

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**MARCOS DA SILVA CUNHA**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DA  
ÁGUA DESTINADO À PRESERVAÇÃO DOS AMBIENTES AQUÁTICOS EM  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Ilha Solteira  
2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL – PROFÁGUA / UNESP

**MARCOS DA SILVA CUNHA**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DA  
ÁGUA DESTINADO À PRESERVAÇÃO DOS AMBIENTES AQUÁTICOS EM  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção de título de Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, PROFÁgua – UNESP

Prof. Dra. Liliane Lazzari Albertin  
**Orientadora**

Ilha Solteira  
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

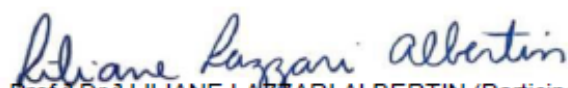
- C972a Cunha, Marcos da Silva.  
Avaliação de indicadores físicos e químicos de qualidade da água destinado à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação / Marcos da Silva Cunha. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
77 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2022
- Orientador: Liliane Lazzari Albertin  
Inclui bibliografia
1. Qualidade da água em áreas de unidades de conservação. 2. Qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, preservado e antropizado. 3. Análise de parâmetros de qualidade de água.
- Raiane da Silva Santos  
Raiane da Silva Santos

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DE INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADO À PRESERVAÇÃO DOS AMBIENTES AQUÁTICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

AUTOR: MARCOS DA SILVA CUNHA  
ORIENTADORA: LILIANE LAZZARI ALBERTIN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, área: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora, representada pela orientadora presidente da banca:



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> LILIANE LAZZARI ALBERTIN (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP

Ilha Solteira, 14 de dezembro de 2021

## RESUMO

As unidades de conservação precisam que seus recursos hídricos tenham qualidade ambiental para que os processos ecológicos e sua biodiversidade sejam mantidos, principalmente nos ambientes aquáticos. Determinar os parâmetros de qualidade de água que melhor responderam as alterações no uso do solo nas bacias hidrográficas pesquisadas, avaliar como se encontra a efetiva proteção às nascentes e cursos de água de duas bacias hidrográficas com usos distintos e dimensionar as perdas da qualidade dos recursos hídricos ocasionadas pelo uso do solo nos diversos ambientes encontrados na região foram os objetivos da pesquisa. Buscando os melhores parâmetros físicos e químicos para avaliar a qualidade das águas destas áreas foram analisados dados das coletas de água das bacias dos rios Formoso e Sucuriú, próximos o suficiente para manter características geomorfológicas e de regimes de chuva, sendo uma preservada e outra com uso por atividades agropecuárias. Através de avaliação ambiental da área do estudo por meio de informações georreferenciadas e por meios modernos de levantamento de imagens foi possível avaliar diferentes tipos de usos e seus impactos diretos nos recursos hídricos das duas bacias hidrográficas analisadas. Analisando os dados aferidos nas coletas de campo e laboratório com as correlações entre os parâmetros, com os usos do solo e o detalhamento dos impactos foi possível determinar a relação entre os usos e impactos. A partir dos resultados de campo e laboratório foi possível apontar os parâmetros físicos e químicos que são efetivos para apontar as alterações na qualidade da água nas bacias hidrográficas pesquisadas. Também foi possível ter a oportunidade de analisar a ocorrência de um possível distúrbio ocorrido em uma das bacias analisadas na última coleta de dados, determinando os parâmetros que melhor responderam a situação existente em cada bacia hidrográfica analisada. Observou-se que a boa qualidade da água em um ambiente preservado respondeu positivamente nos resultados dos parâmetros de qualidade de água analisados e no ambiente com usos agrícolas e outros ocorreram alterações negativas nos resultados dos parâmetros analisados.

**Palavras-chave:** Unidade de Conservação, Bacia hidrográfica, qualidade de água.

## **ABSTRACT**

Conservation units need their water resources to have environmental quality so that ecological processes and their biodiversity are maintained, especially in aquatic environments. Determine the water quality parameters that best responded to changes in land use in the surveyed river basins, assess the effective protection of springs and water courses in two river basins with different uses, and measure the losses in the quality of water resources caused using the soil in the different environments found in the region were the objectives of the research. Seeking the best physical and chemical parameters to assess the quality of water in these areas, data from water collections from the basins of the Formoso and Sucuriú rivers were analyzed, close enough to maintain geomorphological characteristics and rainfall regimes, one preserved and the other with use for agricultural activities. Through an environmental assessment of the study area through georeferenced information and by modern means of image survey, it was possible to assess different types of uses and their direct impacts on water resources in the two hydrographic basins analyzed. Analyzing the data measured in the field and laboratory collections with the correlations between the parameters, with the land uses and the impact details, it was possible to determine the relationship between uses and impacts. From the field and laboratory results, it was possible to point out the physical and chemical parameters that are effective in pointing out changes in water quality in the surveyed hydrographic basins. It was also possible to have the opportunity to analyze the occurrence of a possible disturbance that occurred in one of the basins analyzed in the last data collection, determining the parameters that best responded to the existing situation in each hydrographic basin analyzed. It was observed that good water quality in a preserved environment responded positively to the results of the water quality parameters analyzed and in the environment with agricultural and other uses, there were negative changes in the results of the analyzed parameters.

**Keywords:** Conservation unit, hydrographic basins, water quality.



Dedico este trabalho a todos que lutam pela preservação de nossos rios e mananciais de água de nosso país enfrentando grandes desafios na gestão do sistema, no monitoramento ou na fiscalização da qualidade da água.

## **Agradecimentos**

Voltar aos estudos numa universidade reconhecida e com grande qualidade como a UNESP foi uma satisfação e um grande desafio. Participar de grupos de estudos em um mestrado profissional de tamanha importância como o ProfÁgua / UNESP trouxe oportunidade de aperfeiçoamento profissional que fará uma grande diferença nas minhas ações futuras profissionais.

Contar com uma equipe de professores dedicados e competentes do ProfÁgua / UNESP enriqueceu os debates durante todas as disciplinas oferecidas no câmpus de Ilha Solteira / SP e foi a oportunidade que tive para adquirir conhecimentos que farão a diferença na minha vida profissional.

Contar com o apoio dos colegas do curso do ProfÁgua para transporte, discussões sobre temas e troca de conhecimentos mostrou a importância dos estudos em grupo e trabalho em equipe.

O apoio de minha orientadora professora Liliane Lazzari Albertin, com sua calma e tranquilidade para tratar todos os assuntos, trouxe a segurança nos momentos mais difíceis e de maior nervosismo para enfrentar os desafios de um trabalho dissertativo e entrega de um produto para ser avaliado.

A toda equipe do laboratório de Geociências da UFJ (Universidade Federal de Jataí) pelo apoio nas coletas e análises de água.

A Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico por ter apoiado o início e ações do curso de Mestrado gratuito em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos.

A todos que se desdobraram durante a pandemia de COVID 19, em especial as funcionárias da secretária do programa, professore(a)s e o coordenador professor Jefferson Nascimento de Oliveira, para manter as atividades essenciais para conclusão e início de novas turmas do programa.

Ao suporte técnico científico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Também agradeço

ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfªÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015.

A minha família, em especial a esposa e filhos pela paciência e tolerância na ausência que o mestrado exigiu, a minha mãe que se ausentou do plano terreno durante este último ano pela dedicação aos filhos e netos sem medir esforços e reclamar em nenhum momento.

E sobretudo a Deus por permitir adquirir conhecimentos que possam ser utilizados para o bem da humanidade e preservação da vida, conhecendo os desafios da gestão das águas e implicações dos usos econômicos fundamentais para a sobrevivência de nossa espécie e de todas que vivem neste planeta Terra.

**Com paciência e perseverança muito se alcança.**

**(Théophile Gautier)**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                  |                                                          |    |
|------------------|----------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 01</b> | - Mapa de Geomorfologia da área de estudo.....           | 29 |
| <b>Figura 02</b> | - Mapa dos solos da área de estudo.....                  | 30 |
| <b>Figura 03</b> | - Mapa de Hipsometria da área de estudos.....            | 30 |
| <b>Figura 04</b> | - Região de análise da pesquisa.....                     | 33 |
| <b>Figura 05</b> | - Coleta de água buriti torto.....                       | 35 |
| <b>Figura 06</b> | - Local de coleta Rio Formoso.....                       | 36 |
| <b>Figura 07</b> | - Local de coleta Córrego Rego d'água.....               | 36 |
| <b>Figura 08</b> | - Equipamento (OAKTON PC 650.....                        | 37 |
| <b>Figura 09</b> | - Análise laboratório de Geociências UFJ.....            | 38 |
| <b>Figura 10</b> | - Mapa uso do solo Sucuriú.....                          | 39 |
| <b>Figura 11</b> | - Ortofoto Cór. Saudade (cascalheira).....               | 40 |
| <b>Figura 12</b> | - Ortofoto Cór. Ranchinho (drenagem e cascalheira) ..... | 40 |
| <b>Figura 13</b> | - Mapa uso do solo Córrego do Rego d'água.....           | 41 |
| <b>Figura 14</b> | - Ortofoto Córrego do Buriti torto.....                  | 41 |
| <b>Figura 15</b> | - Ortofoto Córrego do Rego d'água.....                   | 42 |
| <b>Figura 16</b> | - Ortofoto Rio Formoso.....                              | 42 |
| <b>Figura 17</b> | - Ortofoto Córrego do Ranchinho.....                     | 43 |
| <b>Figura 18</b> | - Córrego Saudade Ortofoto.....                          | 43 |
| <b>Figura 19</b> | - Foto do Rio Sucuriú.....                               | 44 |

## LISTA DE TABELAS

|                  |                                                                   |    |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 01</b> | - Variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações.....          | 20 |
| <b>Tabela 02</b> | - Balanço hídrico climat. para área do Parque Nac. das Emas.....  | 28 |
| <b>Tabela 03</b> | - Localização pontos de coleta.....                               | 34 |
| <b>Tabela 04</b> | - Resultados análises pH.....                                     | 45 |
| <b>Tabela 05</b> | - Resultados análises CE.....                                     | 46 |
| <b>Tabela 06</b> | - Resultados análises TDS.....                                    | 46 |
| <b>Tabela 07</b> | - Resultados análises O <sub>2</sub> .....                        | 47 |
| <b>Tabela 08</b> | - Resultados análises T(°C).....                                  | 47 |
| <b>Tabela 09</b> | - Resultados análises Res.....                                    | 48 |
| <b>Tabela 10</b> | - Resultados análises Turbidez.....                               | 48 |
| <b>Tabela 11</b> | - Resultados análises Fósforo (P).....                            | 49 |
| <b>Tabela 12</b> | - Resultados análises (NaCl).....                                 | 49 |
| <b>Tabela 13</b> | - Resultados análises Manganês (Mn).....                          | 50 |
| <b>Tabela 14</b> | - Resultados análises Fosfato (PO <sub>4</sub> ).....             | 50 |
| <b>Tabela 15</b> | - Resultados análises Alumínio A(l).....                          | 51 |
| <b>Tabela 16</b> | - Resultados análises Cobre (Cu).....                             | 51 |
| <b>Tabela 17</b> | - Resultados análises Flúor (F).....                              | 52 |
| <b>Tabela 18</b> | - Resultados análises (Fe <sub>3</sub> ).....                     | 52 |
| <b>Tabela 19</b> | - Resultados análise (Fe total).....                              | 53 |
| <b>Tabela 20</b> | - Resultados análise (Fe <sub>2</sub> ).....                      | 53 |
| <b>Tabela 21</b> | - Resultados análise Nitrito e Amônia.....                        | 54 |
| <b>Tabela 22</b> | - Resultados análise Fenol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O)..... | 54 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                   |                                                                |           |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Gráfico 01</b> | - Gráfico chuvas no período da pesquisa.....                   | <b>45</b> |
| <b>Gráfico 02</b> | - Correlação pH e outros parâmetros físicos .....              | <b>55</b> |
| <b>Gráfico 03</b> | - Correlação turbidez e outros parâmetros físicos.....         | <b>56</b> |
| <b>Gráfico 04</b> | - Correlação T (°C) e outros parâmetros físicos.....           | <b>57</b> |
| <b>Gráfico 05</b> | - Correlação CE e outros parâmetros físicos.....               | <b>57</b> |
| <b>Gráfico 06</b> | - Correlação TDS e outros parâmetros físicos.....              | <b>58</b> |
| <b>Gráfico 07</b> | - Correlação Res e outros parâmetros físicos.....              | <b>59</b> |
| <b>Gráfico 08</b> | - Correlação O <sub>2</sub> e outros parâmetros físicos.....   | <b>55</b> |
| <b>Gráfico 09</b> | - Correlação P e outros parâmetros químicos (cheia).....       | <b>60</b> |
| <b>Gráfico 10</b> | - Correlação P e outros parâmetros químicos (seca).....        | <b>60</b> |
| <b>Gráfico 11</b> | - Correlação P e outros parâmetros químicos (distúrbio).....   | <b>60</b> |
| <b>Gráfico 12</b> | - Correlação Mn e outros parâmetros químicos (cheia).....      | <b>61</b> |
| <b>Gráfico 13</b> | - Correlação Mn e outros parâmetros químicos (distúrbio).....  | <b>61</b> |
| <b>Gráfico 14</b> | - Correlação Fosfato e outros parâmetros químicos (cheia)...   | <b>62</b> |
| <b>Gráfico 15</b> | - Correlação Fosfato e outros parâmetros químicos (seca)....   | <b>62</b> |
| <b>Gráfico 16</b> | - Correlação Fosfato e outros parâmetros químicos (dist.).. .. | <b>62</b> |
| <b>Gráfico 17</b> | - Correlação Alumínio e outros parâmetros químicos (cheia)..   | <b>63</b> |
| <b>Gráfico 18</b> | - Correlação Alumínio e outros parâmetros químicos (seca)..    | <b>63</b> |
| <b>Gráfico 19</b> | - Correlação Alumínio e outros parâmetros químicos (dist)....  | <b>63</b> |
| <b>Gráfico 20</b> | - Correlação Cobre (Cu) e outros parâm. Químicos (cheia)..     | <b>64</b> |
| <b>Gráfico 21</b> | - Correlação Cobre (Cu) e outros parâm. Químicos (seca)..      | <b>64</b> |
| <b>Gráfico 22</b> | - Correlação Cobre (Cu) e outros parâm. Químicos (dist.)...    | <b>64</b> |
| <b>Gráfico 23</b> | - Correlação Flúor (F) e outros parâm. químicos(cheia).....    | <b>65</b> |
| <b>Gráfico 24</b> | - Correlação Flúor (F) e outros parâm. químicos(seca).....     | <b>65</b> |
| <b>Gráfico 25</b> | - Correlação Fe (Fe) e outros parâm. químicos(cheia).....      | <b>65</b> |
| <b>Gráfico 26</b> | - Correlação Fe (Fe) e outros parâm. químicos(seca).....       | <b>65</b> |
| <b>Gráfico 27</b> | - Correlação Fenol e outros parâm. químicos(cheia).....        | <b>66</b> |
| <b>Gráfico 28</b> | - Corr. NaCl e outros parâm. químicos(cheia).....              | <b>66</b> |
| <b>Gráfico 29</b> | - Corr. NaCl e outros parâm. químicos(seca).....               | <b>66</b> |
| <b>Gráfico 30</b> | - Corr. NaCl e outros parâm. químicos(dist.) .....             | <b>67</b> |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|                 |                                                                                          |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABNT            | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                                 |
| Al              | Alumínio                                                                                 |
| CE              | Condutividade Elétrica                                                                   |
| CEBRAC          | Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural                                |
| CETESB          | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo                                               |
| Cu              | Cobre (metal)                                                                            |
| EMBRAPA         | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                                              |
| EPT's           | Elementos potencialmente tóxico                                                          |
| F               | Flúor                                                                                    |
| Fe              | Ferro                                                                                    |
| ICF             | Índice da comunidade fito planctônica                                                    |
| IET             | Índice de Estado Trófico                                                                 |
| IVA             | Índices de qualidade das águas para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas |
| IPMCA           | Índice de variáveis mínimas para a preservação da vida aquática.                         |
| mg/L            | miligrama por litro                                                                      |
| Mn              | Manganês                                                                                 |
| NaCl            | Salinidade (Cloreto de sódio)                                                            |
| OD              | Oxigênio Dissolvido (em % ou mg/L)                                                       |
| P               | Fósforo                                                                                  |
| Par.            | Parâmetro                                                                                |
| PO <sub>4</sub> | Fosfato                                                                                  |
| pH              | Potencial hidrogeniônico                                                                 |
| T               | Temperatura (°C)                                                                         |
| TDS             | Total de sólidos dissolvidos                                                             |
| UC              | Unidade de Conservação                                                                   |
| UFJ             | Universidade Federal de Jataí                                                            |
| UNESP           | Universidade Estadual Paulista                                                           |
| VANT            | Veículo aéreo não tripulado                                                              |

## SUMÁRIO

|             |                                                                                |           |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>    | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                         | <b>14</b> |
| <b>2</b>    | <b>OBJETIVOS.....</b>                                                          | <b>16</b> |
| <b>2.1</b>  | <b><i>Objetivo geral.....</i></b>                                              | <b>16</b> |
| <b>2.2</b>  | <b>Objetivos específicos.....</b>                                              | <b>16</b> |
| <b>3</b>    | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                              | <b>17</b> |
| <b>3.1</b>  | <b><i>Avaliação da qualidade da água.....</i></b>                              | <b>17</b> |
| <b>3.2</b>  | <b><i>Aval. da pres. de elem. Potenc. Tóx. (EPT's) em corpos d'água...</i></b> | <b>18</b> |
| <b>3.3</b>  | <b><i>Avaliação da toxicidade dos elementos químicos.....</i></b>              | <b>19</b> |
| <b>3.4</b>  | <b><i>A importância de alguns parâmetros químicos .....</i></b>                | <b>21</b> |
| <b>3.5</b>  | <b><i>Análise crítica (parâmetro físico x qualidade da água) .....</i></b>     | <b>24</b> |
| <b>3.6</b>  | <b>Caracterização da área de estudo.....</b>                                   | <b>27</b> |
| <b>3.7</b>  | <b><i>Histórico do regime pluviométrico.....</i></b>                           | <b>27</b> |
| <b>3.8</b>  | <b><i>Geomorfologia da área de estudo “Chapadões” .....</i></b>                | <b>28</b> |
| <b>3.9</b>  | <b><i>Solos na área de estudo.....</i></b>                                     | <b>29</b> |
| <b>3.10</b> | <b>Relevo da área de estudo.....</b>                                           | <b>30</b> |
| <b>3.11</b> | <b><i>Infraestrutura e outros usos.....</i></b>                                | <b>31</b> |
| <b>3.12</b> | <b>Análise estatística de parâmetros ambientais.....</b>                       | <b>31</b> |
| <b>4</b>    | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b>                                                      | <b>32</b> |
| <b>4.1</b>  | <b><i>Localização.....</i></b>                                                 | <b>32</b> |
| <b>4.2</b>  | <b><i>Definição dos pontos de coleta.....</i></b>                              | <b>34</b> |
| <b>4.3</b>  | <b><i>Acesso aos pontos de coleta.....</i></b>                                 | <b>35</b> |
| <b>4.4</b>  | <b><i>Materiais e outros equipamentos.....</i></b>                             | <b>37</b> |
| <b>5</b>    | <b>RESULTADOS.....</b>                                                         | <b>39</b> |
| <b>5.1</b>  | <b><i>Caracterização do uso e ocupação da área de estudo.....</i></b>          | <b>39</b> |

|              |                                                                         |           |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.2</b>   | <b><i>Análise ambiental da área de estudo.....</i></b>                  | <b>41</b> |
| <b>5.2.1</b> | <b><i>Córrego do Buriti torto.....</i></b>                              | <b>41</b> |
| <b>5.2.2</b> | <b><i>Córrego do Rego d'água.....</i></b>                               | <b>42</b> |
| <b>5.2.3</b> | <b><i>Rio Formoso.....</i></b>                                          | <b>42</b> |
| <b>5.2.4</b> | <b><i>Córrego do Ranchinho.....</i></b>                                 | <b>43</b> |
| <b>5.2.5</b> | <b><i>Córrego Saudade.....</i></b>                                      | <b>43</b> |
| <b>5.2.6</b> | <b><i>Rio Sucuriú.....</i></b>                                          | <b>44</b> |
| <b>5.3</b>   | <b>Hist. de chuvas no per. de estudo e definição de datas de coleta</b> | <b>44</b> |
| <b>5.4</b>   | <b>Dados analisados em campo e laboratório.....</b>                     | <b>45</b> |
| <b>5.4.1</b> | <b><i>Parâmetros físicos.....</i></b>                                   | <b>45</b> |
| <b>5.4.2</b> | <b><i>Parâmetros químicos.....</i></b>                                  | <b>49</b> |
| <b>6</b>     | <b>PARAMETROS RELEVANTES E CORRELAÇÕES.....</b>                         | <b>55</b> |
| <b>6.1</b>   | <b><i>Correlação entre os parâmetros físicos.....</i></b>               | <b>55</b> |
| <b>6.2</b>   | <b><i>Correlação entre os parâmetros químicos.....</i></b>              | <b>60</b> |
| <b>7</b>     | <b>PRODUTO DA PESQUISA DO MESTRADO PROFISSIONAL.....</b>                | <b>68</b> |
| <b>8</b>     | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                                  | <b>68</b> |
| <b>9</b>     | <b>SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS SOBRE O TEMA</b>                      | <b>69</b> |
| <b>10</b>    | <b>APÊNDICE .....</b>                                                   | <b>70</b> |
| <b>11</b>    | <b>ANEXOS.....</b>                                                      | <b>72</b> |
| <b>12</b>    | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                 | <b>73</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Nas unidades de conservação em geral os recursos hídricos e seus mananciais necessitam ter qualidade ambiental para que possam manter seus processos ecológicos. A bacia hidrográfica a que pertence uma unidade de conservação deve apresentar características ambientais que mantenham os indicadores de qualidade e quantidade de água para que as espécies nativas que habitam o ambiente possam ter condições de vida.

A escolha da área da pesquisa se deve a proximidade entre duas bacias hidrográficas com aspectos geológicos e geomorfológicos semelhantes com usos de solo completamente distintos, uma bacia hidrográfica com boa preservação e outra com uso de solo intensivo pela atividade agrícola e outros usos de impacto ambiental relevante.

Incidentes recentes nas bacias hidrográficas que abastecem unidades de conservação têm levantado quais os impactos e efeitos sobre a biodiversidade que a perda da qualidade da água pode acarretar às unidades de conservação. De acordo com ESPINDOLA et al., (2016) “O Parque Estadual do Rio Doce (PERD), principal remanescente da Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, se viu diante de uma ameaça não prevista em seu plano de manejo.” Neste caso em particular a vida aquática foi varrida por lama, restos de vegetação e todo material carreado no incidente.

Dimensionar estes impactos requer conhecer a dinâmica e relações existentes entre os usos do solo na região de estudo e os impactos destes usos na qualidade da água na bacia hidrográfica. A falta de um estudo preliminar sobre as condições da bacia hidrográfica e dos mananciais que servem a unidade de conservação são fatores que dificultam a tomada de decisões nos incidentes graves que ocorreram.

Diversos métodos de análise ambiental podem apresentar resultados para uma avaliação de uma unidade conservação. Recursos disponíveis podem mensurar ou estimar a qualidade da água em uma área de preservação, através das coletas de água por meio dos campos e análises laboratoriais.

A incorporação de biomassa das atividades agrícolas com o plantio direto, principalmente nos solos de Cerrado, aumenta a capacidade de retenção de água e diminui a erosão laminar que ocorriam nas áreas agrícolas. Para RODRIGUES e PRUSKI (2019) “a interceptação da água pela cobertura reduz a quantidade de água

que chega ao solo, mantendo a infiltração em taxas mais elevadas. O sistema radicular das culturas atua na descompactação do solo, favorecendo a infiltração”. O que permitiu maior retenção de água no solo veio acompanhado de maior uso de agroquímicos para controle de ervas daninhas.

Segundo (LOLLO et al., 2019) “Mudanças na cobertura do solo e nas práticas de manejo da terra têm sido consideradas os principais fatores que influenciam no sistema hidrológico”. A utilização cada vez maior de insumos agrícolas: agrotóxicos, fertilizantes, calcário e outros que são liberados sem o aprofundamento no conhecimento de seu impacto ao meio ambiente podem trazer impactos diretos aos recursos hídricos, consequentemente aos mananciais que fazem parte das unidades de conservação comprometendo a capacidade de vida da flora e fauna. Conforme ALBUQUERQUE et al., (2016), “o uso generalizado de pesticidas na agricultura pode levar à contaminação da água e causar efeitos adversos em organismos”.

O novo código florestal, LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012 (GOV, 2012), permitiu a valoração do recurso hídrico como serviço ambiental, sendo este uso econômico ainda pouco difundido e necessitando uma regulamentação nas esferas federal e estadual. A nova lei de pagamentos de serviços ambientais, LEI Nº 14.119, DE 13 DE JANEIRO DE 2021 (PLANALTO GOV, 2021), poderá valorar os serviços ambientais prestados por uma propriedade ao conservar seus recursos hídricos. Determinar quais características devam ser preservadas num recurso hídrico é fundamental para valorar o recurso hídrico, quantidade ou qualidade, são valores que se equilibram numa equação ainda a ser decifrada pelos gestores dos recursos hídricos.

A infiltração de água no solo, sua conservação e disponibilização para uso econômico deve ser compreendida para possibilitar a sua aplicação em escala e para que o recurso hídrico seja valorado pelo proprietário da terra e assim conservado. Segundo LOLLO et al., (2019) “vários estudos tratando da relação entre a dinâmica de uso e cobertura na bacia hidrográfica e degradação ambiental são realizados, constituindo um dos principais recursos para subsidiar as ações do poder público”. Ao entender a dinâmica do processo hídrico e o papel como produtor de água o proprietário da terra poderá ser responsável direto pela conservação do recurso.

A avaliação da qualidade da água em diversos pontos da área protegida e a comparação em locais próximos com usos do solo que levem a possíveis comparações dos indicadores poderá indicar possíveis consequências da mudança

da qualidade da água com a mudança no uso do solo, sendo importante para avaliar a relação do uso da terra e a qualidade da água.

A quantidade de parâmetros de qualidade disponíveis para serem analisados em uma coleta justifica um estudo preliminar para que se tenha em mãos informações de quais são os melhores indicadores de qualidade de um recurso hídrico. Desta forma podemos minimizar os custos de futuras análises e ter os resultados necessários para avaliar a condição do manancial de água analisado. Conforme PASSOS et al., (2018) “os índices irão responder de forma rápida e eficaz à situação real dos corpos hídricos avaliados, classificando-os corretamente, em função de possíveis alterações das condições naturais e originais daquele ambiente”.

A análise ambiental da área de estudo utilizando de imagens que permitam quantificar o uso do solo e a utilização de fotos aéreas com drone para a comparação dos resultados obtidos nas análises de campo e de laboratório podem comprovar a relação entre o uso do solo e o comprometimento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica.

A oportunidade de comparação entre duas bacias hidrográficas com usos distintos (preservada e antropizada) contribui para melhor identificar os impactos dos usos do solo nestas bacias hidrográficas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Determinar os parâmetros de qualidade de água que melhor responderam as alterações no uso do solo nas bacias hidrográficas pesquisadas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar como se encontra a efetiva proteção às nascentes e cursos de água das microbacias dos rios Formoso e Sucuriú através de imagens de satélites, VANT (drone) e análise visual das nascentes, afluentes e pontos a serem determinados para amostragem, com a produção de relatório detalhado do estado de conservação destes pontos.

- Dimensionar as perdas da qualidade dos recursos hídricos ocasionadas pelo uso do solo nos diversos ambientes encontrados na região dos chapadões utilizando de duas áreas próximas com semelhanças geológicas e geomorfológicas, uma bacia

com boa preservação e outra com grande uso pela agropecuária e outras atividades, avaliando o enquadramento dos corpos hídricos pesquisados.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

**Ciclo da água** – A água é o elemento mais imprescindível a vida na Terra, estando disponível ao uso em diversas condições naturais, devido principalmente a variação de elementos químicos dissolvidos de forma natural no ciclo geológico. É de extrema importância o conhecimento das condições físico-químicas das águas em áreas não antropizadas, para posteriormente entender a influência das atividades antrópicas nesse compartimento ambiental.

“Os processos naturais e as atividades humanas podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com consequências específicas para a saúde humana e do ecossistema. A qualidade da água é afetada por mudanças em teores de nutrientes, sedimentos, temperatura, pH, metais pesados, toxinas não metálicas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, entre muitos outros” (SANTOS JUNIOR et al, 2013).

A capacidade da água de dissolver os elementos químicos presentes no solo durante a percolação (infiltração), as características químicas e a capacidade de reação destes diferentes elementos entre si, tornam o estudo da presença dos elementos químicos na água muito dinâmico, sendo a formação geológica da área de estudo muito importante na análise dos resultados da qualidade das águas superficiais. Segundo SZIKSZAY (1993), “a água adquire composição química variada de acordo com as condições bioclimáticas que lhe conferem diferentes graus de agressividade”.

A qualidade da água em um rio depende dos elementos que percolam, infiltram, no processo natural ou antrópico formando as características físicas e químicas do manancial. De acordo com LOLLO et al., (2019) “a bacia é, portanto, um receptor das interferências naturais e antrópicas em sua área”. O processo de lixiviação natural se induz na “riqueza ou pobreza” de espécies em uma área. Ao mesmo tempo induz a biodiversidade ao criar condições para sobrevivência de determinadas espécies em cada ambiente aquático.

### **3.2 Avaliação da presença de elementos potencialmente tóxicos (EPT's) em corpos d'água**

Para SODRE (2005) “A distribuição, o transporte e a biodisponibilidade de elementos potencialmente tóxicos (EPT's) em ambientes aquáticos são primariamente controlados pelo sedimento e pela coluna de água, respectivamente.”

A percolação (infiltração) de EPT's ocorre após serem dissolvidos pela água, sendo transportados através do ciclo da água no solo e lençol freático ou carreados diretos para os rios quando ocorre erosão laminar.

Segundo Melo (2010) “A presença de EPT's nos ambientes aquáticos tem influência direta nas funções biológicas dos organismos aquáticos que compõem a biota. Dependendo da concentração, os EPT's podem atuar positivamente, sendo considerados essenciais para o desenvolvimento dos organismos, ou negativamente, sendo considerados tóxicos. Os EPT's ocorrem nos ambientes aquáticos como o resultado de processos naturais e das atividades antrópicas”.

O limite da presença de cada EPT's na água para caracterizar toxidade a uma espécie ou favorecer o seu desenvolvimento torna o estudo do ciclo dos EPT's na água e sedimentos de um rio um fator importante o conhecimento e avaliação da qualidade da água em um rio.

Para Neto (2018), “um organismo aquático pode apresentar dois tipos básicos de comportamento em relação aos EPT's: ser sensível à ação tóxica do EPT's ou não ser sensível, porém o efeito de bioacumular potencializar a ação nociva ao longo da cadeia alimentar, colocando em risco organismos situados no topo dessa cadeia (BRAGA, 2005).”

Ainda por Neto (2018) “A agricultura é um dos principais componentes da economia brasileira. Porém, mesmo que de forma indireta, os lançamentos provenientes da agricultura, como defensivos agrícolas, fertilizantes e outros, é um dos principais elementos causadores da degradação da qualidade da água (MERTEN & MINELLA, 2002). Sendo assim, entende-se como insumo agrícola o produto que os variados tipos de culturas, criações e produções necessitam para se desenvolver e alcançar bons índices de aproveitamento para o agricultor, sendo também utilizados para aumentar os nutrientes e corrigir o pH do solo e para proteger as culturas de pragas e doenças.”

Ao utilizar os produtos agrícolas o agricultor lança no ambiente e consequentemente atinge o lençol freático e mananciais de água os EPT's utilizados na sua atividade econômica. Devido ao potencial de alguns EPT's de acumular nos

sedimentos e na cadeia alimentar os efeitos podem ser maiores com o passar dos anos das atividades agrícolas.

Para FALEIRO et al., (2015) “Os teores de metais pesados encontrados na bacia estudada demanda atenção tendo em vista que boa parte deles superam os limites de prevenção estabelecidos pela resolução do CONAMA. Foram encontrados valores acima do recomendado pela legislação nos elementos: Alumínio (Al), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Chumbo (Pb)”, sendo a bacia estudada a bacia do Rio Corrente.

### **3.3 Avaliação da toxicidade dos elementos químicos**

Este item busca sintetizar na bibliografia disponível a relação de toxicidade entre os elementos químicos (predominante metais) liberados na água pelas atividades humanas e relação com as consequências para as espécies afetadas descritas na literatura.

Para compreender a dinâmica da relação dos elementos químicos com o ambiente aquático e preciso avaliar os “graus de mobilidade, atividade e biodisponibilidade desses metais no solo e a dependência de fatores, como pH, temperatura, potencial redox, CTC, competição com outros metais, ligação com ânions, composição e força iônica da solução do solo” (OLIVEIRA; COSTA, 2004). A relação de cada elemento com o meio ambiente aquático pode variar tornando o elemento benéfico ou maléfico a uma determinada espécie que habita o ambiente aquático.

Para avaliar a presença dos químicos na água atualmente o índice de qualidade para a vida aquática com maior utilização é o:

“IVA (ZAGATTO et al., 1999) tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário”. “A CETESB utiliza desde 2002 o índice IVA” (CETESB). Para avaliar o índice é necessário analisar diversos parâmetros físicos, químicos e orgânicos.

Este índice é a referência atual para caracterizar a qualidade de um corpo hídrico para a preservação da vida aquática.

Na análise da Tabela 01 utilizada no IVA os valores são ponderados para três níveis: A, B e C, sendo que não são considerados fatores naturais como relevo

(cachoeiras e correntezas) e geologia da área de coleta (determinante no valor do pH). As substâncias tóxicas mensuradas no IVA foram: cádmio, cromo, cobre, chumbo total, mercúrio, níquel, surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno) e zinco, todas em unidades mg/L.

**Tabela 01 – Variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações.**

| Grupos                    | Variáveis               | Níveis | Faixa de variação                                   | Ponderação |
|---------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------------------------------|------------|
| Variáveis Essenciais (VE) | OD (mg/L)               | A      | $\geq 5,0$                                          | 1          |
|                           |                         | B      | $3,0 \leq OD < 5,0$                                 | 2          |
|                           |                         | C      | $OD < 3,0$                                          | 3          |
|                           | pH (Sörensen)           | A      | $6,0 \leq pH < 9,0$                                 | 1          |
|                           |                         | B      | $5,0 \leq pH < 6,0$ e $pH \geq 9,0$ e $pH \leq 9,5$ | 2          |
|                           |                         | C      | $pH < 5,0$ e $pH \geq 9,5$                          | 3          |
| Substâncias Tóxicas (ST)  | Cádmio (mg/L)           | A      | Não Tóxico                                          | 1          |
|                           |                         | B      | Efeito Crônico                                      | 2          |
|                           |                         | C      | Efeito Agudo                                        | 3          |
|                           | Cromo (mg/L)            | A      | $\leq 0,001$                                        | 1          |
|                           |                         | B      | $0,001 < C \leq 0,005$                              | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 0,005$                                         | 3          |
|                           | Cobre dissolvido (mg/L) | A      | $\leq 0,05$                                         | 1          |
|                           |                         | B      | $0,05 < C \leq 1,00$                                | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 1,00$                                          | 3          |
|                           | Chumbo Total (mg/L)     | A      | $\leq 0,009$                                        | 1          |
|                           |                         | B      | $0,009 < C \leq 0,05$                               | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 0,05$                                          | 3          |
|                           | Chumbo Total (mg/L)     | A      | $\leq 0,01$                                         | 1          |
|                           |                         | B      | $0,01 < C \leq 0,08$                                | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 0,08$                                          | 3          |
|                           | Mercúrio (mg/L)         | A      | $\leq 0,0002$                                       | 1          |
|                           |                         | B      | $0,0002 < C \leq 0,001$                             | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 0,001$                                         | 3          |
|                           | Níquel (mg/L)           | A      | $\leq 0,025$                                        | 1          |
|                           |                         | B      | $0,025 < C \leq 0,160$                              | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 0,160$                                         | 3          |
|                           | Surfactantes* (mg/L)    | A      | $\leq 0,5$                                          | 1          |
|                           |                         | B      | $0,5 < C \leq 1,0$                                  | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 1,0$                                           | 3          |
|                           | Zinco (mg/L)            | A      | $\leq 0,18$                                         | 1          |
|                           |                         | B      | $0,18 < C \leq 1,00$                                | 2          |
|                           |                         | C      | $C > 1,00$                                          | 3          |

CETESB – Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo | Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas, pag. 13

A CETESB também utiliza os índices ICF (Índice da comunidade fito planctônica), que busca avaliar o fitoplâncton, a densidade dos organismos e o Índice de Estado Trófico (IET). Na análise são mensurados a presença dos indicadores nocivos, que são organismos associados a deterioração da qualidade da água, bem como a presença dos organismos considerados indicadores de boa qualidade de água. Este índice reflete principalmente a deterioração pelo lançamento de esgoto (efluentes residenciais e industriais). Devido a área do presente estudo não considerar estes tipos de poluidores não será aprofundado as análises e comparações com os índices ICF.

### 3.4 A importância de alguns parâmetros químicos

#### **Ferro**

Segundo ARAÚJO et al., (2016) “A presença de ferro, dependendo das concentrações, pode propiciar uma coloração amarelada e turva à água, acarretando ainda um sabor amargo e adstringente”. Os processos erosivos do solo são responsáveis pela maior parte da incorporação do ferro aos meios hídricos.

Para LIMA et al., (2011) “O ferro (Fe) é um dos elementos químicos mais abundantes do planeta e em determinadas concentrações é um elemento essencial para a grande maioria dos seres vivos”.

A maior presença do elemento ferro (Fe) em nosso ambiente se deve:

“Aos Latossolos que são considerados os solos com maior predominância no país ocupando mais da metade do território nacional, cujo caráter químico varia de eutrófico a alumínico, este tipo de solo pode ter ainda variedade nos teores de óxidos de ferro, apresentando denominações: hipoférrico, mesoférrico, férrico e perférrico de acordo com o aumento na quantidade deste metal. Os parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo mudam de acordo com as práticas de manejo adotadas (JÚNIOR, 2016).

Devido a erosão ou processo de lixiviação do solo são incorporados ao meio aquático o elemento ferro (Fe) e sua concentração depende diretamente dos usos do solo na região estudada.

De acordo com FALEIRO et al., (2015) a ocorrência de valor acima dos permitidos para Fe na bacia “apresentam valores que representam a constituição geológica das rochas encontradas na área de estudo. A bacia do rio Corrente possui solos tipo Latossolos Vermelho, rico nestes constituintes.”

#### **Manganês**

“A exposição excessiva a esse elemento é tóxica a diversos níveis, sendo o sistema nervoso central o mais vulnerável, pois mesmo em pequenas quantidades, os efeitos observados são os mais alarmantes.” (LIMA et al., 2013).

De acordo com Hernandes et al. (2020) “Os níveis naturais de Mn variam de 1 a 200 µg/L em água doce e 410-6700 mg/kg (peso seco) em sedimentos. Em

ambientes aquáticos,  $Mn^{2+}$  é a espécie mais dominante e estável solúvel em água quando o pH e o potencial redox são mantidos baixos”

Ainda por Hernandez et al., (2021) “A toxicidade induzida por metal é um processo multifatorial que envolve eventos toxicocinéticos e toxico dinâmicos, incluindo tipo de célula, estágio de desenvolvimento celular, metabolismo de proteínas, especiação química, fracionamento químico e homeostase do metal.

A maior parte das referências de toxidade do manganês são para o organismo humano, lacunas dos efeitos tóxicos a fauna aquática ainda é incipiente.

### **Nitrogênio – (amônia ( $NH_3$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ))**

Segundo Pinheiro e Ribeiro (2019) “O nitrogênio é um elemento importante nos ambientes aquáticos, pois participa da composição das proteínas, da clorofila, dos ácidos nucleicos, enzima, hormônios e outros compostos biológicos”.

Ainda por Pinheiro e Ribeiro (2019) “A maior quantidade de nitrogênio dissolvido na água está na sua forma orgânica devido à importância do processo biológico para que o nitrogênio se origine nos rios”.

Para Vieira (2017) “O ciclo biogeoquímico do nitrogênio apresenta um conjunto diverso de transformações que envolve a ocorrência deste elemento no solo, no ar e na água e que são na maioria das vezes, realizadas pelos micro-organismos.”

Ainda por Vieira (2017) “Nas águas superficiais o excesso de Nitrogênio exerce papel relevante na atividade biológica, uma vez que pode causar o fenômeno da eutrofização.”

Devido a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 não prever níveis para classes especiais em geral e determinando que as condições naturais devem ser mantidas o conhecimento prévio dos níveis de um afluente (recurso hídrico) deve ser buscado.

### **Cobre**

Segundo CAMPOS (2012) O “O cobre é um metal pesado abundante na natureza, podendo ser encontrado em rochas, solo, água e ar, e a forma elementar não se degrada no ambiente”

“O cobre ocorre naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas em baixas concentrações’. Essa presença natural no ambiente pode ser alterada pelas ações humanas [...] uso de compostos de cobre

como algicidas aquáticos, escoamento artificial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticidas no tratamento dos solos.” (CAMPOS, 2012)

Os estudos nos rios Iraí e Iguaçu no estado do Paraná por Sodré (2005) “a análise de componentes principais evidenciou que no período de maior pluviosidade, fontes de poluição difusa exerceram um papel fundamental para o aporte de cobre”.

Segundo Lima et al., (2011) “O cobre (Cu) é um metal amplamente utilizado em materiais de construção, em telhas de cobre e madeira tratada, na confecção de autopeças, como por exemplo, pastilhas de freio, e na formulação de praguicidas. Dessa forma, apesar de ser também um elemento essencial para os organismos vivos, o cobre é um potencial contaminante do ambiente aquático em áreas agrícolas e urbanas.”

Para os peixes, as doses elevadas de cobre são nocivas, levando à morte por asfixia, devido à coagulação do muco das brânquias, [...]. Para os microrganismos concentrações superiores a 1,0 mg/L são prejudiciais (CAMPOS, 2012)

## **Fósforo**

É um elemento muito importante à vida, “na maioria das águas continentais o fósforo (P) é o principal fator limitante de sua produtividade”, (QUEVEDO et al., 2011), sendo empregado atualmente em diversas atividades econômicas, principalmente na agricultura.

Naturalmente, o fósforo é inserido em pequenas quantidades nos corpos hídricos por meio da decomposição de vegetais e plantas (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

O emprego em diversas atividades econômicas e sua presença em efluentes residuais é “apontados como o principal responsável pela eutrofização. Esta importância deve-se à sua participação em processos fundamentais no metabolismo dos seres vivos, tais como: o armazenamento de energia e a formação da membrana celular”, (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

A origem natural do fósforo se deve a “sua liberação natural que ocorre principalmente por meio das erosões do solo, num processo lento em que parte do fosfato é transportada para a hidrosfera, meio onde pode sedimentar-se ou ser utilizado pelos seres vivos”, (QUEVEDO; PAGANINI, 2011). A incorporação natural

do fósforo aos ciclos de fauna e flora, principalmente no meio aquático deve ser compreendida para analisar os efeitos positivos e negativos à vida natural.

De acordo com a resolução CONAMA 357 (2005), a concentração de fósforo permitida para a classe especial deve ser a naturalmente obtida no ambiente sem alterações provocadas pelo uso humano.

### **SALINIDADE (NaCl)**

“A salinidade das águas está relacionada tanto a fatores naturais como antrópicos, que de forma isolada ou interagindo, são decisivos na qualidade da água para diferentes usos.” (BRITO et al., 2003).

Um dos fatores importantes a serem observados na área de estudo e a capacidade de retenção de sais pelo solo.

“É evidenciado que em um solo de textura argilosa obtiveram-se maiores retenções de sal redundando em queda das variáveis vegetativas. Por outro lado, o solo de textura arenosa possivelmente proporciona maiores lixiviações de sais sendo esses às vezes nutrientes, levando também a valores baixos das variáveis vegetativas.” (SANTANA et al., 2007).

### **3.5 Análise crítica (parâmetro físico x qualidade da água)**

Na literatura observa-se que os parâmetros mais estudados e utilizados em análises de coletas de água são: pH (potencial hidrogeniônico), OD (oxigênio dissolvido), TDS (total de sólidos dissolvidos), CE (condutividade elétrica), T (temperatura), Res (resistência a passagem de corrente elétrica na água) e Turbidez.

Para Cuelbas (2007) “As impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser de suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.”

A efetividade da análise dos parâmetros físicos a serem analisados têm dois pesos a serem considerados, criticidade para a vida do parâmetro e valores encontrados.

A importância de cada parâmetro na abordagem deste estudo é para indicar quais são alterados pelo uso do solo e pelas condições naturais e geológicas das bacias hidrográficas estudadas.

### **TDS (Total de sólidos dissolvidos)**

Segundo (Pinheiro; Ribeiro (2019) “O aporte de sólidos nos ambientes aquáticos pode ocorrer de forma natural, por meio dos processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, ou de forma antropogênica”.

“Os sólidos presentes nos recursos hídricos também podem causar prejuízos à biota aquática, pois dependendo da sua concentração, quando sedimentam no leito dos rios comprometem a desova dos peixes.”. Além disso bactérias e resíduos orgânicos podem ficar retidos nos sólidos no fundo dos rios promovendo a decomposição anaeróbica.” (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

### **TEMPERATURA DA ÁGUA**

“A temperatura exerce uma função essencial no meio aquático, condicionando os efeitos de uma série de variáveis físico-químicas.” (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

Ainda por Pinheiro e Ribeiro (2019) “A temperatura da água dos corpos hídricos pode ser de origem natural por meio da transferência de calor por intermédio da radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) ou de origem antropogênica”.

Para preservar menor interferência da variação da temperatura nos resultados das análises o período entre as coletas deve ser avaliado nos resultados da coleta de dados.

### **TURBIDEZ**

De acordo com a SABESP “A presença de turbidez em amostras de água é atribuída à presença de partículas em suspensão, que diminuem a transmissão de luz no meio.”

A resolução CONAMA 357 (2005) “estabelece limite de até 40 unidade nefelométricas de turbidez (UNT) para águas de classes 1.”

“A turbidez é muito útil em análises ambientais em bacias hidrográficas, uma vez que é possível associar o uso e cobertura do solo a este parâmetro, a fim de se detectar danos nos cursos d’água relacionados a atividades humanas”. (RAPOSO et al., 2009)

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Diretamente relacionada a outros parâmetros a condutividade elétrica tem a correlação positiva já descrita na literatura com a salinidade, podendo estar associada a outros parâmetros de modo positivo ou negativo em uma variação ao ser avaliada.

“...a condutividade elétrica, representada por  $\sigma$ , é a medida da facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica, sendo medida em S/m (Siemens por metro), é o inverso da resistividade elétrica, medida em  $\Omega$  m (ohms metro). A medição da condutividade de um líquido é uma maneira indireta e simples de inferir a presença de íons provenientes de substâncias polares, geralmente sais inorgânicos, dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos, fosfatos. A presença dessas substâncias aumenta a condutividade da água, pois eles são eletrólitos, ou seja, se dissolvem em íons na água e contribuem para a condução de eletricidade. Por outro lado, a presença de substâncias apolares, que não se ionizam, como álcool, óleo e açúcar acarreta a diminuição da condutividade elétrica. (SEHN, 2016)

## OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio está dissolvido na água estando sua concentração prevista na resolução CONAMA 357 (2005) para o meio aquático da classe 1 em concentração acima de 6 mg/L de água.

“Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ( $O_2$ ) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês” (ESTEVES, 1998)

Ainda por ESTEVES (1998) “A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução e solubilidade do oxigênio na água”

O relevo de uma bacia, principalmente em trechos com desnível acentuado com formação de cachoeiras e corredeiras altera a oxigenação diretamente no corpo hídrico com consequências para plantas aquáticas ou nos processos ecológicos que ocorrem na bacia do manancial. Devido aos processos naturais a presença do oxigênio dissolvido em um ambiente natural condiciona a existência de diversas espécies.

A unidade que pode ser observada nas sondas será em % OD ou mg/L. Para análise do parâmetro será utilizado o valor em mg/L.

### **3.6 Caracterização da área de estudo**

Inicialmente as áreas da região eram ocupadas pela pecuária extensiva conforme relata CEBRAC (2004) “No final do século XIX apareceram os primeiros sinais da pecuária bovina na região de Alcinópolis, sendo, desde então, a atividade econômica mais forte do município.

Ainda de acordo com CEBRAC (2004) “Atualmente, a região do PNE é ocupada principalmente pela agricultura e pecuária, com predomínio da primeira, com plantio de extensas áreas de monocultura temporária, principalmente soja e algodão”. com pouca ou nenhuma mecanização. Com o desenvolvimento de práticas agrícolas para áreas de Cerrado ocorreu a ocupação das mesmas na década de 1970 com a transformação em áreas de lavoura.”

As novas práticas agrícolas de acordo com ALVES et al., (2003) “utilizadas nas regiões de Chapadões incorporaram matéria orgânica ao solo, utilizando a mesma para a manutenção da fertilidade e capacidade de retenção hídrica”. “De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as vantagens da adoção desta técnica revolucionária são a redução no uso de insumos químicos e o controle dos processos erosivos, uma vez que a infiltração da água se torna mais lenta pela permanente cobertura do solo.” (PLANTIO DIRETO, 2015)

“A partir de 2008 ocorreu a conversão de áreas de pecuária para cana de açúcar que se instalou em áreas de baixa fertilidade, declividade ou com problemas de encharcamento durante o período das chuvas.” (ICMBIO, 2015)

“A prática agrícola de construir drenos se intensificou nos últimos anos. A forma de construção de drenos abertos se mostrou inadequada aos usos agrícolas devido a fragilidade ambiental deste tipo de uso do espaço.” (ICMBIO, 2018).

### **3.7 Histórico do regime pluviométrico**

Conforme dados do CEBRAC (2004) “A caracterização da pluviosidade da região se deve quase que exclusivamente aos sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste. A precipitação média anual está em torno de 1.600mm, com sazonalidade tipicamente tropical, apresentando volumes máximos no verão e mínimos no inverno.” Estes dados podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 02** - Balanço hídrico climatológico para área do Parque Nacional das Emas.

| Tempo<br>Meses | Precipitação<br>mm | ETP<br>mm | P-ETP<br>mm | ARM<br>mm | ETR<br>mm | DEF<br>mm | EXC<br>mm | Disponibilidade<br>Hídrica |
|----------------|--------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| Jan            | 307.5              | 123.0     | 184.5       | 100.0     | 123.0     | 0.0       | 184.5     | 1.00                       |
| Fev            | 453.2              | 108.8     | 344.4       | 100.0     | 108.8     | 0.0       | 344.4     | 1.00                       |
| Mar            | 237.4              | 119.9     | 117.5       | 100.0     | 119.9     | 0.0       | 117.5     | 1.00                       |
| Abr            | 101.9              | 109.6     | -7.7        | 92.6      | 109.3     | 0.3       | 0.0       | 1.00                       |
| Mai            | 68.9               | 91.7      | -22.8       | 73.7      | 87.8      | 3.9       | 0.0       | 0.96                       |
| Jun            | 40.1               | 72.9      | -32.8       | 53.1      | 60.7      | 12.2      | 0.0       | 0.83                       |
| Jul            | 10.1               | 86.2      | -76.1       | 24.8      | 38.4      | 47.8      | 0.0       | 0.45                       |
| Ago            | 37.6               | 96.8      | -59.2       | 13.7      | 48.7      | 48.1      | 0.0       | 0.50                       |
| Set            | 91.2               | 110.1     | -18.9       | 11.4      | 93.5      | 16.6      | 0.0       | 0.85                       |
| Out            | 93.1               | 136.5     | -43.4       | 7.4       | 97.1      | 39.4      | 0.0       | 0.71                       |
| Nov            | 112.9              | 128.5     | -15.6       | 6.3       | 114.0     | 14.5      | 0.0       | 0.89                       |
| Dez            | 233.9              | 125.9     | 108.0       | 100.0     | 125.9     | 0.0       | 14.3      | 1.00                       |
| Média          | 149.0              | 109.2     | 39.8        | -         | 93.9      | 15.2      | 55.1      | 0.85                       |
| Total/Ano      | 1787.8             | 1309.9    | 477.9       | -         | 1127.1    | 182.8     | 660.7     | -                          |

**Fonte:** Plano de manejo do Parque Nacional das Emas – IBAMA (2004).

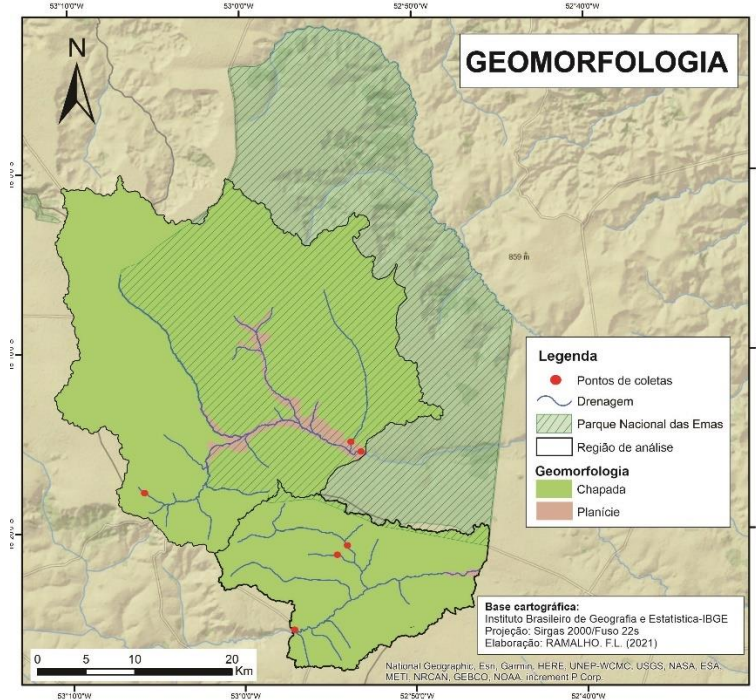
O excedente hídrico disponível no solo e consequente percolação de substâncias dissolvidas tende a ocorrer no período de dezembro a abril, podendo afetar os resultados de análises da qualidade da água de forma direta neste período. A capacidade de atingir os lençóis freático e os recursos hídricos pelo ciclo natural deve ser avaliada através dos níveis de presença das substâncias pesquisadas no período considerado de déficit hídrico na área de estudo.

### 3.8 Geomorfologia da área de estudo “Chapadões”

A área de estudos está localizada dentro do “Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná (Radam Brasil, 1983), compreendendo formas tabulares residuais nas porções elevadas, parcialmente erodidas e dissecadas ao longo dos maiores vales “(CEBRAC, 2004).

“As porções elevadas configuram extensos chapadões, recobertos por latossolos e areias quartzosas, originalmente ocupados por um mosaico de fisionomias vegetais características do bioma Cerrado. Pequenas formas de acumulação fluvial completam a paisagem, dominadas por terrenos planos relativamente elevados. A superfície aplanada foi elaborada sobre sedimentos cretáceos e terciários, onde se desenvolvem latossolos ocupados por fisionomias ralas. Essa superfície comporta algumas áreas de acumulação inundáveis, marcantes na rede de drenagem. Nestas planícies inundáveis ocorrem solos hidromórficos ocupados por veredas” (CEBRAC, 2004).

Fig. 01 - Mapa de Geomorfologia – Área de estudo



O mapa de Geomorfologia ilustra a predominância da feição “Chapada” para a área de estudo.

Segundo (CEBRAC) “a drenagem é baixa, refletindo o substrato arenoso permeável. Em geral, os rios têm leitos muito encaixados, condicionados a fraturas do substrato, podendo atingir os basaltos impermeáveis subjacentes”.

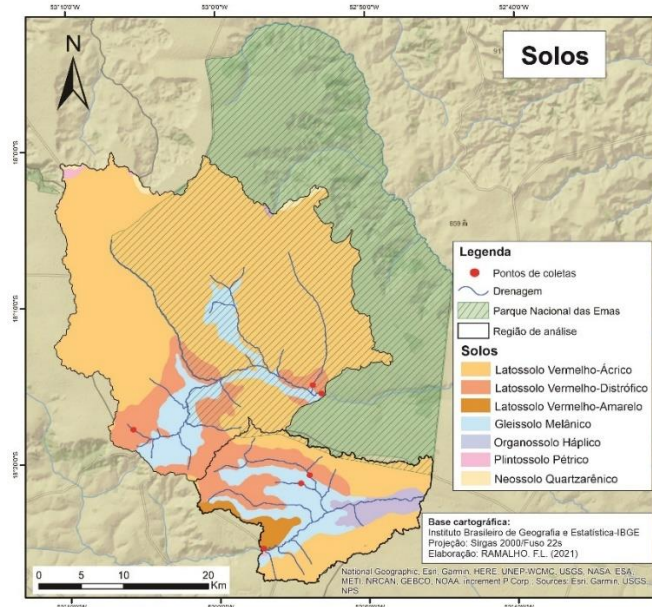
Ainda por (CEBRAC), “a região é caracterizada pela unidade chapada e definida pela extensa área plana, localizada no topo da chapada. Compreendendo as serras das Araras, Caiapó, das Furnas e Morro Vermelho. O relevo é extremamente suave, com variações altitudinais da ordem de 100 metros, em toda a sua extensão.

### 3.9 Solos na região da área do estudo

“Na região do Parque Nacional das Emas distinguem-se os seguintes tipos de solos, reproduzido de Radam brasil (1983): Sobre arenitos Botucatu prevalecem solos bastante arenosos (areias quartzosas), com ocorrência subordinada de latossolos vermelho-escuros, latossolos vermelho-amarelos e solos podzólicos vermelho-amarelos, todos com textura média. Sobre basaltos Serra Geral desenvolvem-se latossolos roxos, terras roxas estruturadas, terras roxas estruturadas latossólicas e, nas bordas dos planaltos ou proximidades de afloramentos de rocha, solos litólicos e cambissolos, sempre caracterizados por altos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , herdados da rocha-mãe. Sobre arenitos Bauru predominam latossolos vermelho-escuros, com ocorrência subordinada de areias quartzosas e de latossolos vermelho amarelos, assim como de solos podzólicos vermelho-amarelos nas áreas de influência calcífera. Nas coberturas detrito-

lateríticas das chapadas ocorrem latossolos vermelho escuros e latossolos vermelho-amarelos, ambos com textura argilosa.” CEBRAC (2004)

Fig. 02 – Mapa dos solos da área de estudo

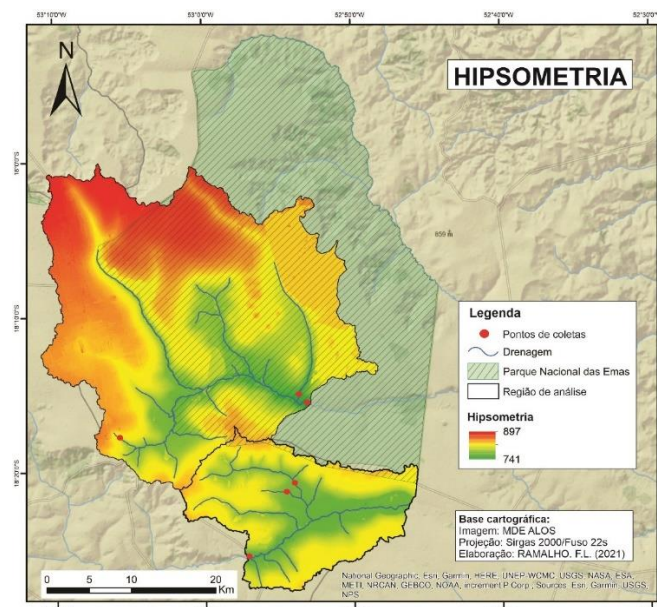


Observou-se a predominância de Latossolos Vermelho (variando entre ácrico, distrófico e amarelo) e Gleissolo Melânico na área de influência da pesquisa.

### 3.10 – Relevo da área de estudo

Segundo CEBRAC “O relevo é extremamente suave, com variações altitudinais da ordem de 100 metros, em toda a sua extensão.”

Figura 03 – Hipsometria da área de estudos



Observa-se que a área de estudo permaneceu dentro de região plana, com pouca alteração altitudinal. Preserva-se assim uma correlação entre as bacias para uma pequena variação altimétrica.

### **3.11 Infraestrutura e outros usos**

Na área de estudo existem infraestruturas de logística construídas para atender a demanda regional e nacional, se destacam a Ferronorte / Rumo logística, ferrovia que atravessa boa parte da área da bacia do rio Sucuriú e margeia a área da bacia do rio Formoso. “As rodovias estaduais asfaltadas GO 341 e MS 306 margeiam a área da bacia do rio Formoso. Estradas vicinais de propriedades rurais e estradas internas na área de preservação também constituem pontos de acesso a diversos pontos dos córregos e rios da área de estudo” (ICMBIO, 2015).

Para CEBRAC (2004) “A implantação de grandes projetos de infraestrutura na região, como a ampliação da ferrovia Ferronorte, [...] a maioria destes projetos refere-se a obras de infraestrutura, principalmente na área de transporte e energia, vetores básicos para a instalação de outras atividades econômicas, é de se esperar que a região venha a sofrer um incremento populacional nos anos vindouros.”

A presença de maquinários e veículos de grande porte nas propriedades rurais, principalmente os utilizados na colheita de cana de açúcar trouxe o aumento da emissão de poeira e resíduos nas estradas rurais, bem como a degradação das estradas no período mais seco do ano. “Com a degradação das estradas ocorre a erosão e lançamento de materiais particulados nos córregos da área de estudo podendo comprometer a qualidade da água e os resultados das análises em pontos específicos” (ICMBIO, 2015).

### **3.12 Análise estatística de parâmetros ambientais**

As variáveis estatísticas podem ser mensuradas em variáveis qualitativas ou quantitativas, para (RODRIGUES; MATOS, 2019) “Muitos métodos estatísticos se baseiam na utilização da correlação entre os dados para estimar seus resultados. A correlação mais conhecida é a de Pearson. Esse tipo de correlação requer que as variáveis tenham um nível de medida quantitativo.”

Para RAMALHO et al., (2019) “A análise estatística ajudou na compreensão e identificação das correlações entre os parâmetros físico-químicos, ratificando os

resultados encontrados e sua relação com o processo de uso da terra da bacia”. A avaliação dos resultados das análises de campo entre uma bacia preservada e uma com uso intensivo poderá indicar os melhores parâmetros a serem utilizados como indicadores de qualidade de água.

Para avaliar a correlação entre duas variáveis, sejam parâmetros físicos, químicos ou qualquer outro que possam ser coletados por equipamentos ou aferidos em análises, a estatística nos proporciona o método da correlação de Pearson. De acordo com MATOS et al., (2017) “No desenvolvimento de trabalhos científicos, é bastante comum investigar a existência de relação entre as variáveis envolvidas para saber com precisão o quanto as alterações nos resultados de uma variável podem estar associadas à transformação nos resultados de outras variáveis.”

Ainda por (MATOS et al., 2017) “Os métodos pertinentes à análise de correlação representam uma ferramenta essencial nas mais diversas áreas do conhecimento”, aplicar esta ferramenta em uma análise permite aferir através da estatística as interações existentes entre os diversos parâmetros analisados na pesquisa. O lançamento dos dados pode ser através de planilha de dados em programas acessíveis e disponíveis de bancos de dados.

Quando a correlação é linear, a mensuração pode ser feita pelo coeficiente de correlação linear de Pearson, representado por  $r$ ,  $x$  e  $y$ , quando for determinado a partir de uma amostra. Esse coeficiente será uma estimativa do coeficiente de correlação populacional:  $\rho$ . Esse coeficiente pode variar entre  $-1$  e  $+1$ . A correlação será tanto mais forte quanto mais próximo o coeficiente estiver desses valores e será tanto mais fraca quanto mais próximo estiver de zero. (MATOS, et al., 2017)

A correlação entre diversos parâmetros utilizados na pesquisa aponta os parâmetros que podem ser considerados repetitivos ou com resultado similar, podendo ser descartado para futuras análises aqueles que não apresentam consistência nos resultados.

Uma análise ambiental de uma bacia hidrográfica deve apresentar com detalhes a porcentagem de uso do solo na bacia, podendo os resultados serem correlacionados com os parâmetros aferidos em campo e laboratório.

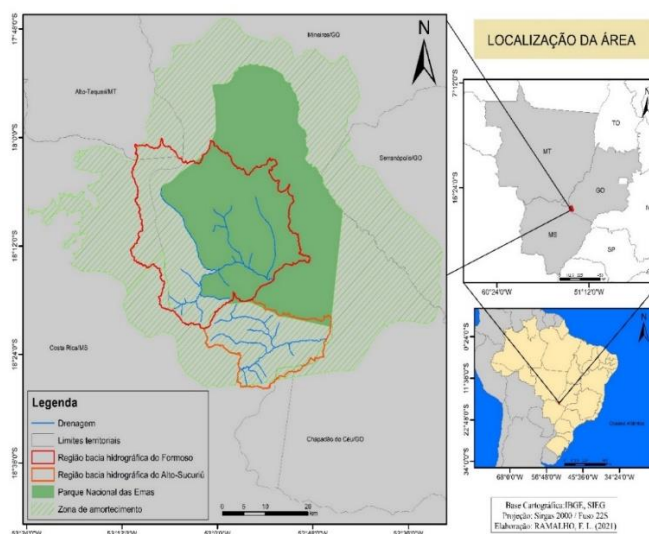
## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização**

A área escolhida para a pesquisa foram as bacias hidrográficas dos rios Formoso e Sucuriú, localizada na região dos Chapadões entre os Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul sendo também conhecida como serra dos Caiapós. A região marca o divisor das nascentes dos rios Araguaia (bacia do Tocantins – Araguaia), Taquari (Bacia do Alto Paraguai), Formoso e Sucuriú (bacia do Paraná). A região tem altitude em torno de 800 metros acima do nível do mar, ocorrendo a Formação de Furnas nos declives e limites das principais bacias hidrográficas.

A escolha da área para a pesquisa se deve a comparação entre duas microbacias hidrográficas muito próximas, com semelhanças geomorfológicas suficientes para não comprometer as análises das coletas de água realizadas. Como pode ser observado na Figura 01.

**Figura 04 – Região de análise da pesquisa**



A área com maior preservação envolve a microbacia do córrego do Buriti Torto, sendo esta área considerada a mais protegida do presente estudo por estar totalmente inserida dentro da unidade de conservação e não sofrer pressões diretas de usos do solo. Este córrego pertence a bacia do rio Formoso.

Também na bacia do rio Formoso temos o córrego Rego d'água afluente que têm em sua área o predomínio do uso do solo agrícola, estando próximo de uma rodovia asfaltada e de uma ferrovia. Esta microbacia tem passado por processos de alteração de culturas agrícolas e por intensa mecanização de suas áreas de cultivo.

Na bacia hidrográfica do rio Sucuriú temos os afluentes córrego do Ranchinho e córrego da Saudade, que têm suas áreas com intensa prática agrícola e pecuária,

com uso de máquinas e equipamentos de forma intensiva. Nos últimos anos se intensificou o uso de drenagem nestas áreas o que já foi descrito no texto deste estudo.

#### 4.2 Definição dos pontos de coleta

Na definição dos pontos de coleta foram observados diversos fatores:

- Representatividade do ponto de coleta em relação ao uso do solo na bacia hidrográfica, permitindo uma amostragem real da qualidade da água.
- Facilidade de acesso por estradas ou caminhos para permitir as coletas durante todo o período estipulado para coleta ano.
- Manutenção das características físicas e químicas das amostras durante a coleta e envasamento, não permitindo o comprometimento dos resultados.

Através de programa Google Earth Pro foram selecionados os locais mais propícios para as coletas, logo após esse levantamento foram feitas visitas aos locais para o levantamento físico das condições dos locais quanto aos critérios apontados acima. Definidos os locais e georrefenciados foram relacionados os equipamentos e veículos necessários para o acesso aos pontos de coleta. As altitudes máximas e fatores como declividade, tipo do solo e vegetação das microbacias hidrográficas foram observados na definição dos pontos.

**Tabela 03 – Localização pontos de coleta**

| Ponto | Córrego / Rio        | Coordenadas                      | <b>Altitude</b> |
|-------|----------------------|----------------------------------|-----------------|
| 01    | Córrego Buriti torto | 18°14'52.80"S e<br>52°53'38.44"W | 785 m           |
| 02    | Rio Formoso          | 18°15'41.00"S e<br>52°53'18.62"W | 780m            |
| 03    | Córrego Rego d'água  | 18°18'29.18"S e<br>53° 4'9.11"W  | 828 m           |
| 04    | Córrego do Ranchinho | 18°20'36.05"S e<br>52°54'16.91"W | 805 m           |
| 05    | Córrego da Saudade   | 18°22'43.32"S e<br>52°55'8.49"W  | 819 m           |
| 06    | Rio Sucuriú          | 18°25'31.57"S e<br>52°56'40.59"W | 795 m           |

*Tabela criada a partir de dados google eart Pro (autor)*

Para se determinar os pontos de coleta (tabela 03 – acima) na área mais preservada utilizou-se de imagem Google Earth e de equipamento de drone para se localizar o ponto de coleta na área do córrego do buriti torto. A dificuldade de localizar o melhor ponto se deve a extensa área úmida e a inexistência de acesso ao córrego, o que contribui para sua proteção em geral.

Foi efetuado voo com VANT (drone), utilizado aplicativos para produção de ortofoto, criando um ortomosaico de áreas de interesse para a pesquisa.

#### **4.3 Acesso aos pontos de coleta**

O acesso aos pontos de coleta foram a maioria em estradas e acessos já existentes. O único ponto que necessitou de adaptação foi o ponto do córrego buriti torto, que foi considerado o ponto mais preservado desta pesquisa. O acesso foi feito pelo brejo sendo os equipamentos transportados por canoa leve, conforme foto ilustrada abaixo:

**Figura 05 – Coleta de água buriti torto**



Próprio autor (2020). Foto de drone, córrego Buriti Torto

Nos outros pontos não foram necessários os usos de embarcações para atingir a área de pesquisa, como ilustrado abaixo no rio Formoso.

**Figura 06 – Local de coleta Rio Formoso**



Fonte: Próprio autor (2020).

Neste local existe uma ponte sendo de fácil acesso ao local de coleta.

**Figura 07 – Local de coleta Córrego Rego d'água**



Próprio autor (2020)

Local de fácil acesso ao ponto de coleta apresentou sinais de tráfego intenso de caminhões e máquinas agrícolas por alguns períodos do ano, principalmente na colheita da cana de açúcar plantada próxima a área da bacia do Córrego Rego d'água. Podendo o tráfego de veículos e caminhões interferir nos resultados das coletas e análises de laboratório.

#### 4.4 Materiais e outros equipamentos

O equipamento escolhido para a análise em campo dos dados físicos foi o PC 650 produzida pela OAKTON, com sondas que possibilitam medir: potencial hidrogeniônico (pH), Condutância elétrica (CE), Total de sólidos dissolvidos (TDS), Salinidade (NaCl), OD em saturação (%) e dissolvido (mg/L), Temperatura (°C) e Resistencia elétrica a passagem de corrente elétrica (Res).



O equipamento previamente calibrado foi instalado nos locais de coleta próximos o suficiente para a instalação das sondas no corpo hídrico (Figura 9). Todos os resultados foram lidos e relidos nos pontos de coleta observando o tempo de estabilização do equipamento e sondas de leitura.

Sonda Multiparâmetro

**Foto (AUTOR) Figura 08 - (OAKTON PC 650)**

As coletas de água foram realizadas nos pontos definidos no item 4.1.1 e 4.1.2 que se situam próximos o suficiente para uma amostragem de um dia de coleta. Os recipientes utilizados foram garrafas de vidro e garrafas de plásticos devidamente limpas e acondicionadas em recipientes adequados para coleta e transporte.

Para as análises de turbidez e fósforo a água coletada foi acondicionada em recipiente de 500 ml. Após a coleta a embalagem devidamente numerada foi acondicionada em caixas térmicas contendo gelo para a manutenção da temperatura a níveis de não interferir nas análises. Para a análise de turbidez foi utilizado o aparelho turbidímetro. Estas análises foram feitas num prazo de até 24 horas no laboratório de Geociências da UFJ (Universidade Federal de Jataí).

Os parâmetros analisados em laboratório foram escolhidos devido a estudos de criticidade para o ambiente natural (vida em ambiente preservado) e a maior disponibilidade de reagentes e equipamentos no mercado brasileiro e no laboratório da Universidade Federal de Jataí (UFJ). A efetividade da análise para estes elementos

a serem analisados têm dois pesos a serem considerados, criticidade para a vida do elemento e valores encontrados.

Para as demais análises de químicos foram utilizadas embalagens para 500 ml de água que após a coleta receberam ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), para atingir o pH abaixo de 2. Após esse procedimento as águas coletadas foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo para a manutenção da temperatura a níveis de não interferir nas análises. Com a adição do ácido nítrico foi possível manter as coletas nas geladeiras do laboratório sem comprometimento da qualidade das análises.

Foram escolhidos para este estudo os seguintes elementos: fósforo, nitrato, nitrito, manganês, fosfato, alumínio, cobre, Flúor, Ferro, sulfeto, cloro, nitrito, amônia e zinco.

O equipamento utilizado para análises de químicos foi o fotolorímetro de Bancada AT 100PB II multiparâmetro com memória. A Figura 10, ilustra o trabalho no laboratório de múltiplo uso que para cada período de coleta foi precedido dos cuidados requeridos para a tarefa.

**Figura 09 -** (análise laboratório de Geociências UFJ)



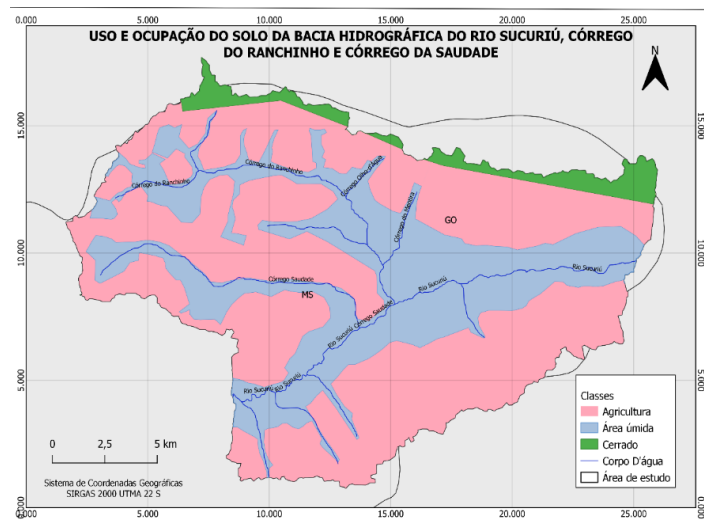
**Fonte:** LIMA, M. A. S. (2020). Análise em laboratório (UFJ – Laboratório de Geociências).

## 5 - RESULTADOS

### 5.1 - Caracterização do uso e ocupação da área de estudo

As bacias hidrográficas pesquisadas neste trabalho apresentam características de uso e ocupação do solo muito distintas. Na figura abaixo que representa a bacia hidrográfica do rio Sucuriú que compreende as micro bacias dos córregos do ranchinho e Saudade podemos verificar que a maior parte das áreas têm uso para agricultura, chegando a mais de 60% (sessenta) por cento da área de uso. A pouca área de Cerrado se concentra ao norte da bacia que está situada no interior do Parque Nacional das Emas, ficando restrita a pequenas faixas de território.

Figura 10 – Mapa uso do solo Sucuriú



Mapa produzido a partir de dados do MapBiomas e atualizações de (PIMENTA, E. 2021)

As áreas úmidas que seriam uma importante área de recarga dos aquíferos e acúmulo de água para abastecer o rio nos períodos de menor quantidade de chuva estão passando por processo intenso de intervenção na estrutura do terreno através de drenagem e outros processos mecanizados, como ilustra as fotos abaixo:

Figura 11 – Saudade (Cascalheira)

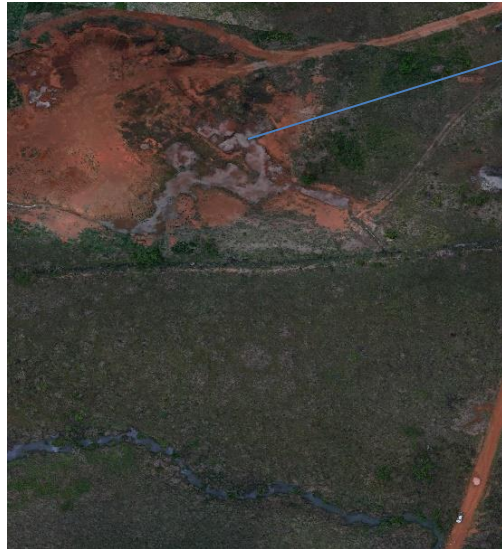


Figura 12 Ranchinho (Drenag. E Casc.)



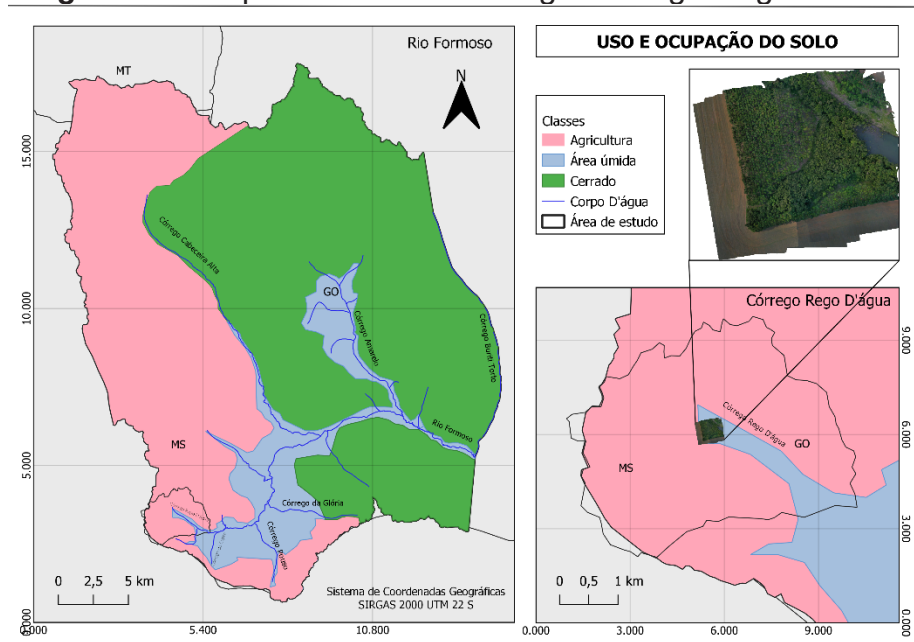
Ortofotos a partir de VANT e aplicativos (autor) e (PIMENTA, E. 2021)

A partir das imagens disponíveis no Google Earth Pro foi possível analisar alterações recentes no uso do solo, com o incremento de atividades de drenagem, retirada de minerais para cascalhar estradas com uso de técnicas e equipamentos de grande porte.

Dentro das atividades agrícolas também ocorre a modificação e alteração dos métodos e processos agrícolas de forma a implantar na área de estudo uma agricultura intensiva com novas máquinas agrícolas.

Por outro lado, a bacia hidrográfica do rio Formoso tem ocupação distinta, com ênfase em preservação das fitofisionomias originais da área primitiva. O mapa abaixo ilustra as características do uso do solo nesta bacia. Cabe destacar que apesar de cerca de 30% (trinta) por cento da área da bacia estar convertida em atividades agrícolas, essas atividades se concentram em áreas planas, com pouca declividade. As áreas mais susceptíveis a erosão ou carreamento de sedimentos está inserida dentro de unidade de conservação e protegidas de processos de degradação.

**Figura 13–** Mapa uso do solo Córrego do Rego d'água



Mapa produzido a partir de dados do MapBiomas e atualizações de (PIMENTA, E. 2021)

## 5.2 Análise ambiental da área de estudo

Através de imagens produzidas por VANT podemos observar as diferenças na cobertura do solo e demais fatores que influenciam no carreamento de sedimentos e materiais que chegam aos recursos hídricos em cada microbacia.

### 5.2.1 – Córrego do Buriti torto (figura 14)

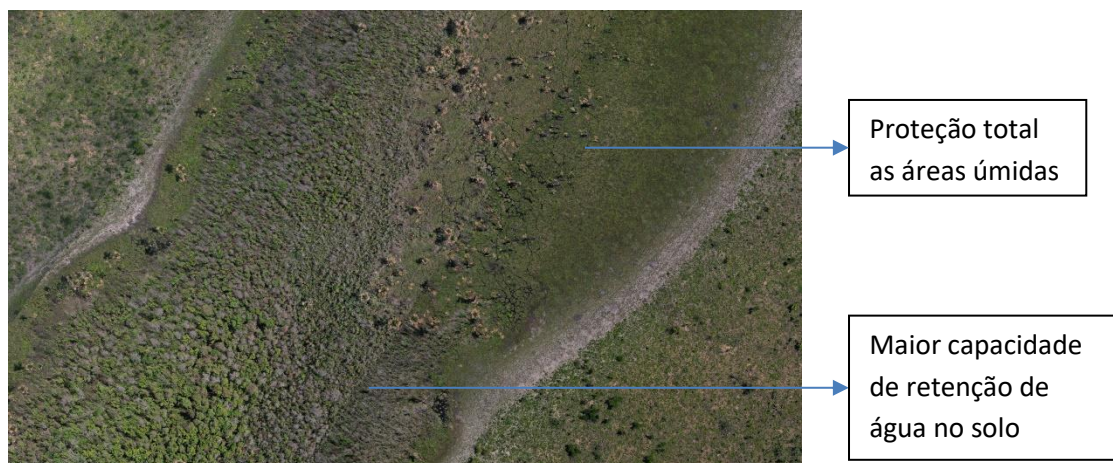


Foto produzida pelo autor / (PIMENTA, E., 2021)

Área totalmente preservada, sem interferências diretas humanas. Este córrego foi escolhido com área de referência para um ponto de coleta considerado ambientalmente preservado.

### 5.2.2 – Córrego do Rego d'água (figura 15 – Ortofoto)



Foto produzida pelo autor / (PIMENTA, E., 2021)

Apesar de ser a microbacia com menor área que foi analisada a bacia do Córrego d'água apresenta usos distintos dos outros locais analisados, podendo ocorrer nesta área incidentes que podem comprometer sua bacia e consequentemente o rio Formoso. Atividades de piscicultura em áreas alagadas, rodovia e ferrovia

### 5.2.3 – Rio Formoso

Protegido pelo Parque Nacional das Emas o rio Formoso apresenta condições ideais para manutenção da qualidade da água nos trechos analisados.

**Figura 16 – Ortofoto Rio Formoso**



Foto produzida pelo autor / (PIMENTA, E., 2021)

A bacia do rio Formoso apresenta fragilidade nas nascentes a noroeste pela existência de rodovia com trânsito de veículos com cargas perigosas, esta fragilidade precisa ser avaliada para evitar o comprometimento futuro da qualidade da água neste manancial.

#### 5.2.4 – Córrego do Ranchinho (Ortofoto – figura 17)

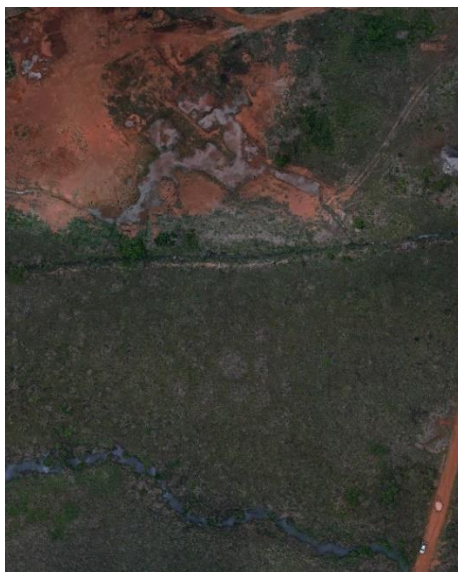


O comprometimento do Córrego do Ranchinho ficou evidente pela relação do uso do solo por atividades agrícolas e principalmente pela introdução de atividades como a cana de açúcar e processos de drenagem e mineração para retirada de cascalho na área de sua bacia hidrográfica. Apresentou as maiores alterações nos resultados das coletas e comprovado pelos resultados das análises em campo e laboratório.

Foto ao lado, próprio autor

Uma das análises de campo observadas no Córrego do Ranchinho apresentou distúrbios (alterações) significativas que podem significar o comprometimento ocasional das condições para a manutenção da vida aquática neste manancial. O carreamento direto e rápido por atividades de drenagem pode oferecer riscos a manutenção da condição de sobrevivência das espécies aquáticas encontradas neste manancial.

#### 5.2.5 – Córrego Saudade (Ortofoto – figura 18)



Possui maior área de cana de açúcar e com alguma mineração para retirada de cascalho o manancial apresenta um comprometimento semelhante ao Córrego do Ranchinho. Na penúltima coleta de campo, coincidindo com a retirada próximo ao ponto de coleta de material mineral (cascalho). A alteração nos parâmetros foi menor que no Córrego do Ranchinho. O uso de áreas para retirada mineral (cascalho) alterou os resultados das análises de campo e laboratório observadas na pesquisa.

Foto ao lado; próprio autor.

### 5.2.6 – Rio Sucuriú

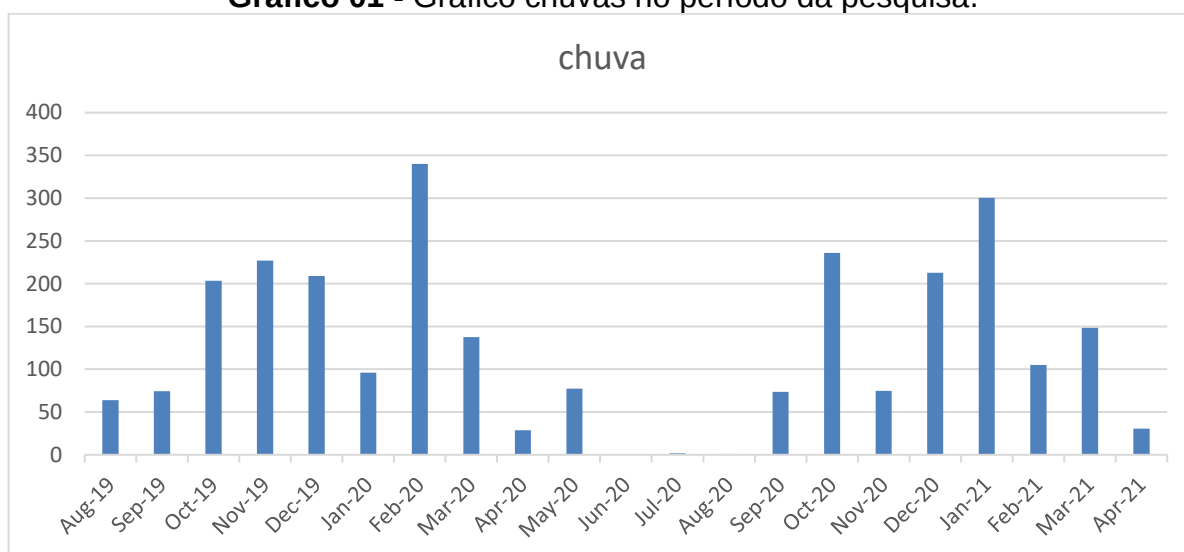
O rio Sucuriú apresenta na maior parte de sua bacia um uso do solo predominantemente agrícola com grande alteração e intervenção no solo, com atividades de drenagem e máquinas de grande porte para a produção de cana de açúcar, grãos e um resquício de pecuária em áreas anteriormente consideradas úmidas. O processo de ocupação e alteração desta bacia hidrográfica ainda continua em constante alteração e ocorreu durante as etapas de coleta várias atividades de construção de linhas de drenos e remoção de material mineral, cascalho em diversos pontos da micro bacia. As alterações na bacia refletiram nos resultados das coletas, principalmente no período de seca, onde a turbidez da água foi maior no ponto de coleta ilustrado abaixo.



**Figura 19** – Foto do Rio Sucuriú (Foto do autor)

### 5.3 Histórico de chuvas no período de estudo e definição de datas de coleta

O período de análise hidrológica deste estudo compreende os ciclos hidrológicos dos anos de 2019/2020 e 2020/2021, segundo dados obtidos via portal AGRITEMPO. Para o período considerado foram apresentados os dados constantes no Gráfico 1. Observa-se na figura que o período de 2019/2020 teve chuvas com melhor distribuição e com amplitude de chuvas maior se comparado ao ano de 2020/2021. A chuva acumulada no primeiro ciclo foi em torno de 1500 mm e para o ano seguinte em torno de 1200 mm, segundo os dados obtidos via portal agritempo.

**Gráfico 01 - Gráfico chuvas no período da pesquisa.**

**Fonte:** Site Portal AgriTempo (2021)

Todos os dois ciclos abrangidos pelo estudo ficaram abaixo da média histórica apontadas pelo estudo do CEBRAC, em torno de 1800 mm.

Considerando a média de previsão de chuva para os ciclos anuais pode-se observar que ocorreu também irregularidades nos padrões de chuva.

## 5.4 Dados analisados em campo e laboratório

### 5.4.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos analisados em campo apresentaram os seguintes resultados nas coletas de dados abaixo:

**Tabela 04 - (resultados análises pH)**

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 4.65    | 4,88    | 4.78    | 5.65    | 5.03    |
| 2          | 4.63    | 5.34    | 5.3     | 5.53    | 5.3     |
| 3          | 6.54    | 6.5     | 6.15    | 5.76    | 5.88    |
| 4          | 4.8     | 5.6     | 6.26    | 5.68    | 5.92    |
| 5          | 3.98    | 5.64    | 5.31    | 5.33    | 5.35    |
| 6          | 4.58    | 6.27    | 6.78    | 5.74    | 5.55    |

*Tabela criada pelo autor*

As análises de campo apresentaram resultados abaixo do pH neutro, situando as áreas de bacias hidrográficas consideradas preservadas sempre abaixo das áreas com usos predominantes agrícolas. A razão do solo naturalmente ácido das áreas de Cerrado pode ser o determinante para influenciar os resultados deste parâmetro.

**Tabela 05 - (resultados análises CE, ( $\Omega^{-1}$ ))**

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021    |
|------------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 1          | 5.030   | 3.380   | 4.180   | 4.400   | 4.630      |
| 2          | 5.790   | 2.950   | 2.850   | 3.685   | 3.950      |
| 3          | 6.450   | 5.240   | 6.490   | 7.460   | 7.250      |
| 4          | 8.680   | 4.540   | 4.170   | 4.610   | 65.370 (*) |
| 5          | 7.450   | 3.690   | 3.510   | 4.470   | 5.140      |
| 6          | 7.420   | 3.800   | 3.440   | 4.760   | 4.670      |

*Tabela criada pelo autor*

As análises de campo para o parâmetro CE apresentaram resultados sempre superiores para as bacias com maior uso antrópico (agrícola/pecuária), a diferença prevaleceu em todas as coletas. Na última coleta realizada em março de 2021 onde ocorreu um distúrbio (alteração) nos resultados para o ponto 4, que será analisado no final deste trabalho.

**Tabela 06 - (resultados análises TDS, (ppm))**

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 2.980   | 2.370   | 2.600   | 2.700   | 2.760   |
| 2          | 3.560   | 1.800   | 1.750   | 2.250   | 2.440   |
| 3          | 3.630   | 3.290   | 4.000   | 4.520   | 4.490   |
| 4          | 5.310   | 2.790   | 2.600   | 2.620   | 40.570  |
| 5          | 4.560   | 2.270   | 2.160   | 2.750   | 4.300   |
| 6          | 4.560   | 2.350   | 2.100   | 2.950   | 2.870   |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados encontrados para o parâmetro TDS tiveram forte redução no período considerado de seca., diminuindo as diferenças entre os pontos de coletas.

Ocorreu novamente um distúrbio (alteração) nos resultados para o ponto 4, que será analisado no final deste trabalho.

**Tabela 07 – (Resultados análises O<sub>2</sub>, (mg/L))**

|           | Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| OD (mg/l) | 1          | 5.04    | 7.11    | 5.92    | 4.15    | 4.78    |
|           | 2          | 4.42    | 7.81    | 6.76    | 5.3     | 5.28    |
|           | 3          | 4.81    | 6.52    | 4.84    | 4.12    | 4.72    |
|           | 4          | 4.41    | 6.76    | 5.45    | 4.55    | 4.31    |
|           | 5          | 5.25    | 7.95    | 6.44    | 5.51    | 5.2     |
|           | 6          | 5.19    | 8.51    | 6.75    | 5.91    | 5.93    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro oxigênio dissolvido (% ou mg/L) se mantiveram constantes sendo influenciados pelo relevo das proximidades dos locais de coleta. Em pontos de coleta considerados preservados (1 e 2) ocorreram resultados abaixo dos parâmetros indicados na CONAMA 357/2005 para ambientes aquáticos de classe especial. Este resultado que poderia comprometer a qualidade da água para a finalidade prevista na CONAMA 357/2005 pode estar associado à putrefação (apodrecimento) de vegetação no ambiente natural. Para efeito de comparação o aparelho utilizado fornecia o parâmetro oxigênio em % (porcentagem), sendo apresentado no trabalho o resultado em mg/L.

**Tabela 08 - (resultados análises T(°C))**

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 23.4    | 20.4    | 21.3    | 23.3    | 23.2    |
| 2          | 25.3    | 19.4    | 21.2    | 23.3    | 22.9    |
| 3          | 26.3    | 22.8    | 22.00   | 27      | 26.8    |
| 4          | 26.9    | 21.6    | 22.9    | 28.5    | 26.7    |
| 5          | 24.8    | 19.6    | 20.4    | 24.2    | 23      |
| 6          | 27.0    | 21.0    | 22.5    | 26.6    | 25.7    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro temperatura T(°C) alteraram principalmente devido aos horários das coletas das amostras

**Tabela 09 - (resultados análises Res, ( $\Omega$ ))**

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 211.7   | 192.9   | 184.7   | 180.9   |
| 2          | 275.2   | 286     | 222.6   | 205.3   |
| 3          | 212,7   | 125.5   | 110.5   | 111.4   |
| 4          | 197.7   | 194.7   | 184     | 12.34   |
| 5          | 219.7   | 231.7   | 184.2   | 159.3   |
| 6          | 212.7   | 238.2   | 171.9   | 174.4   |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro Res (Resistência a passagem de corrente elétrica) apresentaram resultados com valores maiores nas áreas com maior preservação, principalmente no ponto de coleta do rio Formoso. Se destaca a baixa resistência a passagem de corrente elétrica no distúrbio no ponto 04 na análise de 03/2021.

**Tabela 10- (resultados análises Turbidez)**

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 1,1     | 0,39    | 0,45    | 0,23    |
| 2          | 0,8     | 0,31    | 0,37    | 0,30    |
| 3          | 4,5     | 1,44    | 0,99    | 0,68    |
| 4          | 1,8     | 0,70    | 0,73    | 0,40    |
| 5          | 4,1     | 1,92    | 1,22    | 0,52    |
| 6          | 3,6     | 3,07    | 3,18    | 1,38    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro Turbidez se mantiveram constantes e com diferenças significativas entre os pontos de coleta. Fica evidente a enorme diferença entre a turbidez encontrada nos pontos de coletas preservados (Rio Formoso e Córrego buriti torto) e nos afluentes e no rio Sucuriú.

Outro fator que não respondeu ao esperado na revisão bibliográfica foi a Turbidez alta no período da seca no rio Sucuriú, onde se esperava um valor abaixo dos períodos chuvosos. Nas proximidades dos pontos de coletas dos afluentes do rio Sucuriú foram observadas grandes intervenções de drenagem, podendo esse ser o motivo do alto valor da Turbidez no período seco.

### 5.4.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos analisados em laboratório apresentaram os seguintes resultados abaixo:

**Tabela 11-** (resultados análises Fósforo - P)

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0.15    | 0.05    | 0.39    | 0.45    | 0.47    |
| 2          | 0.22    | 0.00    | 0.31    | 0.37    | 0.25    |
| 3          | 0.55    | 0.25    | 1.44    | 0.99    | 0.44    |
| 4          | 0.56    | 0.11    | 0.70    | 0.73    | 0.50    |
| 5          | 0.37    | 0.06    | 1.92    | 1.22    | 0.53    |
| 6          | 0.59    | 0.30    | 3.07    | 3.18    | 0.47    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados de laboratório para o parâmetro Fósforo (P) foram menores nos pontos considerados preservados. No período chuvoso a diferença entre as áreas preservadas e com uso humano (antrópico) foram expressivamente menores do que no período chuvoso, podendo estar relacionado ao volume de chuva ocorrido neste período de coleta e análise.

**Tabela 12-** (resultados análises NaCl, (ppm))

| Ponto/Data | 02/2020 | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 12.20   | 10.74   | 11.25   | 12.03   | 11.74   |
| 2          | 12.89   | 10.05   | 10.41   | 11.78   | 11.54   |
| 3          | 13.76   | 12.06   | 12.83   | 14.43   | 14.08   |
| 4          | 14.66   | 11.01   | 11.62   | 13.55   | 44.17   |
| 5          | 13.55   | 10.31   | 10.63   | 12.05   | 12.71   |
| 6          | 14.46   | 10.73   | 11.35   | 13.47   | 12.82   |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados para o parâmetro NaCl apresentaram pequenas diferenças entre os pontos de coletas considerados preservados com os de maior uso humano. O destaque foi o ponto 04 na última coleta onde ocorreu um possível distúrbio que interferiu nos resultados das amostragens.

**Tabela13-** (resultados análises Manganês - Mn)

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,00    | 0,00    | 0,03    | 0,05    |
| 2          | 0,00    | 0,02    | 0,00    | 0,05    |
| 3          | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,04    |
| 4          | 0,00    | 0,00    | 0,01    | 0,04    |
| 5          | 0,00    | 0,02    | 0,03    | 0,05    |
| 6          | 0,00    | 0,03    | 0,05    | 0,07    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados apresentados nas análises do parâmetro Manganês (Mn) não apresentaram diferenças significativas entre os pontos de coleta preservados e com uso humano. Quando ocorreu a presença do elemento nas análises de laboratório, se manteve presente em todos os pontos de coleta com pequena ou nenhuma diferença entre os pontos.

**Tabela14 -** (resultados análises Fosfato - PO<sub>4</sub>)

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,02    | 0,26    | 0,41    | 0,18    |
| 2          | 0,33    | 0,09    | 0,17    | 0,17    |
| 3          | 0,00    | 0,06    | 0,24    | 0,17    |
| 4          | 0,00    | 0,02    | 0,19    | 0,00    |
| 5          | 0,16    | 0,31    | 0,24    | 0,15    |
| 6          | 0,00    | 0,01    | 0,02    | 0,03    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro Fosfato apresentaram os maiores resultados para os pontos de coleta considerados preservados. A relação entre os ambientes naturais e a presença deste elemento pode estar relacionada a decomposição natural da vegetação nestes ambientes.

**Tabela 15-** (resultados análise Alumínio - Al)

| Ponto/Data | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,17    | 0,15    | 0,16    |
| 2          | 0,14    | 0,14    | 0,19    |
| 3          | 0,19    | 0,30    | 0,16    |
| 4          | 0,17    | 0,13    | 0,10    |
| 5          | 0,24    | 0,47    | 0,18    |
| 6          | 0,30    | 0,31    | 0,14    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados apresentados para o parâmetro Alumínio (Al) foram mais representativos e consistentes no período de seca e início das chuvas. Para o período considerado chuvoso se anulou a interferência humana nos resultados de laboratório.

Os maiores resultados encontrados nos pontos 03 e 04 podem estar relacionados a interferências e ações pontuais de obras e movimentação de veículo próximos aos pontos de coletas ou retirada de material para correções de estradas em cascalheiras.

**Tabela 16-** (Resultados análise Cobre - Cu)

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,00    | 0,00    | 0,03    | 0,00    |
| 2          | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,06    |
| 3          | 0,01    | 0,01    | 0,07    | 0,29    |
| 4          | 0,00    | 0,00    | 0,09    | 0,52    |
| 5          | 0,00    | 0,00    | 0,02    | 0,00    |
| 6          | 0,00    | 0,00    | 0,18    | 0,02    |

*Tabela criada pelo autor*

Na revisão bibliográfica o cobre (cu) foi considerado um dos potencialmente mais danosos a biota aquática podendo estar relacionados a aplicação de praguicidas das lavouras. Os resultados encontrados nas análises de laboratório nos meses de 12/2020 e 03/2021 foram expressivos e podem indicar interferências do uso destes elementos nas bacias hidrográficas em análise nesta pesquisa. Na análise de 03/2021 os resultados foram altíssimos para os pontos de coleta 03 e 04 estando ligados a possível distúrbios de uso de praguicidas nas lavouras próximas. Como o ponto 03 e afluente do ponto 02, o resultado apresentado no ponto considerado preservado (02) significa que pode estar sendo comprometido a qualidade da água dentro da unidade de conservação.

**Tabela 17-** (resultados análise Flúor - F)

| Ponto/Data | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,19    | 0,08    | 0,01    |
| 2          | 0,46    | 0,20    | 0,10    |
| 3          | 0,35    | 0,05    | 0,08    |
| 4          | 0,21    | 0,21    | 0,14    |
| 5          | 0,19    | 0,10    | 0,17    |
| 6          | 0,49    | 0,05    | 0,54    |

*Tabela criada pelo autor*

O elemento flúor é utilizado em fórmulas de praguicidas utilizados nas lavouras das bacias hidrográficas desta pesquisa e os resultados apresentados nas análises de laboratório podem indicar possíveis interferências destes elementos nos ambientes aquáticos. O ponto mais protegido (preservado) apresentou os menores resultados para este elemento.

**Tabela 18-** (resultados análise Fe<sub>3</sub>)

| Ponto/Data | 05/2020 | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 0,01    |
| 2          | 0,05    | 0,00    | 0,00    | 0,02    |
| 3          | 0,48    | 0,14    | 0,21    | 0,66    |
| 4          | 0,17    | 0,00    | 0,16    | 0,15    |
| 5          | 0,14    | 0,00    | 0,00    | 0,94    |
| 6          | 0,14    | 0,00    | 0,05    | 0,35    |

*Tabela criada pelo autor*

Na leitura das referências bibliográficas indicou possível presença do elemento Ferro relacionada a formação rochosa das áreas pesquisadas, mas os resultados apresentados nas análises de laboratório relacionaram o uso humano a resultados expressivos e consideráveis para este elemento nos pontos 03, 05 e 06 da pesquisa. Indicando interferências humanas que podem estar associadas a drenagens das áreas destas bacias hidrográficas e outros usos observados neste trabalho.

**Tabela 19-** (resultados análise Fe total)

| Ponto/Data | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,00    | 0,08    | 0,02    |
| 2          | 0,00    | 0,18    | 0,16    |
| 3          | 0,60    | 0,93    | 0,79    |
| 4          | 0,00    | 0,90    | 1,30    |
| 5          | 0,00    | 0,19    | 0,13    |
| 6          | 0,00    | 0,44    | 0,26    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados apresentados para Ferro total acompanharam os indicados para Fe<sub>3</sub>., apresentando alterações nos pontos 05 e 06, podendo estar correlacionadas a usos distintos nestes locais. No período seco os resultados encontrados no ponto 03 indica associação a enorme presença de tráfego de caminhões de transporte de cana de açúcar que foi observado durante a coleta de água naquele local. Desta forma a correlação deste elemento com o período chuvoso foi observado e verificado até nos ambientes preservados, mas sendo expressivos e potencialmente impactantes nas áreas com usos humanos.

**Tabela 20-** (resultados análise Fe II)

| Ponto/Data | 08/2020 | 12/2020 | 03/2021 |
|------------|---------|---------|---------|
| 1          | 0,00    | 0,08    | 0,01    |
| 2          | 0,00    | 0,18    | 0,14    |
| 3          | 0,46    | 0,72    | 0,13    |
| 4          | 0,00    | 0,74    | 1,15    |
| 5          | 0,00    | 0,19    | 0,81    |
| 6          | 0,00    | 0,39    | 0,09    |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados do parâmetro Ferro II, que é a diferença entre os valores de Ferro Total e Ferro 3, acompanharam os resultados para Ferro total, sendo observadas as mesmas considerações para este elemento.

**Tabela 21-** (resultados análise Nitrito e Amônia)

| Ponto/Data | Nitrito<br>05/2020 | Nitrito<br>08/2020 | Amônia<br>05/2020 |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1          | 0,01               | 0,03               | 0,00              |
| 2          | 0,00               | 0,03               | 0,00              |
| 3          | 0,01               | 0,04               | 0,65              |
| 4          | 0,02               | 0,04               | 0,00              |
| 5          | 0,01               | 0,04               | 0,41              |
| 6          | 0,00               | 0,04               | 0,00              |

*Tabela criada pelo autor*

Os resultados dos parâmetros Nitrito e Amônia foram analisados na mesma tabela por apresentarem poucas amostras de laboratório. No período considerado seco os resultados não foram expressivos para nitrito. Para o parâmetro amônia os resultados mostraram que as interferências ou usos ocorridos nas bacias dos afluentes 03 e 05 são significativas para este elemento. Nos rios principais analisados não ocorreu ou se manifestou a presença de amônia.

**Tabela 22 -** (resultados análise Fenol)

| Ponto/Data | 08/2020 |
|------------|---------|
| 1          | 0,03    |
| 2          | 0,05    |
| 3          | 0,03    |
| 4          | 0,03    |
| 5          | 0,03    |
| 6          | 0,15    |

*Tabela criada pelo autor*

O parâmetro Fenol foi analisado apenas em uma situação no laboratório o que pode não ser suficiente para a análise deste parâmetro neste trabalho.

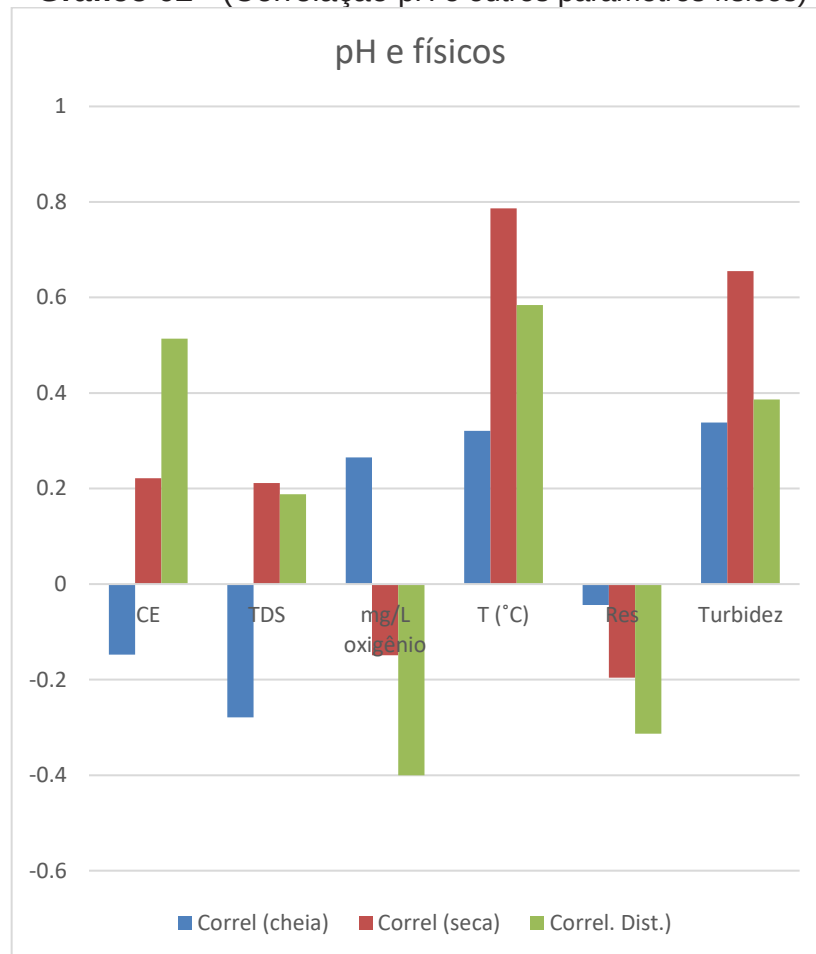
Os parâmetros **sulfeto, cloro livre e cloro combinado (monocloramina)**, não apresentaram resultados na análise, constando zero em todos os valores amostrados. A causa provável de não aparecer valores para esses parâmetros pode ser a rápida combinação desses elementos a outros quando são liberados na natureza.

## 6 PARÂMETROS RELEVANTES E CORRELAÇÕES

### 6.1 Correlação entre os parâmetros físicos

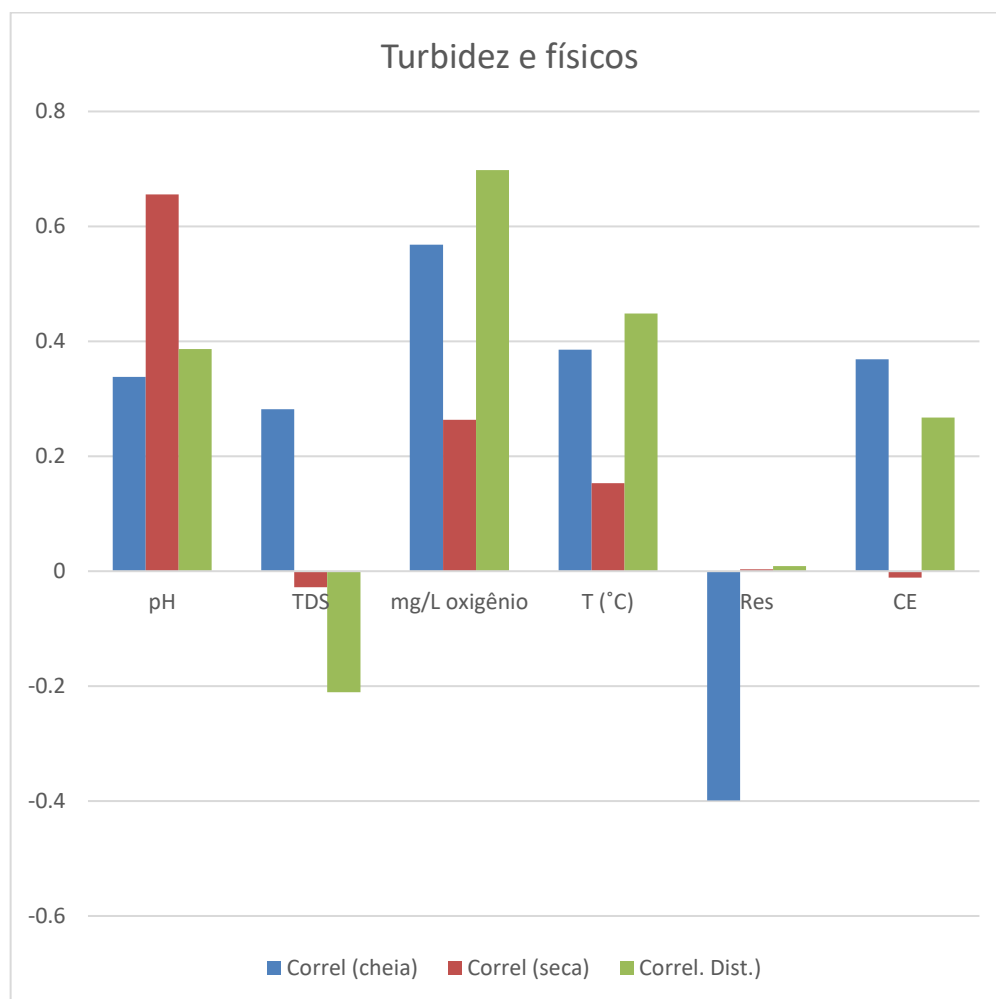
Os parâmetros físicos obtidos em campo e nas análises de laboratório mostraram correlações nas seguintes situações:

**Gráfico 02 - (Correlação pH e outros parâmetros físicos)**



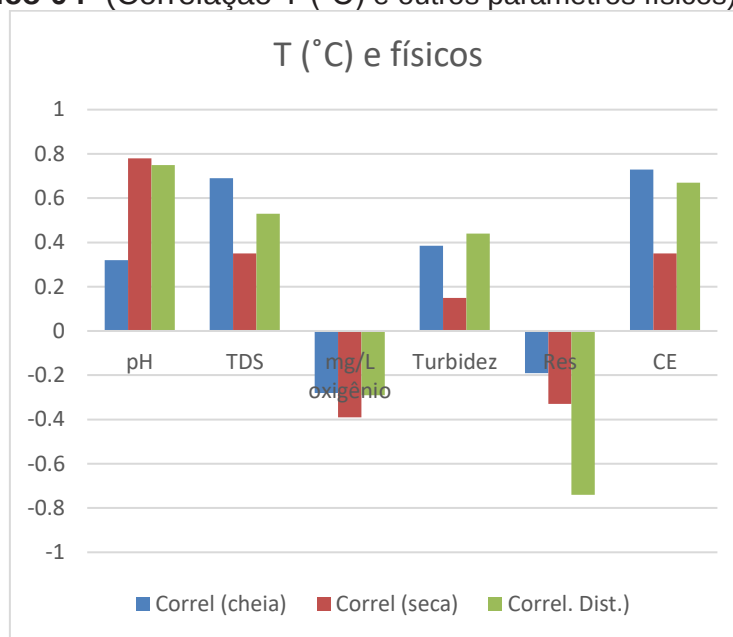
*Gráfico criado pelo autor*

Correlações médias a baixas com exceção de moderada para temperatura e a turbidez no período da seca. A pouca correlação com outros parâmetros analisados nesta pesquisa pode estar associada a interferência natural do solo ácido das bacias hidrográficas pesquisadas.

**Gráfico 03 - (Correlação turbidez e outros parâmetros físicos)**

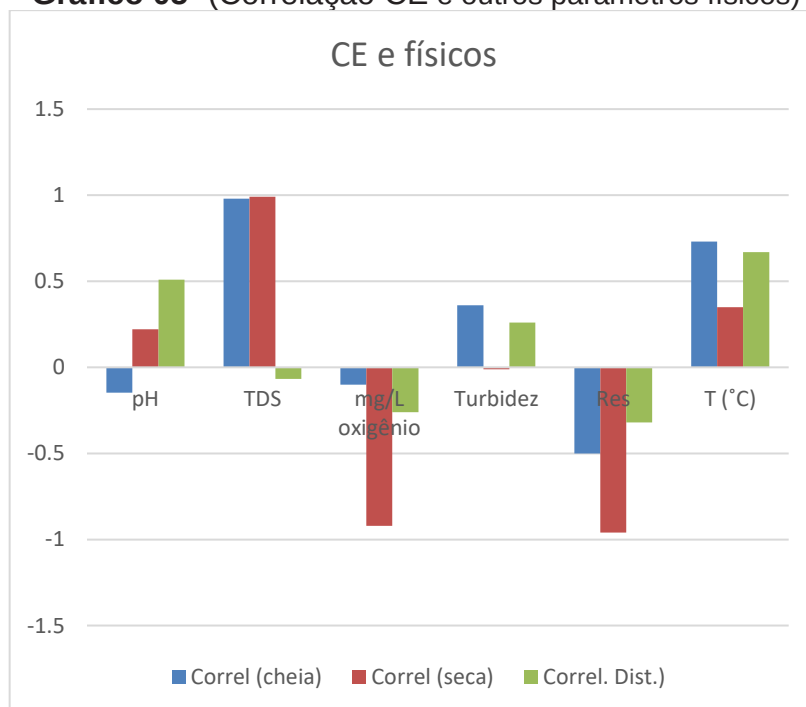
*Gráfico criado pelo autor*

Pelas informações obtidas na pesquisa bibliográfica era esperado uma correlação com TDS, o que não ocorreu para a Turbidez. Os resultados apresentados para outros parâmetros físicos se mantiveram médios.

**Gráfico 04-** (Correlação T (°C) e outros parâmetros físicos)

*Gráfico criado pelo autor*

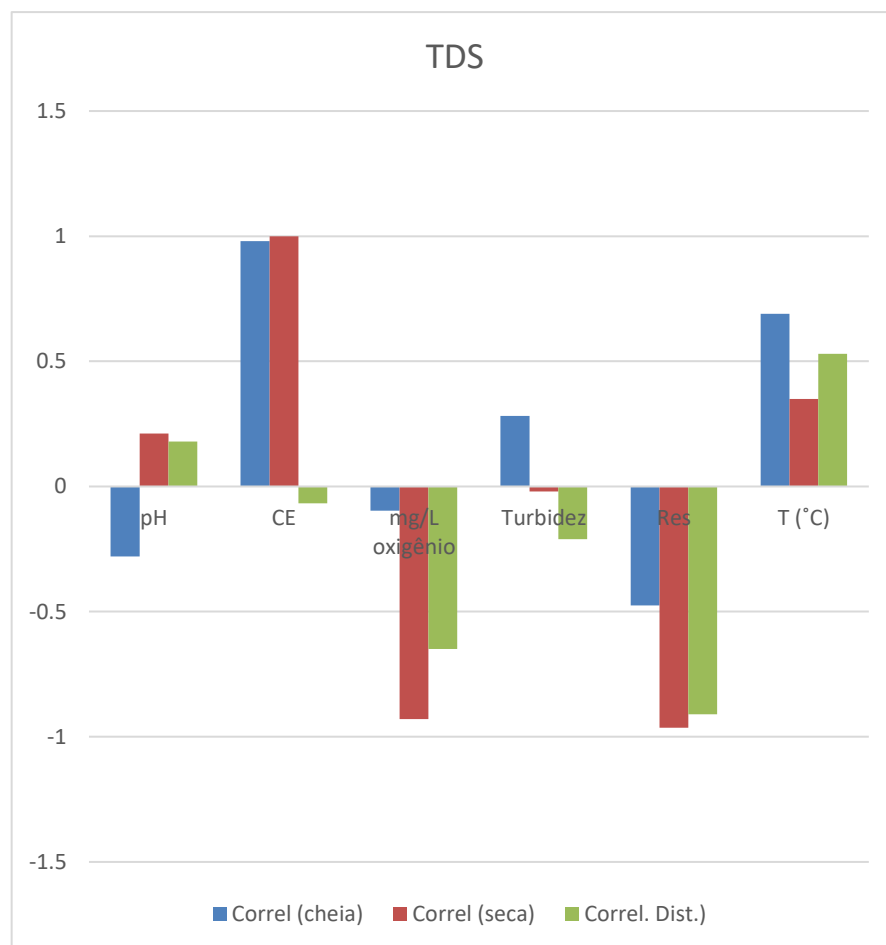
O parâmetro temperatura manteve correlações médias com pH, TDS e CE. Devido a pouca correlação com o uso do solo este parâmetro não teve influência do uso humano nas bacias hidrográficas.

**Gráfico 05-** (Correlação CE e outros parâmetros físicos)

*Gráfico criado pelo autor*

Apresentou correlação alta com TDS, indicando a presença da relação entre os sólidos dissolvidos na água e a condutância elétrica da água. Correlações altas (TDS)) e alta negativa (mg/L e Res) no período seco. O resultado inverso para a resistência elétrica evidencia o impacto dos usos humanos na presença destes sólidos dissolvidos.

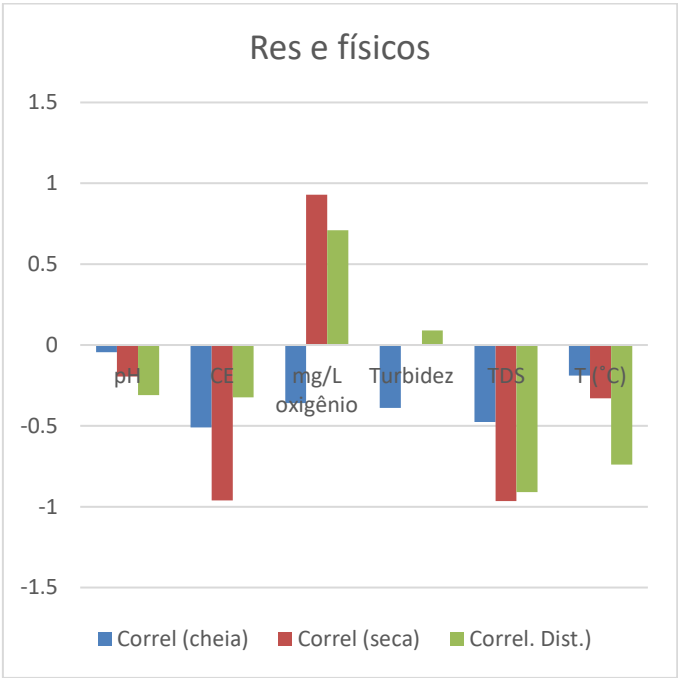
**Gráfico 06 - (Correlação TDS e outros parâmetros físicos)**



*Gráfico criado pelo autor*

Acompanhando as correlações do parâmetro CE os resultados do gráfico 06 mostraram que o parâmetro TDS acompanhou as mesmas correlações. Para efeito desta pesquisa escolher entre um dos parâmetros: TDS, CE e Res, já seria representativo para uma análise. Devendo ser avaliado o parâmetro que teve maior consistência nos resultados.

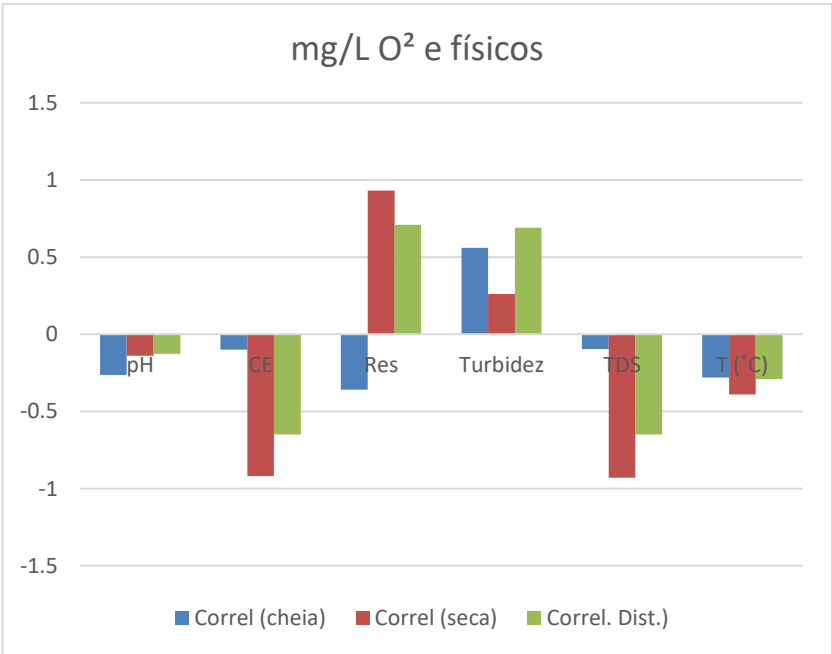
**Gráfico 07-** (Correlação Res e outros parâmetros físicos)



*Gráfico criado pelo autor*

Como já demonstrado nas análises das correlações de CE e TDS a Res têm comportamento inverso aqueles parâmetros, sendo demonstrado pouca relevância nos outros resultados apresentados.

**Gráfico 08 -** (Correlação O2 e outros parâmetros físicos)

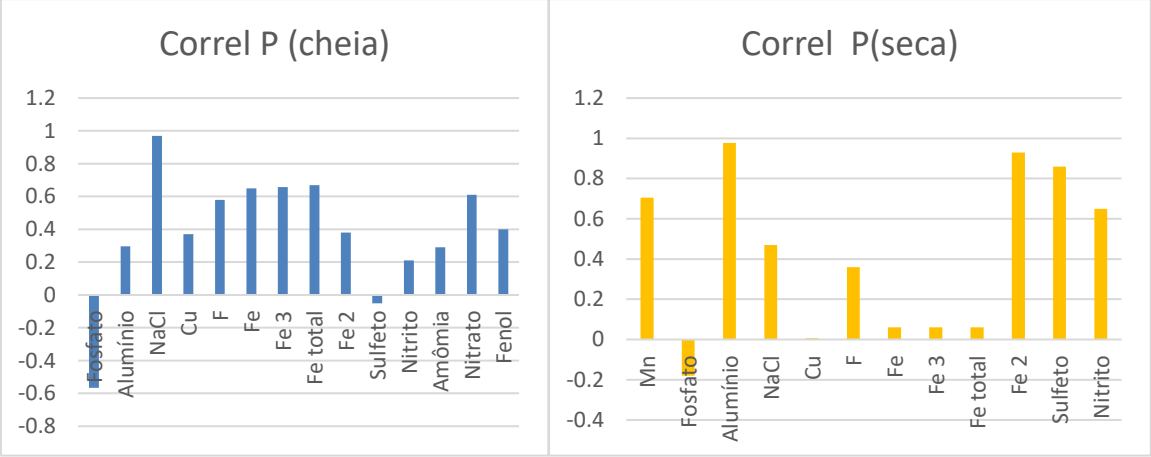


*Gráfico criado pelo autor*

O parâmetro oxigênio dissolvido não apresentou correlação consistente com outros parâmetros, sendo que já foi relacionado que este parâmetro estaria sendo mais relacionado a interferências do relevo na oxigenação da água nos pontos de coleta.

6.2 **Correlação entre os parâmetros químicos**

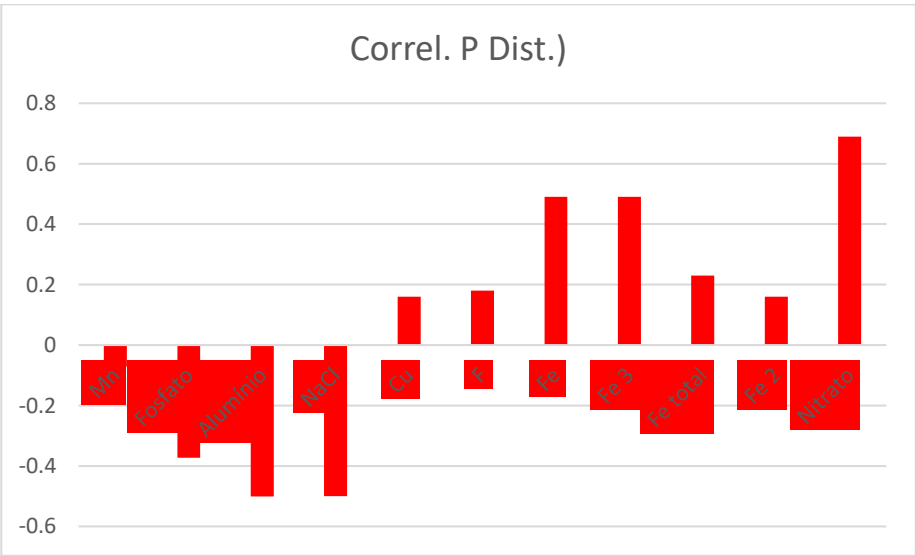
**Gráfico 09 e 10 - (Correlação P e outros parâmetros químicos)**



*Gráficos criados pelo autor*

As correlações mais representativas para o parâmetro P, observadas nas figuras 09 e 10, foram para os parâmetros: NaCl, Al, Fe2 e sulfeto. As demais correlações se mantiveram dentro níveis médios a baixos.

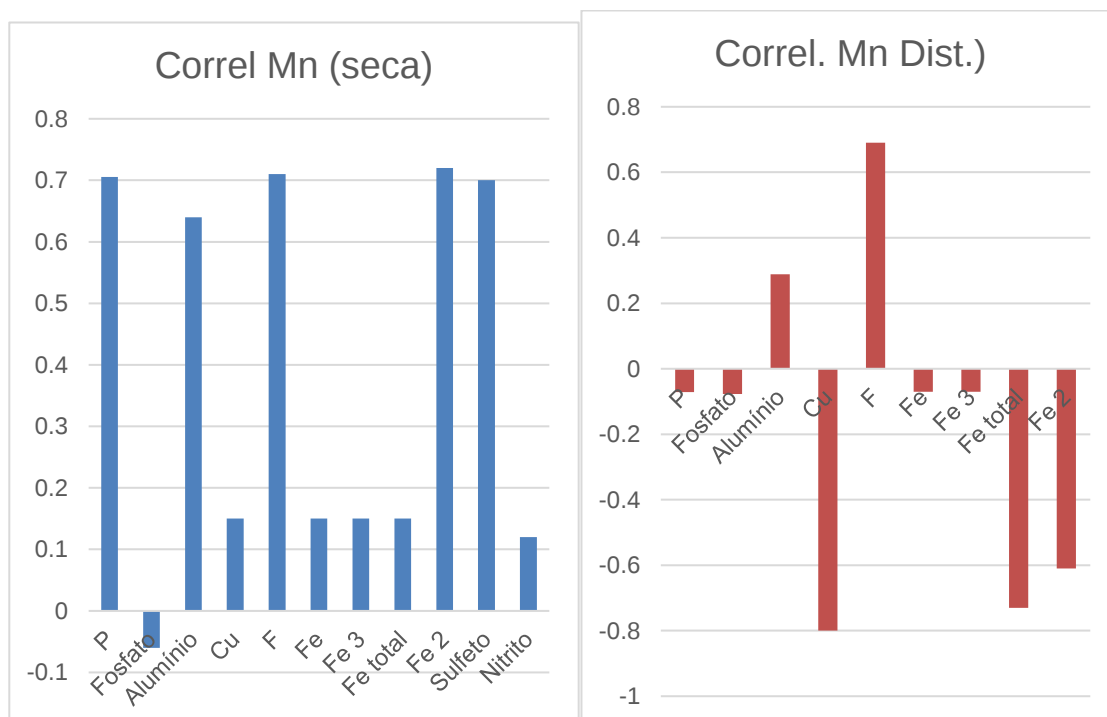
**Gráfico 11- (Correlação P (dist.) e outros parâmetros químicos)**



*Gráfico criado pelo autor*

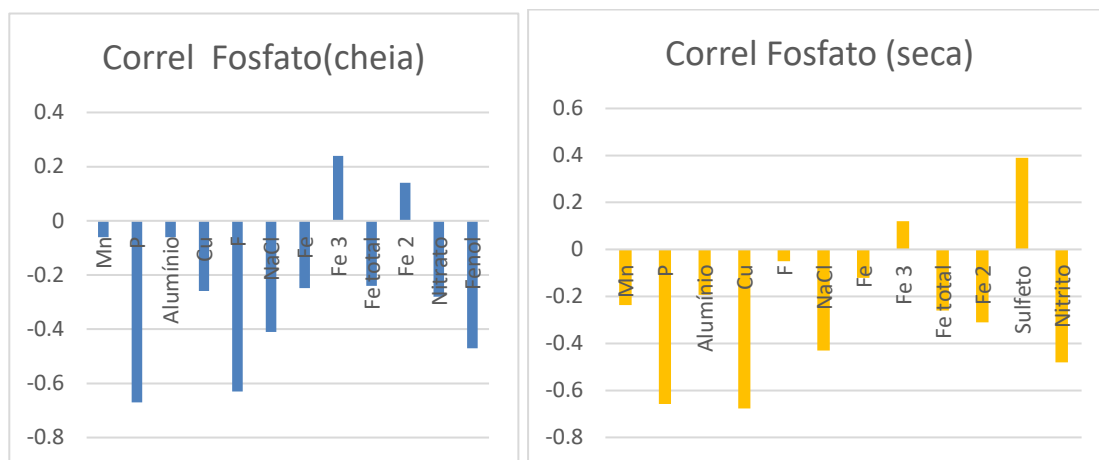
A análise da correlação ocorrida no evento de distúrbio observada nesta pesquisa no mês de 03/2021 mostra uma maior relação com o parâmetro nitrato e ocorrendo a inversão da correlação com outros parâmetros: NaCl e Al. Uma análise aprofundada do uso do solo com o mapeamento dos produtos utilizados nas práticas agrícolas poderá avaliar como este distúrbio ocorreu e indicar possíveis consequências destas práticas e usos nas bacias hidrográficas.

**Gráfico 12 e 13-** (Correlação Mn e outros parâmetros químicos)



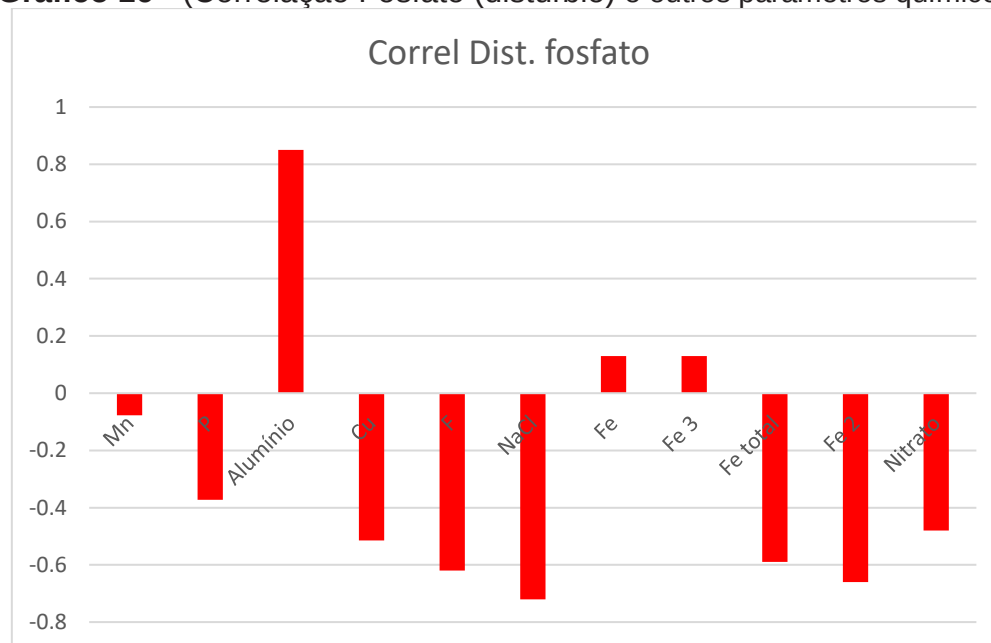
*Gráficos criados pelo autor*

As indicações da revisão bibliográfica apontaram para uma correlação entre o uso do solo e a presença do elemento Mn no solo e consequentemente nas águas das bacias hidrográficas, refletindo nos resultados do gráfico para os parâmetros: P, Al, Fe<sub>2</sub>. No evento do distúrbio ocorrido em 03/2021 a correlação negativa com os parâmetros: Cu e Fe foram representativas e podem indicar com o aprofundamento das pesquisas a relação do uso do solo no ponto do distúrbio com os resultados encontrados.

**Gráfico 14 e 15-** (Correlação Fosfato e outros parâmetros químicos)

*Gráficos criados pelo autor*

Os resultados apresentados em laboratório já indicaram que o fosfato não apresentava uma correlação com o uso do solo e sua presença na água nas bacias deste estudo. As correlações quase que todas as negativas reforçam que este parâmetro não é um bom indicador da qualidade da água objeto desta pesquisa.

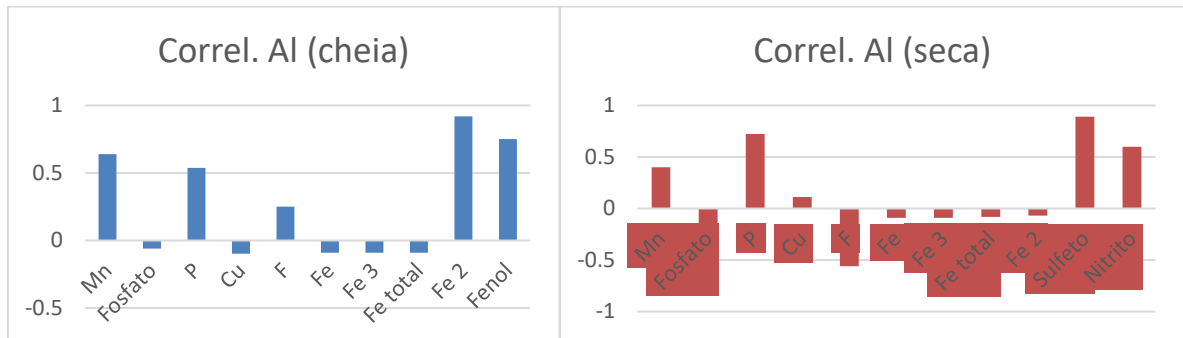
**Gráfico 16 -** (Correlação Fosfato (distúrbio) e outros parâmetros químicos)

*Gráfico criado pelo autor*

A inversão dos resultados para o parâmetro fosfato correlacionado com o parâmetro alumínio observado no distúrbio indica possível relação com processo

erosivo presente nas drenagens observadas no presente estudo e coletadas nas imagens observadas na figura 12 da página 40 deste trabalho.

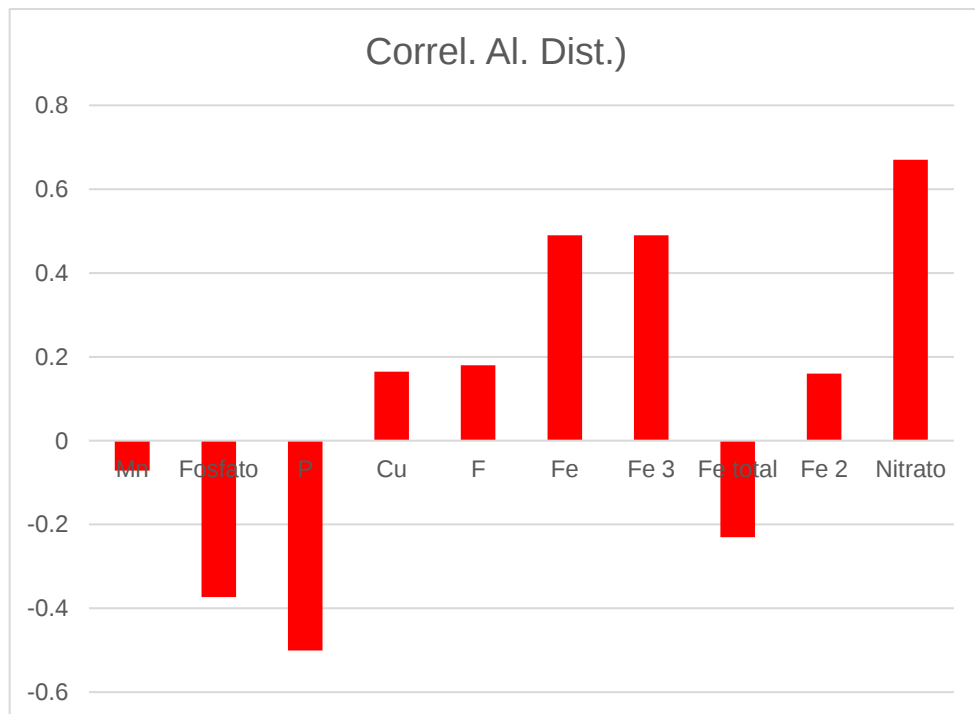
**Gráfico 17 e 18 - (Corr. Alumínio (cheia e seca) e outros parâmetros químicos)**



*Gráficos criados pelo autor*

Nas análises dos períodos de cheia e seca o parâmetro Al teve uma correlação esperada com os outros parâmetros analisados.

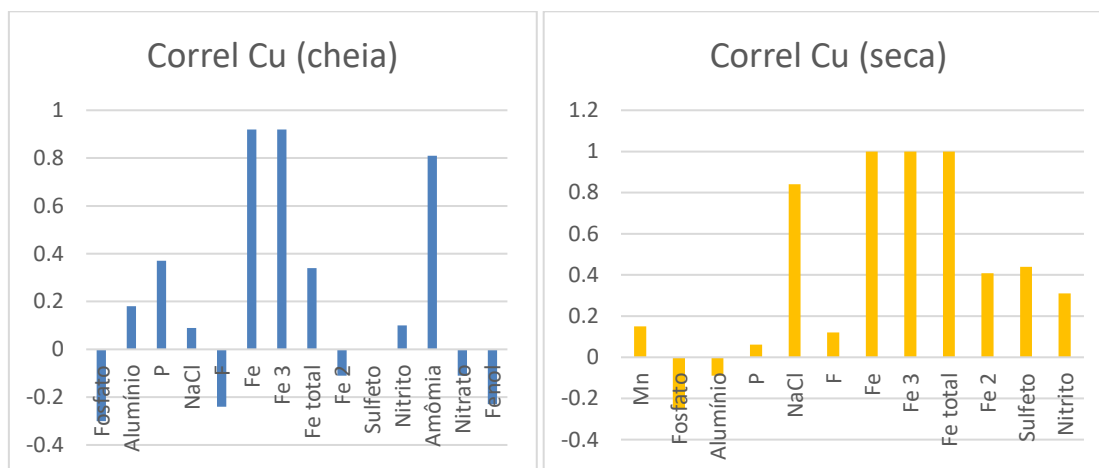
**Gráfico 19- (Correlação Alumínio e outros parâmetros químicos(cheia)).**



*Gráfico criado pelo autor*

Na análise da correlação do parâmetro Al no evento de distúrbio ocorrido em 03/2021 se destaca a inversão da correlação com o parâmetro P e a correlação com o parâmetro nitrato. Apesar de níveis moderados ocorreu também o aumento dos níveis de  $\text{Fe}_3$  e Fe nas amostras de água analisadas em laboratório.

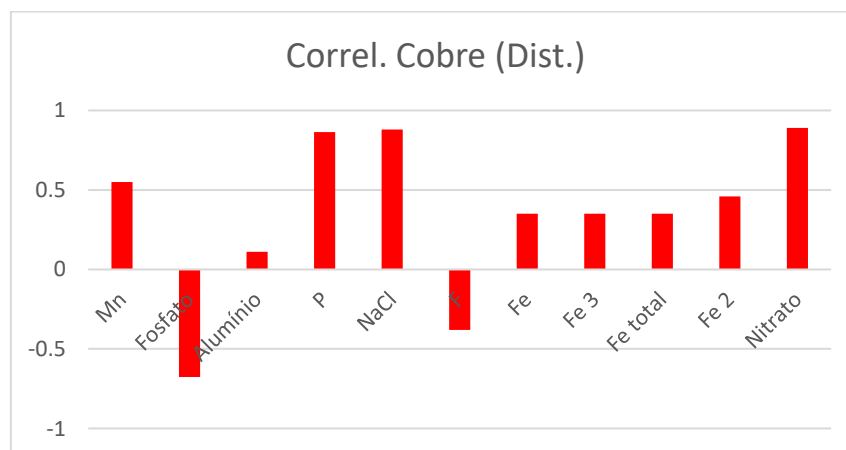
**Gráficos 20 e 21-** (Correlação cobre (Cu) e outros parâmetros químicos (cheia).



*Gráficos criados pelo autor*

Um dos parâmetros mais representativos a serem avaliados devido a sua correlação já indicada nas referências bibliográfica o cobre (Cu) teve resultados de correlação bem diferentes nos períodos de cheia e seca. Estes indicativos podem ser aprofundados para avaliar o uso deste elemento em praguicidas e a forma que se processa a incorporação deste elemento no ambiente aquático das bacias analisadas.

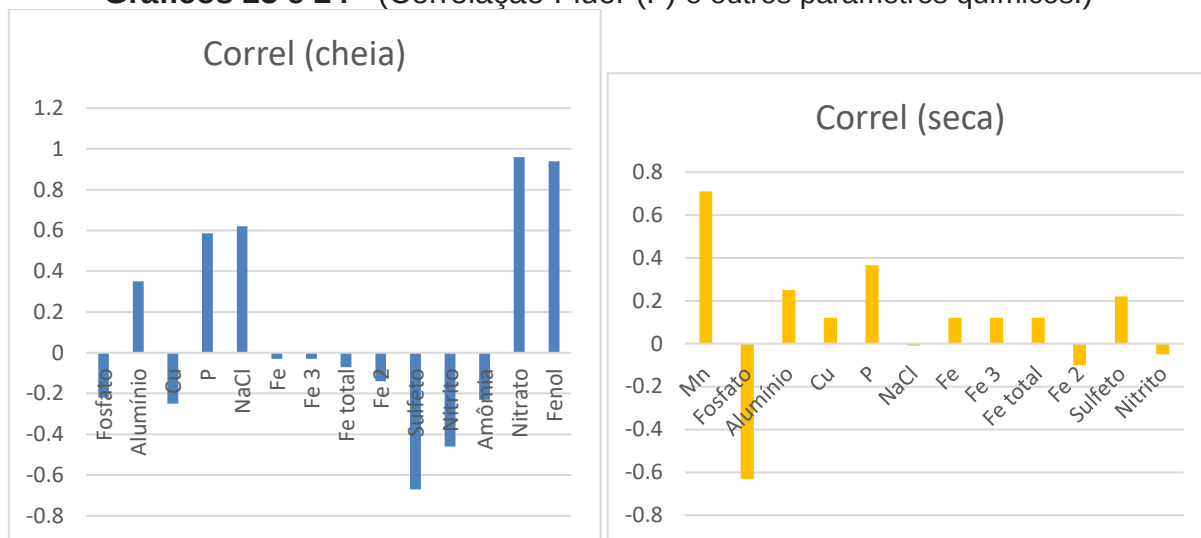
**Gráfico 22-** (Correlação cobre (Cu) e outros parâmetros químicos (dist.)).



*Gráfico criado pelo autor*

No evento ocorrido em 03/2021 observou um aumento expressivo na correlação com o parâmetro P e NaCl e ocorreu a correlação com nitrato.

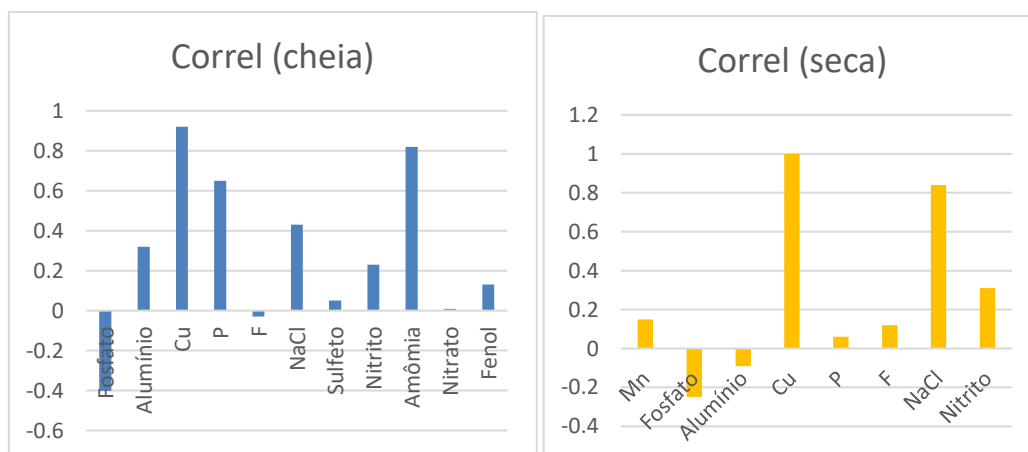
**Gráficos 23 e 24 - (Correlação Flúor (F) e outros parâmetros químicos.)**



*Gráficos criados pelo autor*

Nas considerações já apontadas nas referências bibliográficas o flúor (F) já aparecia como parâmetro importante para uma amostragem, os resultados das correlações com nitrato e fenol podem indicar a necessidade de aprofundamento na avaliação da presença e impacto deste elemento na biota aquática das áreas pesquisadas.

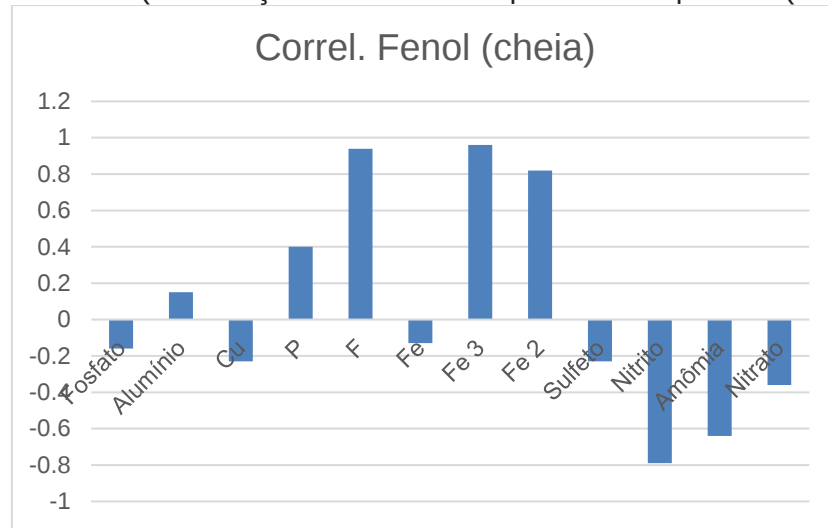
**Gráficos 25 e 26- (Correlação Ferro (Fe) e outros parâmetros químicos.)**



*Gráficos criados pelo autor*

A correlação do parâmetro Ferro com parâmetros Cu e amônia no período de cheia podem indicar o carreamento deste elemento após o uso nas práticas agrícolas das áreas de pesquisa, permanecendo a correlação com Cu na seca e aumentando a correlação com NaCl.

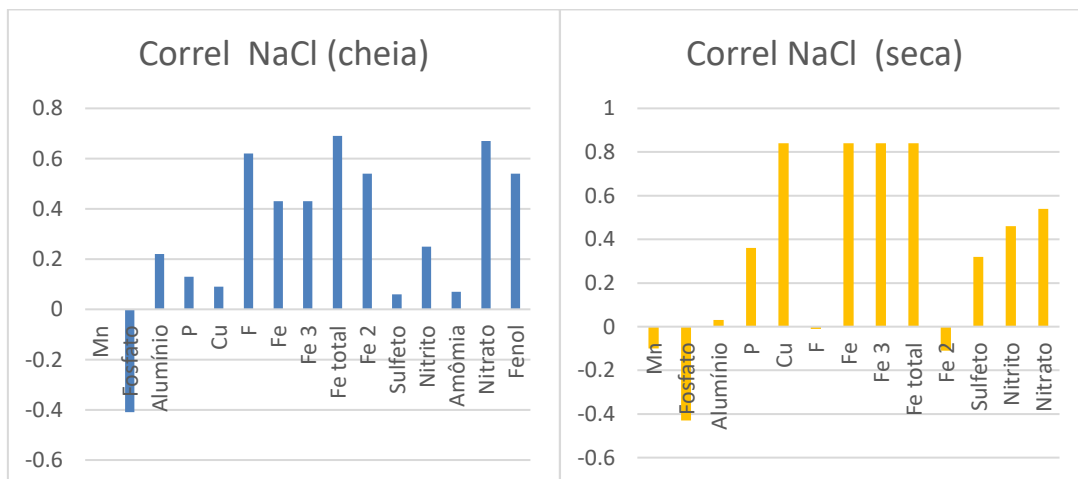
**Gráfico 27-** (Correlação fenol e outros parâmetros químicos(cheia).



*Gráfico criado pelo autor*

Apesar da ocorrência de apenas uma análise de laboratório a alta correlação do parâmetro fenol com os parâmetros Flúor (F) e Fe<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>, indicam possível relação do uso de produtos para controle de pragas no período de cheia.

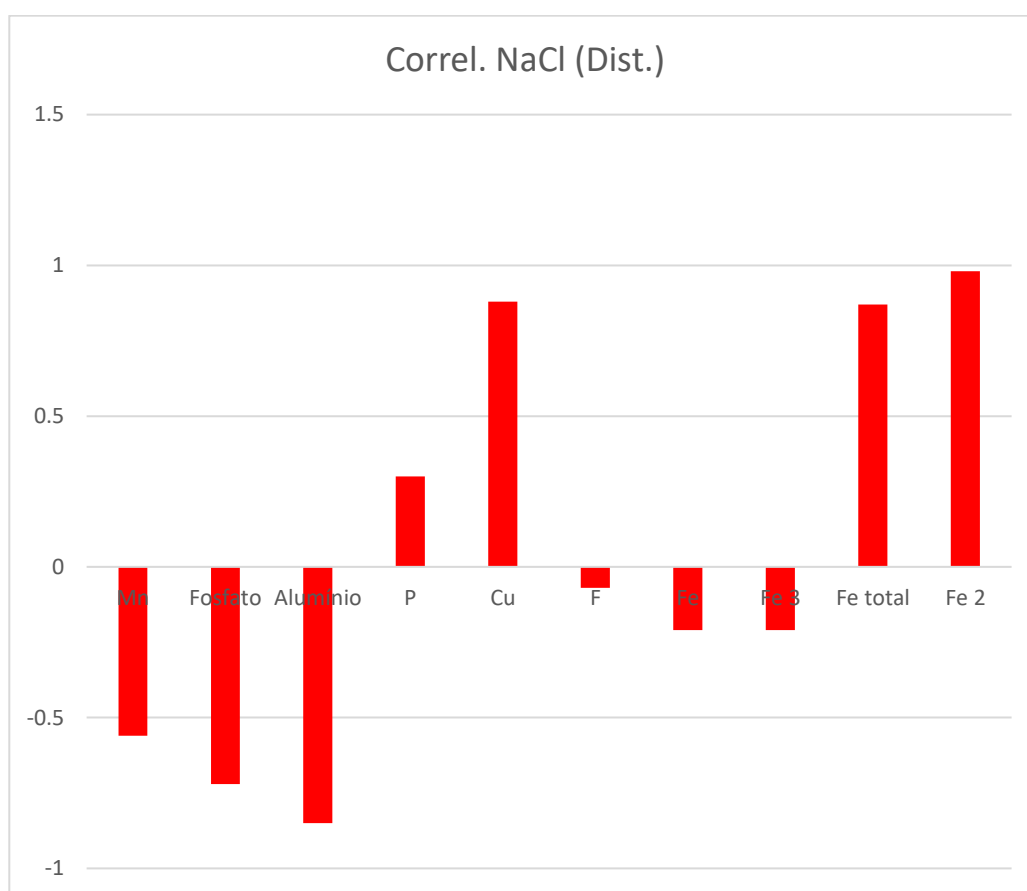
**Gráfico 28-** (Corr. NaCl per. de cheia) **Gráfico 29-** (Corr. NaCl per. de seca)



*Gráficos criados pelo autor*

A correlação do parâmetro NaCl com os parâmetros: Flúor (F), nitrato e fenol no período de cheia indica possível relação do uso destes elementos nas práticas agrícolas das bacias pesquisadas, acompanhando de forma moderada a presença dos elementos Ferro (Fe) no período de cheia. A correlação com o parâmetro Cobre (Cu) no período de seca foi expressiva devendo ser aprofundado o estudo para avaliar como se processa a entradas destes elementos no ambiente aquático.

**Gráfico 30-** (Corr. NaCl no período de distúrbio)



*Gráfico criado pelo autor*

Nas análises de laboratório de 03/2021 também se observou a correlação do parâmetro NaCl com os parâmetros Cu, Fe total e Fe<sub>2</sub>. A ocorrência destas correlações neste evento reforça a necessidade de aprofundar os estudos devido a importância do elemento Cu como um dos mais presentes nas fórmulas de praguicidas aplicados em lavouras.

## 7 Produto da pesquisa do mestrado profissional

O mestrado profissional ProfÁgua / UNESP prevê a apresentação de produto a ser entregue no final do curso como resultado da pesquisa do discente.

O produto apresentado foi a indicação dos parâmetros mais representativos e indicados para uma avaliação de qualidade de água que servem ou pertencem a bacia hidrográfica de uma unidade de conservação a fim de preservar os ambientes aquáticos.

Na avaliação pesaram os seguintes critérios:

- Variação ou alteração do parâmetro entre um ambiente preservado e outro com usos potencialmente degradantes.
- Correlação com outros parâmetros para justificar uma análise mais efetiva com economicidade.
- Avaliação das referências bibliográficas para os parâmetros a serem analisados nesta pesquisa.

A partir dos resultados das coletas e análises é possível afirmar que os melhores parâmetros para analisar a qualidade de água são em ordem decrescente:

Parâmetros físicos: **Turbidez  $\geq$  TDS > CE  $\geq$  Res > O<sub>2</sub> > T (°C) > pH**

Parâmetros químicos: **P > Cu  $\geq$  F  $\geq$  NaCl > Fe > Nitrato  $\geq$  Fenol > Al > Mn > Fosfato**

Um dos fatores apontados na pesquisa é que é necessário um ponto de referência preservado na mesma bacia hidrográfica a ser pesquisada para balizar os resultados da amostra que se encontre em análise. Fatores geológicos e geomorfológicos influenciam os resultados encontrados.

## 8 - CONCLUSÕES

A pesquisa que foi proporcionada pelo programa ProfÁgua trouxe a oportunidade de analisar o contexto de duas bacias hidrográficas com usos diferenciados, sendo uma com maior área de preservação de sua cobertura vegetal e outra com usos do solo e alterações nos processos hidrológicos.

A partir dos resultados de campo e laboratório foi possível indicar dentro dos parâmetros físicos e químicos pesquisados os que tiveram as maiores alterações.

Também foi possível ter a oportunidade de analisar a ocorrência de um possível um distúrbio ocorrido em uma das bacias analisadas na última coleta de dados.

Observou-se que a qualidade da água em um ambiente preservado respondeu positivamente nos resultados dos parâmetros de qualidade de água analisados e no ambiente com usos agrícolas e outros ocorreram alterações significativas nos resultados dos parâmetros analisados. Os únicos parâmetros que não apresentaram de acordo com o esperado para um ambiente preservado foram oxigênio dissolvido (mg/L) e potencial hidrogeniônico (pH).

Foi observado que no período da seca alguns parâmetros não se comportaram como o esperado, sendo os resultados superiores ao período de chuva. Pela grande atividade de máquinas e alteração do ciclo hidrológico devido a construção de drenos, novas pesquisas devem apontar se existe correlação entre esse uso específico e o aumento dos índices desses parâmetros.

Seriam necessárias novas análises para aprimorar os conhecimentos sobre o impacto na qualidade da água nas bacias hidrográficas e buscar novos métodos para identificar com precisão os impactos de cada atividade ou uso do solo.

A comparação do uso solo nas diversas bacias hidrográficas e seus efeitos na qualidade da água deve ser realizado em novas pesquisas, com maior número de parâmetros sejam físicos, químicos e biológicos. Não foi possível realizar nesta pesquisa os parâmetros biológicos devido a dificuldade de referências no próprio local de pesquisa e de laboratórios para fazer as análises desses parâmetros.

## **9 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS SOBRE O TEMA**

Os usos do solo e intervenções cada vez mais frequente nas áreas agrícolas têm impactado e alterado o ciclo hidrológico sendo necessário novas pesquisas para avaliar as alterações na vazão do rio ao longo do ano.

Outra linha de pesquisa seria levantar dados sobre a produtividade de água das duas bacias hidrográficas devido a grande alteração dos ciclos hidrológicos provocados pela drenagem.

Fazer o levantamento dos produtos utilizados nas lavouras em acompanhamento das pesquisas de campo e laboratório pode retirar dúvidas da correlação entre os parâmetros analisados e a prática agrícola na região.

## 10 – Apêndice

**Apêndice 1** – Tabela de descrição dos pontos de coleta (amostragem) da área da pesquisa.

| Pontos | Descrição              | Coordenada                          | Altitude | Uso do solo acima do ponto de coleta                                                                                                                |
|--------|------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01     | Córrego buriti torto   | 18°14'52.80"S<br>e<br>52°53'38.44"W | 785 m    | Área totalmente preservada, sem acessos humanos ou atividades antrópicas                                                                            |
| 02     | Rio Formoso            | 18°15'41.00"S<br>e<br>52°53'18.62"W | 780m     | Maior parte preservada. Com algumas áreas com uso agrícola na bacia, principalmente bacia do córrego do cupim.                                      |
| 03     | Córrego do Rego d'água | 18°18'29.18"S<br>e<br>53° 4'9.11"W  | 828 m    | Bacia totalmente antropizada com diversas atividades potencialmente poluidoras. Além da agricultura mecanizada, proximidade com rodovia e ferrovia. |
| 04     | Córrego do Ranchinho   | 18°20'36.05"S<br>e<br>52°54'16.91"W | 805 m    | Bacia totalmente antropizada com uso agropecuário e atividades de drenagem.                                                                         |
| 05     | Córrego Saudade        | 18°22'43.32"S<br>e<br>52°55'8.49"W  | 819 m    | Bacia totalmente antropizada com uso agropecuário e atividades de drenagem e retirada mineral em pequena escala.                                    |
| 06     | Rio Sucuriú            | 18°25'31.57"S<br>e<br>52°56'40.59"W | 795 m    | Bacia totalmente antropizada com uso agropecuário e atividades de drenagem.                                                                         |

*Tabela criada pelo autor*

**Apêndice 2** - Valores máximos observadores para parâmetros físicos nos pontos de coleta.

| Ponto/Parâmetro | pH   | CE              | TDS              | OD em % e mg/L | T°    | Res   | Turbidez |
|-----------------|------|-----------------|------------------|----------------|-------|-------|----------|
| 1               | 5.65 | 5.030           | 2.980            | 80,40% e 7,11  | 23,4° | 211,1 | 1,1      |
| 2               | 5.53 | 5.79            | 3.560            | 85,70% e 7,81  | 25,3° | 286   | 0,8      |
| 3               | 6.54 | 7.460           | 4.520            | 77,30% e 6,52  | 27°   | 212,7 | 4,5      |
| 4               | 6.26 | 65.370*<br>8.68 | 40.570*<br>5.310 | 77,80% e 6,76  | 28,5° | 197,7 | 1,8      |
| 5               | 5.64 | 7.450           | 4.560            | 88,90% e 7,95  | 24,8° | 231,7 | 4,1      |
| 6               | 6.78 | 7.420           | 4.560            | 97% e 8,51     | 27°   | 238,2 | 3,6      |

*Tabela criada pelo autor*

\* Leitura considerada para o ponto, mas influenciada por drenagem de área adjacente.

**Apêndice 3** - Valores mínimos observadores para parâmetros físicos nos pontos de coleta.

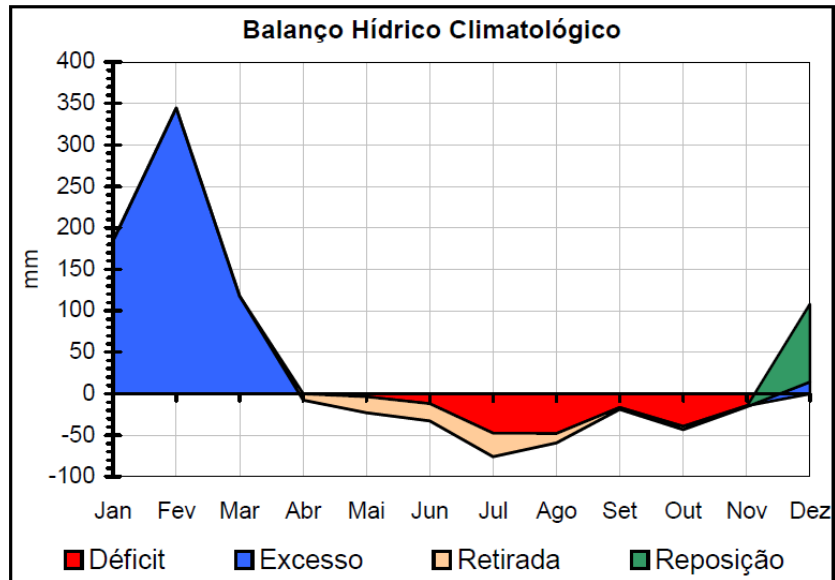
| Ponto/Parâmetro | pH   | CE    | TDS   | OD em % e mg/L | T°    | Res    | Turbidez |
|-----------------|------|-------|-------|----------------|-------|--------|----------|
| 1               | 4.65 | 3.380 | 2.600 | 49.9% e 4,15   | 20,4° | 180,9  | 0,23     |
| 2               | 4.63 | 2.850 | 1.750 | 54.95 e 4,42   | 19,4° | 205,3  | 0,3      |
| 3               | 5.76 | 5.240 | 3.290 | 53% e 4,12     | 22°   | 110,5  | 0,68     |
| 4               | 4.8  | 4.170 | 2.600 | 57.75% e 4,31  | 21,6° | 12,34* | 0,40     |
| 5               | 3.98 | 3.510 | 2.160 | 65.70% e 5,2   | 19,6° | 159,3  | 0,52     |
| 6               | 4.58 | 3.440 | 2.100 | 67.15% e 5,19  | 21°   | 171,9  | 1,38     |

*Tabela criada pelo autor*

\* Leitura considerada para o ponto, mas influenciada por drenagem de área adjacente.

# 11 - ANEXOS

**Anexo 1** - Balanço hídrico climatológico da área de estudo.



**Fonte:** Plano de Manejo do Parque Nacional das Emas (2004).

## 12 - REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas. **Resolução CONAMA 357/2005**. Disponível por meio eletrônico no site da Agência Nacional de Águas: [pnqa.ana.gov.br/Publicação/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicação/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf) (27/06/2021).

ALBUQUERQUE, A. et al (2016). **Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review**. Environmental Science: Processes & Impacts, 2016. Obtidas a partir da página: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/em/c6em00268d#!divAbstract>

ALVES S., T.; Vitorino, A.; Souza, L.; Gonçalves, M.; Carvalho, D. (2003). **Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, p. 191-196.

ARAÚJO, G.; ARAÚJO, V.; BARBOSA, M.; ARAÚJO, A.; TAVARES, R.; PASSOS, R.. **AVALIAÇÃO DO TEOR DE FERRO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMR/PE**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB, 2016. Obtida através da página: [www.ibeas.org.br](http://www.ibeas.org.br)

BONO, J.; MACEDO, M.; TORMENA, C.; NANNI, M.; GOMES, E.; MULLER, M.. **Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo 36(6). Dez 2012. Obtida via internet as 21:00 Horas do dia 20/11/2021 no endereço eletrônico (página): <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/MY598FrwgjDZPmDXnrKyXTj/?lang=pt>

BORTOLOZZO, R.; SANS, L.. **Selamento superficial e seus efeitos na taxa de infiltração: uma revisão**. Revista FactuCiência, v. 1, p. 37-45, 2001.

BOTELHO, R.; DA SILVA, A. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRITO, Luiza. **Avaliação de impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio salitre-Bahia e classificação das fontes hídricas**. 188F. 2003. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/16836>

CAMPOS, Ana. **A presença de metais e compostos químicos orgânicos nas águas superficiais e nos Sedimentos do rio tietê**. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública. Tese apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Saúde Pública para obtenção do título de Doutor em Ciências. (2012), Obtido on line, no site: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-11092012-203210/publico/AnaPaulaCampos.pdf>

CEBRAC, 2004. **Plano de manejo do parque nacional das emas**. Encarte 3 (análise da unidade de conservação). 107 páginas IBAMA/ICMBio – Biblioteca.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de são Paulo**. Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>

**RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Publicação - Diário Oficial da União –18/03/2005. Art. 4º I – (b e c), (, Art. 14 I – j)  
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>

CUELBAS, L. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água na microbacia do córrego campestre no município de Lins - SP** / Leandro Pereira Cuelbas. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007 vi, 118 p.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **LEI Nº 14.119, DE 13 DE JANEIRO DE 2021.** Obtida na página do Governo Federal em 28/06/2021 as 06:20 horas:  
<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>.

ESPINDOLA, H.; CAMPOS, R.; LAMOUNIER, K.; SILVA, R. (2016). **Desastre Da Samarco No Brasil: Desafios Para a Conservação Da Biodiversidade.** Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science 5 (3), 72-100.

ESTEVES, Francisco. **FUNDAMENTOS DE LIMINOLOGIA.** Editora INTERCIÊNCIA. 2ª Ed. – Rio de Janeiro Pag. 36 e 37. Obtido por meio eletrônico no endereço:  
[http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/fundamentos\\_de\\_limnologia\\_-\\_francisco\\_de\\_assis\\_esteves.pdf](http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/fundamentos_de_limnologia_-_francisco_de_assis_esteves.pdf)

FALEIRO, Flávio., Lima, Cláudia., Cunha, Fernanda. **Análise da paisagem da Bacia do rio Corrente / GO: contribuições antrópicas e naturais na distribuição geoquímica dos elementos na água e no sedimento.** Ateliê Geográfico – Goiânia / GO, v.9, n. 1, p. 50-64.

FIGUEIREDO, Eliseu. **Verificação da qualidade da água do rio Dourado pertencente à bacia Tietê-Batalha** / Eliseu Figueiredo Neto, 2018.

Hernández, R.B., Moteshareie, H., Burnside, D. et al. **Perturbação celular induzida por manganês na levedura do padeiro, *Saccharomyces cerevisiae* com implicações putativas na disfunção neuronal.** Sci Rep 9, 6563 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42907-2>

Hernández, R., Carrascal, M., Abian, J., Michalke, B., Farina, M, Gonzalez, Y., Iyirhiaro, G., Moteshareie, H., Burnside, D., Golshani, A., Suñol, C.. **Neurotoxicidade induzida por manganês em neurônios de grânulo cerebelar devido à perturbação de vias de rede celular com potenciais implicações para distúrbios neurodegenerativos.** *Metallomics*, Volume 12, Edição 11, Novembro 2020, Páginas 1656 - 1678,  
<https://doi.org/10.1039/d0mt00085j>

ICMBIO, 2015. **RELATÓRIOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS.** Biblioteca do PNE (Administração) Pag. 04-05)

ICMBIO, 2018. **RELATÓRIOS DE FISCALIZAÇÃO DE ÁREAS DO ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS.** Biblioteca do PNE (Administração) Pag. 02.

JÚNIOR, A. L. P. **Fatores edáficos de latossolos férricos na produtividade de cana-de-açúcar na região sul de Goiás.** Tese (Doutorado em agronomia) – Faculdade de agronomia e medicina veterinária – Universidade de Brasília, Brasília – DF, p. 118, 2016.

KOCHHANN, Rainoldo; DENARDIN, José (2000). **IMPLANTAÇÃO E MANEJO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO.** EMBRAPA, ISSN 1516-5582, 2000. Páginas 12 e 20.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Herman Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LIMA, L.L; LIMA, L.P.; FERREIRA, R. 53º **Congresso Brasileiro de Química**. Realizado no Rio de Janeiro/RJ, de 14 a 18 de Outubro de 2013. ISBN: 978-85-85905-06-4. Obtido por meio eletrônico na página: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/3234-14514.html>

LOLLO, J.; NEVES, M.; ARANES, L.; LIMA, C.; LORAND, R. (2019). **Mudanças de uso e cobertura da terra e degradação ambiental em bacias hidrográficas**. Bacias hidrográfica fundamentos e aplicações. 2ª Edição 2019. ANAP.

LOPES, Luciano. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Obtida através da pagina: <file:///C:/Users/NEA/AppData/Local/Temp/11377-Texto%20do%20artigo-44451-1-10-20160714.pdf>.

MATOS, V.; KONRATH, A.; AZAMBUJA, A.. **Introdução à estatística: aplicações em ciências exatas**. – 1. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2017. Obtida através da página: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521633556/epubcfi/6/28\[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter07\]!/4/4/1:0\[%2CAN%C3%81\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521633556/epubcfi/6/28[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter07]!/4/4/1:0[%2CAN%C3%81]), em 20/11/2021.

MELO, Camila. **Caracterização e dinâmica de metais em rios da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande** / Camila de Almeida Melo. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2010.

Neto, Eliseu. **Verificação da qualidade da água do rio Dourado pertencente à bacia Tietê-Batalha** / Eliseu Figueiredo Neto, 2018. 82 f. : il.

OLIVEIRA, T.; COSTA, L. **Metais pesados em solos de uma topolitossequência do Triângulo Mineiro**. Rev. Bras. Ciênc. Solo. vol.28, n.4, pp. 785-796, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000400018>>.

PASSOS, Ana L.; MUNIZ, D.; FILHO, E. (2018). **Critérios para avaliação da qualidade de água no Brasil: um questionamento sobre os parâmetros utilizados**. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science. p. 290-303. <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1100262/criterios-para-avaliacao-da-qualidade-de-agua-no-brasil-um-questionamento-sobre-os-parametros-utilizados>

PLANALTO GOV BR. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Obtida na página do governo federal em 28/06/2021 as 06:00 horas: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm).

PLANTIO DIRETO. **A tecnologia que revolucionou a agricultura Brasileira**. 1 Edição. MOTTER, P.; ALMEIDA, H.; VALLE, D. MELLO, I.. Foz do Iguaçu (2015) Editora Parque Itaipu. Pag. 7

PINHEIRO, J.; RIBEIRO, L.. **MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**. Bacias hidrográficas fundamentos e aplicações. 2ª Edição 2019. ANAP

CARVALHO, H.; SILVA, S.; PINTO, J.; ERNESTO, I. - **Estudo da viabilidade da análise de fósforo em água bruta por ICP-OES: Comparativo com Colorimetria**. 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2018. AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp. Obtida na página as 15:34 hs de 11/01/2022  
<https://www.digitalwater.com.br/wp-content/uploads/2018/10/analise-fosforo-agua-bruta.pdf>

RAMALHO, F.; CABRAL, J.; BARCELOS, A.. **UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA EM BACIA HIDROGRÁFICA**. Bacias hidrográficas, fundamentos e aplicações. 2ª Edição, 2019. ANAP.

RAPOSO, A.; BARROS, L. **O PARÂMETRO DE TURBIDEZ DAS ÁGUAS COMO INDICADOR DE IMPACTOS HUMANOS NA DINÂMICA FLUVIAL DA BACIA DO RIO MARACUJÁ – QUADRILÁTERO FERRÍFERO/MG**. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa, 2009.

RODRIGUES, E.; MATOS, D.. **ANÁLISE FATORIAL**. Coleção Metodologias de Pesquisa. Brasília: Enap, 2019. Obtida no endereço eletrônico as 22:40 de 20/11/2021:  
<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4790/1/Livro%20An%C3%A1lise%20Fatorial.pdf>

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. **Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos**. Embrapa Cerrados, 2019. Obtidas a partir da página: <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1113073/fundamentos-e-beneficios-do-sistema-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-para-os-recursos-hidricos>.

SABESP - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Norma Técnica Interna SABESP NTS 008. Pag. 01. Obtido endereço eletrônico as 07:40 de 01/12/2021:  
<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/nts008.pdf>

SANTANA, M.; CARVALHO, J.; SOUSA, K.; SOUSA, A.; VASCONCELOS, C.; ANDRADE, L.. **EFEITOS DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA BROTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM SPP) E EM SOLOS COM DIFERENTES NÍVEIS TEXTURAIS**. Engenharia Rural, 2007. Obtido por meio eletrônico na página: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000500030>.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, J. K. L.; BRITO, E. T. F. S. **Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro**. Ambi-Água, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 263-271, 2013.

SEHN, **Leonardo**. UFRGS Tecnologia empregada por ChiliProject. **DE OLHO NAS ÁGUAS**. Obtido as 08:00 hs do dia 01/12/2021 no endereço eletrônico da UFRGS:  
[http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado\\_da\\_Arte](http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado_da_Arte)

**SITE AGRITEMPO.** Sistema de Monitoramento Agro meteorológico Disponível em:<  
<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=GO>>. Acesso em  
21 de maio de 2021.

SODRÉ, Fernando. ESPECIAÇÃO DO COBRE EM ÁGUAS NATURAIS: INFLUÊNCIA DE FATORES ASSOCIADOS À URBANIZAÇÃO. Tese apresentada como requisitos para a obtenção do título de Doutor em ciências. Programa de Pós-Graduação em Química, UFPR, 2005. Obtida através de meio eletrônico na página:  
[file:///C:/Users/NEA/AppData/Local/Temp/Tese\\_FFSoDr%C3%A9.pdf](file:///C:/Users/NEA/AppData/Local/Temp/Tese_FFSoDr%C3%A9.pdf).

SOUZA, Z. M. **Movimento de água e resistência à penetração em um latossolo vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos.** 2003. 130 p. (Dissertação de Mestrado), UNESP, Ilha Solteira, 2003.

SZIKSZAY, Maria. Geoquímica das águas, 1993. 5ª edição. Obtido no endereço eletrônico:  
<https://www.revistas.usp.br/bigsd/article/view/45351>

VIEIRA, Rosana. **CICLO DO NITROGÊNIO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS.** Embrapa, 2017. Obtido via internet na página: <file:///C:/Users/NEA/AppData/Local/Temp/2017LV04.pdf>.