocorreu maior atenção durante a coleta de água nos pontos, indicando o respectivo instrumento normativo tomado como referência para avaliação dos parâmetros de qualidade. Esse cuidado era contínuo, sobretudo depois da segunda coleta, quando houve equívoco nos parâmetros avaliados. A razão da escolha do laboratório em Goiânia foi porque em Brasília não havia empresa que realizasse avaliação de todos os parâmetros selecionados e então, escolheu-se o mais próximo. Outro empecilho foi devido ao computador utilizado (*notebook*), que tardava constantemente em executar ações de processamento, tendo em vista a confecção de mapas com base em imagens de satélite de alta resolução, que ocupavam grande quantidade de armazenamento de dados. Foi preciso, assim, consecução de computador com melhor performance de processamento e de armazenamento de dados.

Durante a elaboração do trabalho, a Portaria de Consolidação nº 5 MS/2017 estava em processo de revisão. Há uma minuta desse documento em análise, que foi resultado preliminar de uma comissão composta por agentes ligados aos setores correlatos, dentre empresas, governo e a sociedade. Entre esses agentes, destacam-se fabricantes de agrotóxicos como a Bayer<sup>®</sup>, Basf<sup>®</sup> e Syngenta<sup>®</sup>. Essas empresas influenciam tomadas de decisões em âmbito normativo a qual participam, e estão frequentemente presentes, inclusive como patrocinadoras e organizadoras nos mais variados eventos com a temática ambiental. A previsão é que a referida minuta estará disponível para consulta pública este ano.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas - ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH. Hidroweb. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf). Acesso em: 5 set. 2019.
- AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. 2019. **Agricultura Brasileira**: situação atual e perspectivas de desenvolvimento.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, 2018. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 10 dez. 2018.
- AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico**: Estado e pesquisa agropecuária no Brasil. São Paulo: Polis; Brasília: CNPq, 1986, 160p.
- AGUILA, N. K. S.; KELLER, P. P. R. Avaliação de compostos orgânicos em sistema lótico e sistema lêntico de bacia hidrográfica de usos múltiplos. *In*: Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 30., 2017, São Paulo.
- ALBUQUERQUE, A. F.; RIBEIRO, J. S.; KUNMROW, F.; NOGUEIRA, A. J. A.; MONTAGNER, C. C.; Umbuzeiro, G. A. **Environmental Science: Processes & Impacts** 2016, 18, 779.
- ALVES, S. M. F.; FERNANDES, P. M.; MARIN, J. O. B. Condições de trabalho associadas ao uso de agrotóxicos na cultura de tomate de mesa em Goiás. **Ciência e Agrotecnologia**, 2008; vol. 32, nº 6. p. 1737-4172. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000600009>. Acesso em: 31 mar. 2019.
- ANDRADE, A. S.; QUEIROZ, V. T.; LIMA, D. T.; DRUMOND, L. C. D.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A. Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba – MG. **Química Nova**, Vol. 34, No. 7, p. 1129-1135, 2011.
- ARAÚJO, Ronaldo de Sousa. **Modificações no planejamento urbanístico**. Nobel Franquias S.A., 2010.
- ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1998.
- ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de

impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

BERLINCK, C. N. **Diagnóstico Sócio-Ambiental do Entorno da Estação Ecológica de Águas Emendadas (DF)**. 2008. 154f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 17 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1.º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 11 maio 2019.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal. Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm). Acesso em: 11 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 3, de 16 de janeiro de 1992**. Diretrizes e Exigências Referentes à Autorização de Registros, Renovação de Registros e Extensão de Uso de Produtos Agrotóxicos e Afins – nº 1, de 09 de dezembro de 1991. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003\\_16\\_01\\_1992.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html). Acessado em 27 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação MS nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 357, 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. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília: DF, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 13 maio 2019.

BRUNDU, G. Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. **Hydrobiologia** 746: p. 61–79. 2014.

BUSIGNY, V.; COSMIDIS, J.; VIOLLIER, E.; JÉZÉQUÉL, D.; BENZERARA, K.; PLANAVSKY, N. J.; ALBÉRIC, P.; LEBEAU, O.; SARANZIN, G.; MICHARD, G. The Iron

Wheel in Lac Pavin: Interaction with Phosphorus Cycle. Springer International Publishing Switzerland. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/309763728\\_The\\_Iron\\_Wheel\\_in\\_Lac\\_Pavin\\_Interaction\\_with\\_Phosphorus\\_Cycle](https://www.researchgate.net/publication/309763728_The_Iron_Wheel_in_Lac_Pavin_Interaction_with_Phosphorus_Cycle). Acesso em: 18 nov. 2019.

CALDAS, E. D.; REBELO, R. M. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Química Nova**, Vol. 37, No. 7, 2014, p. 1199-1208. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140165>. Acesso em: 9 mar. 2019.

CAMPOS, J.E.G. Geologia da APA de Cafuringa. In: *Apa de Cafuringa: a última fronteira natural do DF*. Brasília: SEMARH, 2005. p. 49.

CAMPOS, J. E. G.; MORAES, L. M. Geologia. In: FONSECA, F. O. (org.). **Águas Emendadas**. Brasília: Seduma, 2008. p. 117-121.

CAMPOS, M. L. A. M. **Introdução à biogeoquímica de ambientes aquáticos**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

CARMO, M. S. **Geoquímica de água e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Descoberto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. Dissertação de Mestrado.

CONÁGUA AMBIENTAL LTDA. Relatório de Ensaio 3337/2019.3.A-3343/2019.3.A. Goiânia/GO. Relatório de Ensaio 8959/2019.0.A-8965/2019.0.A. Relatório de Análises 18793/2019.0.A - 18799/2019.0.A. Relatório de Análises 27071/2019.0.A-27077/2019.0.A.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL - CRH/DF. Resolução nº 2, 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: <http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CRH-n%C2%BA-02-de-2014.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2019.

COSMIDIS, J.; BENZERARA, K.; MORIN, G.; BUSIGNY, V.; LEBEAU, O.; JÉZÉQUÉL, D, NOËL, V.; DUPLET, G.; OTHMANE, G. Biomineralization of mixed valence iron-phosphates in the anoxic water column of Lake Pavin (Massif Central, France). **Geochimica Cosmochimica Acta Journal**. 2014. Acta 126 p. 78–96.

COSTA, H. S. de M.; BRAGA, T. M. Entre a conciliação e o conflito: dilemas para o planejamento e a gestão urbana e ambiental. *In*: X Seminário sobre a economia mineira, 2002, 24 p.

CURY, Katia. **Roteiro metodológico para elaboração de planos de manejo para as unidades de conservação do Distrito Federal**. Brasília: IBRAM, 2013.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1296-1301> Acesso em: 19 mar. 2019. ISSN 1807-1929.

DISTRITO FEDERAL. Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. Atlas do Distrito Federal – 2017. Brasília/DF, 2018. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Atlas-do-Distrito-Federal-2017.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. Estação de Tratamento de Água. ETA Pípiripau. Brasil, DF. 2019. Disponível em: <http://atlascaesb.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=4d06131962ca482a9d51502c630e195f>. Acesso em: 17 jun. 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 11.137, de 16 de junho de 1988**. Modifica a denominação da Reserva Biológica de Águas Emendadas, e dá outras providências. Distrito Federal: Governo do Distrito Federal. Disponível em: [http://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/10/decreto\\_11137\\_16\\_06\\_1988.pdf](http://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/10/decreto_11137_16_06_1988.pdf). Acesso em: 11 maio 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal - SEDUH. Mapa de Curvas de Nível do Distrito Federal. Brasília, DF. Última atualização em 2013. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/?extent=158185.6432,8233132.1800,242852.4792,8274460.1793&layers=Curva%20de%20N%C3%ADvel%205m%202009>. Acesso em: 20 abr. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal - SEMA. Mapa Hidrográfico do Distrito Federal – 2016. Brasília, DF. Edição e elaboração gráfica: SEMA. Escala: 1:115.000. Sistema de Projeção SIRGAS 2000 UTM 23S. 2016. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Frente-do-Mapa-Hidrográfico.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

DUAVÍ, W. C.; GAMA, A. F.; MORAIS, P. C. V.; OLIVEIRA, A. H. B.; NASCIMENTO, R. F.; CAVALCANTE, R. M. Contaminação de ambientes aquáticos por “agrotóxicos urbanos”: o caso dos rios Cocó e Ceará, Fortaleza – Ceará, Brasil. **Química Nova**, Vol. 38, Nº. 5, 2015, p. 622-630. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150055>. Acesso em: 25 mar. 2019.

EGLER, M. 2002. **Utilizando a Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos na Avaliação da Degradação de Ecossistemas de Rios em Áreas Agrícolas**. Dissertação de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 147 pg.

FELFILL, J. M.; SILVA JÚNIOR., M. C. **A vegetação da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Brasília: Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do Distrito Federal – Secretaria de Meio Ambiente Ciência e Tecnologia do Distrito Federal**, 1996. 43p.

FELFILL, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MENDONÇA, R. C.; FAGG, C. W.; FILGUEIRAS, T. S.; MECENAS, V. V. Fitosionomias e Flora. In: FONSECA, F. O. (org.). **Águas Emendadas**. Brasília: Seduma, 2008. p. 152.

FERREIRA, M. B. Reserva Ecológica de Águas Emendadas: dados sobre sua composição florística. **Cerrado**.1976. v. 7, n. 32, p. 24-29.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267 -275, 2015.

FRAGA, M. M.; MARTINI, L. C. P.; MOREIRA, P. A. B.; ROMÃO, A. L. R. Uso da prescrição de agrotóxicos no Brasil: um estudo de caso na região de Tubarão – SC. **Revista Eletrônica de Extensão Extensio**, Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1807-0221 Florianópolis, v. 13, n. 23, p.71-82, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1807-0221.2016v13n23p71>. Acesso em: 28 mar. 2019.

FRITSCHI, L.; Mc LAUGHLIN, J.; SERGI, C. M.; CALAF, G. M.; LECURIEUX, F.; FORASTIERE, F.; KROMHOUT, H.; MANNETJE, A.; RODRIGUEZ, T.; EGEDHY, P. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parhion, malathion, diazinon and glyphosate. **Lancet Oncol**. March, 2015. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/51470-2045\(15\)70134-8](http://dx.doi.org/10.1016/51470-2045(15)70134-8). Acesso em: 2 jun. 2018.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.

GHANE, E.; RANAIVOSON, A. Z.; FEYEREISEN, G. W.; ROSEN, C. J.; MONCRIEF, J. F. Comparison of Contaminant Transport in Agricultural Drainage Water and Urban Stormwater Runoff. **Plos One** 11(12). 2016. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0167834>. Acesso em: 26 maio 2020.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO JR, E.A; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**. INRA, DIB and Springer-Verlag France, 2014. DOI:

10.1007/s13592-014-0316-z. Review article. Disponível em: [https://www.academia.edu/8502182/Crop\\_pollinators\\_in\\_Brazil\\_a\\_review\\_of\\_reported\\_interactions](https://www.academia.edu/8502182/Crop_pollinators_in_Brazil_a_review_of_reported_interactions). Acesso em: 3 abr. 2019.

GOMES, M. A. F; BARIZON, R. R. M. Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011. **Documentos 98**. 1 ed. Jaguariúna/SP, Embrapa Meio Ambiente, maio 2014. 35 p. ISSN 1516-4691.

GOMES, P. P. **Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica da Lagoa Bonita, DF**. Distrito Federal, Brasil. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GOSS, D.W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, v. 6, p. 701-708, 1992.

GRIFT, B. **Geochemical and hydrodynamic phosphorus retention mechanisms in lowland catchments**. IPSKAMP Printing. 2017. ISBN/EAN: 978-94-028-0641-0.

GUERRA, M. F. Conflitos ambientais no Parque Natural Municipal de Grumari. **Revista Rio de Janeiro**, n. 16-17, maio-dez. 2005. Disponível em: [http://www.forumrio.uerj.br/documentos/revista\\_16-17/Cap-8-Marcia\\_Guerra.pdf](http://www.forumrio.uerj.br/documentos/revista_16-17/Cap-8-Marcia_Guerra.pdf). Acesso em: 19 mar. 2019.

HAYES JR, W. J. **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology**. Volume 1. Academic Press. University of California, Riverside, U.S.A. Third edition. 2010.

HUSSNER, A; STIERS, I.; VERHOFSTAD, M. J. J. M, *et al*. Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: a review. **Aquatic Botany** 136: p. 112–137. 2017.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria Ibama nº 84, de 15/10/1996, que estabelece os procedimentos a serem adotados junto ao Instituto para efeito de registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental de agrotóxicos químicos, seus componentes e afins; institui o Sistema Permanente de Avaliação e Controle dos Agrotóxicos e outros procedimentos incluindo diretrizes gerais para a condução da avaliação de risco ambiental. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/index.html>. Acessado em 27 mar. 2019.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Registro de Agrotóxicos de Uso Não Agrícola, 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/quimicos-biologicos-registros/registro-de-agrotoxicos-de-uso-nao-agricola>. Acesso em: 31 mar. 2019.

JENNE, E. A. **Trace Inorganics in Water**. American Chemical Society. 1968.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENNTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing land-scapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 274, ed. 1608, p. 303-313, 27 out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>. Acesso em: 6 abr. 2019.

LACERDA, M. P. C. Solos. In: FONSECA, F. O. (org.). **Águas Emendadas**. Brasília: Seduma, 2008. p. 140-147.

LANDSAT 8 OLI. Imagem de satélite de alta resolução. Região da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Data da imagem: 4/7/2018.

LEITE, A. L. T de A. **Desmidiaceae (chlorophyta) e os fatores físico-químicos da Lagoa Bonita**, Distrito Federal, Brasil. 1990. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 1990.

LIANG, T; GAO, Y.; TIAN, S.; WANG, L; HOLM, P. E.; HANSEN, H. C. B. High-resolution imaging of labile phosphorus and its relationship with iron redox state in lake sediments. **Environmental Pollution** (2016). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.053>. Acesso em: 18 nov. 2019.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Hidrografia. In: FONSECA, F. O. (org.). **Águas Emendadas**. Brasília: Seduma, 2008. p. 110-116.

LOPES, A, S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.

KANISSERY, R.; GAIKHE, B.; KADYAMPAKENY, D.; BATUMAN, O.; ALFEREZ, F. Glyphosate: Its Environmental Persistence and Impact on Crop Health and Nutrition. **Plants**. 2019, Volume 8, Issue 11. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/11/499>. Acesso em: 28 mar. 2020.

MACRAE, M. L.; ENGLISH, M. C.; SHIFF, S. L.; STONE, M. Intra-annual variability in the contribution of tile drains to basin discharge and phosphorus export in a first-order agricultural catchment. **Agricultural Water Management**. 2007; v. 92, p. 171–182

MARCOS, V. Agricultura e mercado: impasses e perspectivas para o agronegócio. In: PAULINO, E. T.; FABRINI, J. E. (Org.). **Campesinato e territórios em disputa**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p.191-213.

MARTINE, G. Fases e faces da modernização agrícola brasileira. **Planejamento e Políticas Públicas**, v.1, n.3, p. 3-44, jun. 1990.

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. de M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: IEMA. **Inventário hidrológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB, Parte I, 1998. p. 89-137.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. Modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. **Geo UERJ** - Ano 13, nº. 22, v. 2, 2º semestre de 2011 p. 290-322. ISSN 1981-9021.

MAURY, C. M.; RAMOS, A. E.; OLIVEIRA, P. E. Levantamento florístico da Estação Ecológica de Águas Emendadas. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, 1: 46-67, 1994.

MONTAGNER, Cassiana C.; VIDAL, Cristiane; ACAYABA, Raphael D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova** [online]. 2017, vol. 40, n. 9, p. 1094-1110. ISSN 0100-4042. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>. Acesso em: 10 dez 2018.

NAÇÕES UNIDAS, 1976. The Demand for water. **Natural resources – Water** series nº 3, Nova York.

NIMMO, D.R. Pesticides. In: RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R., (ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**, New York: Hemisphere, 1985. p. 335-373.

NOULAS, C; TZIOUVALEKAS, M; KARYOTIS, T. Zinc in soils, water and food crops. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. V. 49, setembro 2018, p. 252-260. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X17308386>. Acesso em: 26 jun. 2020.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, S. S. **O papel da avaliação de riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos: diretrizes para a formulação de políticas públicas**. 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-28062005-101218/pt-br.php>. Acesso em: 24 mar. 2019.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, vol. 120, 3ª ed., p. 321-326, março de 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>. Acesso em: 6 abr. 2019.

PADILLA, J. T.; SELIM, H. M. Time-dependent sorption and desorption of glyphosate in soils: Multi-reaction modeling. **Vadose Zone Journal**. 18:180214. School of Plant, Environmental, and Soil Sciences, Louisiana State Univ., Baton Rouge, LA 70803. Publicado em 25 jul. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/334686754\\_Time-Dependent\\_Sorption\\_and\\_Desorption\\_of\\_Glyphosate\\_in\\_Soils\\_Multi-reaction\\_Modeling](https://www.researchgate.net/publication/334686754_Time-Dependent_Sorption_and_Desorption_of_Glyphosate_in_Soils_Multi-reaction_Modeling). Acesso em: 27 mar. 2020.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A. FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova** [online]. 2016, vol. 39, n.

6, p. 732-740. ISSN 1678-7064. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>. Acesso em: 22 dez. 2019.

PARSONS, C. T. REZANEZHAD, F. O'CONNELL, D. CAPPELLEN, P. V. Sediment phosphorus speciation and mobility under dynamic redox conditions. **Biogeosciences**, 14, p. 3585–3602, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/bg-14-3585-2017>. Acesso em: 21 nov. 2019.

PERES, F; MOREIRA, J. C. DUBOIS, G. S. Agrotóxico, saúde e meio ambiente: uma introdução ao tema. *In*: PERES, F; MOREIRA, J. C. (org). **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. **International Soil Fertilty Manual**. Norcross, GA. U.S.A. 1995.

PRADO, R.B; NOVO E. M. L. M. Aplicação de geotecnologias no potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP relacionado à qualidade de água. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia: INPE, 2005. p.3253-3260.

RANDALL, M. C.; CARLING, G. T.; DASTRUP, D. B.; MILLER, T.; NELSON, S. T.; REY, K. A.; HANSEN, N. C.; BICKMORE, B. R.; AANDERUD, Z. T. Sediment potentially controls in-lake phosphorus cycling and harmful cyanobacteria in shallow, eutrophic Utah Lake. **Plos One** 14(2): e0212238. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212238>. Acesso em: 29 mar. 2020.

RESENDE, A. V. de. Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato. **Documentos 57**. 1. ed. Planaltina/DF, Embrapa Cerrados, dezembro 2002. ISSN 1517-5111.

ROBSON, A. D. Manganese in Soils and Plants - An Overview. *In*: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (editores). Manganese in Soils and Plants. **Developments in Plant and Soil Sciences**, v. 33, 1988.

SANTANA, C. M.; COSTA, A. R.; NUNES, R. M. P.; NUNES, N. M. F.; PERON, A. P.; CAVALCANTE, A. A. C. M.; FERREIRA, P. M. P. Exposição ocupacional de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Caderno Saúde Coletiva.**, 2016, Rio de Janeiro, vol. 24, nº 3 p. 301-307. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462X201600030199>. Acesso em: 31 mar. 2019. ISSN 2358-291X.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. **Plant Physiology**. Jul. 2011, v. 156, p. 997-1005. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/content/156/3/997.short>. Acesso em: 18 jun. 2020.

SIECKZA, A.; KODA, E. Kinetic and Equilibrium Studies of Sorption of Ammonium in the Soil-Water Environment in Agricultural Areas of Central Poland. **Applied Sciences**. 2016, 6(10), 269. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/6/10/269/htm>. Acesso em 12 jun. 2020.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Ed da Unicamp, 1999.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª ed, 5ª reim., Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013, coleção ABRH de recursos hídricos; v. 4.

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. Colmeiaviva®. **Mapeamento de abelhas participativo (MAP) – Relatório 3 anos 2014-2017**. São Paulo, 2018.

SM. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 23rd. Edition, 2017.

SOARES W.; ALMEIDA, R. M. V. R.; MORO S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. **Caderno Saúde Pública**. 2003, vol.19, nº 4, p. 1117-1127. Disponível em em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000400033>. Acesso em: 31 mar. 2019. ISSN 0102-311X.

SPADOTTO, C. A.; SCORZA JR., R. P.; DORES, E. F. G. C.; GLEBER, L.; MORAES, D. A. C.; Embrapa Monitoramento por Satélite. **Documentos**, 2010, 78, 46p.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. DESA, UFMG, 1995.

SUS. Sistema Único de Saúde. Aplicação espacial de inseticidas. MS: Portal da Saúde. Brasília: DF, setembro, 2014. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/setembro/02/Recomenda----es-para-o-uso-de-malathion-EW.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019.

SVS. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico**. Ministério da Saúde. Brasília: DF. v. 46, n. 24, 2015.

TAM, B.; HE, H.; GU, J.; LI, K. Eutrophic water or fertile sediment: which is more important for the growth of invasive aquatic macrophyte *Myriophyllum aquaticum*? **Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems** 2018, 419, 3. Published by EDP Sciences 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/kmae/2017057>. Acesso em: 29 mar. 2020.

TELLES, D. D'A.; GÓIS, J. S. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. Blucher, 2013.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **Biológico**, v. 64, n. 2, p. 135-142, 2002.

TONI, L. R. M.; SANTANA, H.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, vol. 29, nº 4, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400034>. Acesso em: 27 mar. 2020.

USEPA - *United States Environmental Protection Agency*, Disponível em <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-8260c.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

WILSON, T. A.; AMIRBAHMAN, A.; NORTON, S. A.; VOYTEK, M. A. A record of phosphorus dynamics in oligotrophic lake sediment. **Journal of Paleolimnology** (2010) 44, p. 279-294. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10933-009-9403-y>. Acesso em: 10 abr. 2020.

YADAV, I. C.; DEVI, N. L.; SYED, J. H.; CHENG, Z.; LI, J.; ZHANG, G.; JONES, K. C. (2015). Current status of persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. **Science of the Total Environment**. v. 511, p. 123-137.

## **ANEXO**

FOTOS DA COLETA REALIZADA EM 15/2/2019



Ponto 1 - Ao sul do Córrego Vereda Grande



Ponto 2 - Ao norte do Córrego Vereda Grande



Ponto 3 - Curso de água com nascente na fazenda em frente à Estação



Ponto 4 - Captação de água da Caesb no Córrego Brejinho



Ponto 5 - Captação de água da Caesb no Córrego Fumal



Ponto 6 - Córrego Fumal - perto da rodovia BR 020



Ponto 7 - Lagoa Bonita – extremidade nordeste próxima às plantações de soja.

FOTOS DA COLETA REALIZADA EM 3/5/2019



Ponto 1 - Ao sul do Córrego Vereda Grande



Ponto 2 - Ao norte do Córrego Vereda Grande



Ponto 3 - Curso de água com nascente na fazenda em frente à Estação



Ponto 4 - Captação de água da Caesb no Córrego Brejinho



Ponto 5 - Captação de água da Caesb no Córrego Fumal



Ponto 6 - Córrego Fumal - perto da rodovia BR 020



Ponto 7 - Lagoa Bonita – extremidade nordeste próxima às plantações de soja.

FOTOS DA COLETA REALIZADA EM 13/9/2019



Ponto 1 - Ao sul do Córrego Vereda Grande



Ponto 2 - Ao norte do Córrego Vereda Grande



Ponto 3 - Curso de água com nascente na fazenda em frente à Estação



Ponto 4 - Captação de água da Caesb no Córrego Brejinho



Ponto 5 - Captação de água da Caesb no Córrego Fumal



Ponto 6 - Córrego Fumal - perto da rodovia BR 020



Ponto 7 - Lagoa Bonita – extremidade nordeste próxima às plantações de soja

FOTOS DA COLETA REALIZADA EM 19/12/2019



Ponto 1 - Ao sul do Córrego Vereda Grande



Ponto 2 - Ao norte do Córrego Vereda Grande



Ponto 3 - Curso de água com nascente na fazenda em frente à Estação



Ponto 4 - Captação de água da Caesb no Córrego Brejinho



Ponto 5 - Captação de água da Caesb no Córrego Fumal



Ponto 6 - Córrego Fumal - perto da rodovia BR 020



Ponto 7 - Lagoa Bonita – extremidade nordeste próxima às plantações de soja

## RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

- Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011

*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.*

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

### CAPÍTULO I

#### DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O<sub>2</sub>;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e
- m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P

Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO <sub>4</sub>
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L

2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (□ + □ + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano (□-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 µg/L As
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	1,6 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,6-triclorofenol	2,4 µg/L

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm<sup>3</sup>/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub>;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be



**Ministério da Saúde**  
**Gabinete do Ministro**

**PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017**

***Consolidação das normas  
sobre as ações e os  
serviços de saúde do  
Sistema Único de Saúde.***

O **MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos I e II, da Constituição, resolve:

**Art. 1º** As ações e serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) obedecerão ao disposto nesta Portaria.

**TÍTULO I**  
DA PROMOÇÃO, PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DA SAÚDE

**CAPÍTULO I**  
DA PROMOÇÃO DA SAÚDE

**Seção I**  
Do Programa Academia da Saúde

**Art. 2º** Fica instituído o Programa Academia da Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 1º)

**Art. 3º** O Programa Academia da Saúde tem como objetivo principal contribuir para a promoção da saúde e produção do cuidado e de modos de vida saudáveis da população a partir da implantação de polos com infraestrutura e profissionais qualificados. (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 2º)

**Parágrafo Único.** Os polos do Programa Academia da Saúde são espaços públicos construídos para o desenvolvimento das ações do programa, segundo os eixos descritos no art. 7º e em conformidade com os objetivos, princípios e diretrizes previstos nesta Seção. (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 2º, Parágrafo Único)

**Art. 4º** São diretrizes do Programa Academia da Saúde: (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 3º)

**I** - configurar-se como ponto de atenção da Rede de Atenção à Saúde, complementar e potencializador das ações de cuidados individuais e coletivos na atenção básica; (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 3º, I)

**II** - referenciar-se como um programa de promoção da saúde, prevenção e atenção das doenças crônicas não transmissíveis; e (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 3º, II)

**III** - estabelecer-se como espaço de produção, ressignificação e vivência de conhecimentos favoráveis à construção coletiva de modos de vida saudáveis. (Origem: PRT MS/GM 2681/2013, Art. 3º, III)

0,8	7	5	4	4	3	3
1,0	5	4	3	3	3	2
1,2	4	3	3	3	2	2
1,4	4	3	2	2	2	2
1,6	3	2	2	2	2	1
1,8	3	2	2	2	1	1
2,0	3	2	2	2	1	1
2,2	2	2	2	1	1	1
2,4	2	2	1	1	1	1
2,6	2	2	1	1	1	1
2,8	2	1	1	1	1	1
3,0	2	1	1	1	1	1

NOTAS:

(1) Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

(2) C: residual de dióxido de cloro na saída do tanque de contato (mg/L).

**ANEXO 7 DO ANEXO XX**  
TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE  
REPRESENTAM RISCO À SAÚDE (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Anexo 7)

Parâmetro	CAS(1)	Unidade	VMP(2)
<b>INORGÂNICAS</b>			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
<b>ORGÂNICAS</b>			
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	2

1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	µg/L	50
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Estireno	100-42-5	µg/L	20
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloruro de Carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroetano	127-18-4	µg/L	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1)	µg/L	20
	1,3,5-TCB (108-70-3) 1,2,3-TCB (87-61-6)		
Tricloroetano	79-01-6	µg/L	20
<b>AGROTÓXICOS</b>			µg/L
2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D) 93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30
Alaclor	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbesulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Atrazina	1912-24-9	µg/L	2
Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35-2 (benomil)	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifós-oxon)	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDD (72-54-8) p,p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Diuron	330-54-1	µg/L	90
Endossulfan (a b e sais) (3)	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Lindano (gama HCH) (4)	58-89-9	µg/L	2
Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Metolacloro	51218-45-2	µg/L	10
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Parationa Metílica	298-00-0	µg/L	9
Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
Profenofós	41198-08-7	µg/L	60
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20

**DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO(5)**

Ácidos haloacéticos total	(6)	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0.01
Clorito	7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Cloraminas Total	10599-903	mg/L	4,0
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	(7)	mg/L	0,1

**NOTAS:**

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service.

(2) Valor Máximo Permitido.

(3) Somatório dos isômeros alfa, beta e os sais de endossulfan, como exemplo o sulfato de endossulfan,

(4) Esse parâmetro é usualmente e equivocadamente, conhecido como BHC.

(5) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

(6) Ácidos haloacéticos: Ácido monocloroacético (MCAA) - CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) - CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) - CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 - dicloropropiônico (DALAPON) - CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) - CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) - CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) - CAS = 631-64-1, e Ácido bromodicloroacético (BDCAA) - CAS = 7113-314-7.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodiclorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-25-2.

**ANEXO 8 DO ANEXO XX**

TABELA DE PADRÃO DE CIANOTOXINAS DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Anexo 8)

CIANOTOXINAS		
Parâmetro(1)	Unidade	VMP(2)
Microcistinas	µg/L	1,0 (3)
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L	3,0

**NOTAS:**

(1) A frequência para o controle de cianotoxinas está prevista na tabela do Anexo XII.

(2) Valor Máximo Permitido.

(3) O valor representa o somatório das concentrações de todas as variantes de microcistinas.