

**CARLA SIMONE SEIBERT  
KELLEN LAGARES FERREIRA SILVA**

# **CRISE HÍDRICA E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL**



**EDUFT**  
*Conhecimento na palma da mão*

**CARLA SIMONE SEIBERT  
KELLEN LAGARES FERREIRA SILVA**

# **CRISE HÍDRICA E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL**



**EDUFT**

Conhecimento na palma da mão

**Universidade Federal do Tocantins**  
**Editora da Universidade Federal do Tocantins**

**Reitor**

*Luis Eduardo Bovolato*

**Vice-reitor**

*Marcelo Leineker Costa*

**Chefe de Gabinete**

*Emerson Subtil Denicoli*

**Pró-Reitor de Administração e  
Finanças (PROAD)**

*Jaasiel Nascimento Lima*

**Pró-Reitor de Assuntos Estudantis  
(PROEST)**

*Kherlley Caxias Batista Barbosa*

**Pró-Reitora de Extensão, Cultura e  
Assuntos Comunitários (PROEX).**

*Maria Santana Ferreira dos  
Santos*

**Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas (PROGEDEP)**

*Michelle Matilde Semiguem Lima  
Trombini Duarte*

**Pró-Reitor de Graduação  
(PROGRAD)**

*Eduardo José Cezari*

**Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ)**

*Raphael Sânzio Pimenta*

**Pró-Reitor de Tecnologia e  
Comunicação (PROTIC)**

*Ary Henrique Morais de Oliveira*

**Conselho Editorial Presidente**

*Ruhena Kelber Abrão Ferreira*

*Membros do Conselho por Área*

**Ciências Biológicas e da Saúde**

*Eder Ahmad Charaf Eddine*

*Marcela Antunes Paschoal  
Popolin*

*Marcio dos Santos Teixeira Pinho*

**Ciências Humanas, Letras e Artes**

*Barbara Tavares dos Santos*

*George Leonardo Seabra Coelho*

*Marcos Alexandre de Melo  
Santiago*

*Rosemeri Birck*

*Thiago Barbosa Soares*

*Willian Douglas Guilherme*

**Ciências Sociais Aplicadas**

*Roseli Bodnar*

*Vinicius Pinheiro Marques*

**Engenharias, Ciências Exatas e da  
Terra**

*Fernando Soares de Carvalho*

*Marcos André de Oliveira*

*Maria Cristina Bueno Coelho*

**Interdisciplinar**

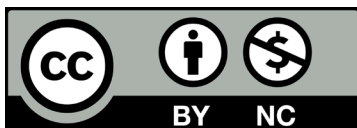
*Ana Roseli Paes dos Santos*

*Ruhena Kelber Abrão Ferreira*

*Wilson Rogério dos Santos*

**Copyright © 2024 – Universidade Federal do Tocantins – Todos direitos reservados**

Universidade Federal do Tocantins (UFT) | Câmpus de Palmas  
Avenida NS 15, Quadra 109 Norte | Plano Diretor Norte  
Bloco IV, Reitoria  
Palmas/TO | 77001-090



Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

**Preparação e Capa:** Joilene Lima

**Diagramação:** Joilene Lima de Abreu

**Revisão:** O conteúdo dos textos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade dos respectivos autores.

**Organizadoras:** Carla Simone Seibert, Kellen Lagares Ferreira Silva

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins (SISBIB)**

---

S457c Seibert, Carla Simone; Lagares Ferreira Silva, Kellen

Crise hídrica e sua contextualização socioambiental. /

Carla Simone Seibert, Kellen Lagares Ferreira Silva. – Palmas, TO:  
EdUFT, 2024.  
136 p.

Editora da Universidade Federal do Tocantins (EdUFT). Acesso  
em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/editora>.  
ISBN: 978-65-5390-125-4.

1. Crise Hídrica. 2. Meio Ambiente. 3. Socioambiental. 4.  
Tocantins. Seibert, Carla Simone. II. Silva, Kellen Lagares Ferreira.  
III. Título.

**CDD 304.2**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte.



# SUMÁRIO

Capítulo 01 - O “dito e o não dito” no discurso sobre a crise hídrica na bacia do rio Formoso .....8

Cidiclei Alcione Biavatti, Jéssyka Ribeiro Santos, Pedro Igor Galvão Gomes, Valcir Sumekwa Xerente, Mariela Cristina Ayres de Oliveira, Kellen Lagares Ferreira Silva

Capítulo 02 - Análise ambiental da redução da vazão de água na bacia hidrográfica do rio Formoso -To, Brasil: a correlação de fatores naturais e antrópicos.....34

Túlio Dornas, Eliane Fialho Santos, Guido Camilo, Fábio Brega Gamba, Sylvia Setúbal, Kelly Bessa.

Capítulo 3- Mensuração do consumo de água do setor agrícola para o estado do Tocantins ..... 53

Hugo Lopes Pereira, Lucivania Pereira Glória, Poliane Cardoso da Silva, Patrícia Silva Pires, Rita de Cássia Batista Silva Turíbio, Elisandra Scapin, Heber Rogério Gracio.

Capítulo 4 - Quanto vale a água? - Uma discussão sobre os impactos do preço da água em relação a renda social urbana na região norte do Brasil.....80

Alana Cristina Santana, Leonardo Matheus Banabé Batista, Milena Santos Falcão, Fernando de Moraes

Capítulo 5 - Susceptibilidade à contaminação das águas decorrentes da utilização de agrotóxicos em áreas selecionadas da bacia Tocantins - Araguaia .....98

Liliana Pena Naval, Gleicielly Lima Prado

## CAPÍTULO 1

# O “DITO E O NÃO DITO” NO DISCURSO SOBRE A CRISE HÍDRICA NA BACIA DO RIO FORMOSO

Cidiclei Alcione Biavatti<sup>1</sup>

Jéssyka Ribeiro Santos<sup>2</sup>

Pedro Igor Galvão Gomes<sup>3</sup>

Valcir Sumekwa Xerente<sup>4</sup>

Mariela Cristina Ayres de Oliveira<sup>5</sup>

Kellen Lagares Ferreira Silva <sup>6</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são fundamentais para o desenvolvimento de atividades econômicas. A água é essencial para a manutenção da vida no planeta terra, pois não só é necessária para o consumo humano, como para o desenvolvimento de atividades econômicas como por exemplo a produção agrícola.

No planeta Terra, disponibiliza-se 113 trilhões de metros cúbicos de água para o surgimento e a manutenção da vida, sendo que 17

---

1 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – biavatti.cidiclei@mail.uft.edu.br

2 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – jessyka@mail.uft.edu.br

3 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – pedroigor@mail.uft.edu.br

4 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – valcirsunekwa@hotmail.com

5 Docente do Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública em rede nacional - PROFIAP, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – mariela@mail.uft.edu.br

6 Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins, Brasil - lagares@uft.edu.br

milhões de metros cúbicos dessa água estão vinculadas ao território brasileiro. Embora seja possível afirmar que o Brasil é o país com maior volume de água doce no mundo, o mesmo se posta mal colocado segundo o Water Poverty Index - WPI, um índice<sup>7</sup> mundial de pobreza da água (NELSON, 2017, p. 80).

Anualmente, a vazão dos rios brasileiros dá conta de um volume igual a 12% dos recursos hídricos (QUEIROZ, 2012, p. 170). Sendo assim, entende-se que o uso das águas se dá de múltiplas formas, como por exemplo: abastecimento das cidades e zonas rurais, irrigação na agricultura, nas atividades industriais, na implementação para navegação fluvial, na geração de eletricidade, no desenvolvimento do ecoturismo, na pesca, lazer entre outros.

No Estado do Tocantins, a bacia hidrográfica do rio Formoso se destaca entre as 30 bacias do estado, sendo uma das maiores, com área de drenagem de 21.328,57 km<sup>2</sup>, cerca de 7,7% da área total do estado. Situa-se na região sudoeste do estado, abrangendo parte do território de 15 municípios Tocantinenses, a saber: Aliança do Tocantins, Alvorada, Araguaçu, Cariri do Tocantins, Cristalândia, Crixás do Tocantins, Dueré, Figueirópolis, Formoso do Araguaia, Gurupi, Lagoa da Confusão, Nova Rosalândia, Sandolândia, Santa Rita do Tocantins e Talismã (TOCANTINS, 2007).

A bacia apresenta grande importância econômica para o Estado, uma vez que nela se localizam vários projetos agrícolas de grande relevância. Dessa forma, o principal uso da água na Bacia do rio Formoso é para irrigação que chega a cerca de 98,5% da demanda total, aproximadamente 35 m<sup>3</sup>/s, com destaque para o método de plantio de arroz por inundação (TOCANTINS, 2007).

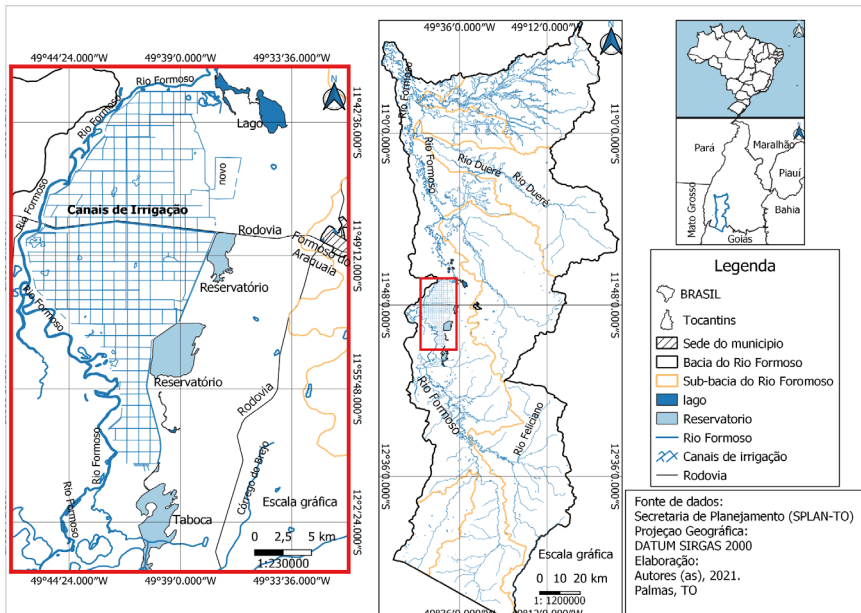
Dentre os projetos de irrigação destaca-se o Projeto Rio Formoso pelo seu papel pioneiro na bacia e como propulsor do avanço e desenvolvimento do agronegócio na região (Figura 1). O projeto surge no final da década de 70 como fruto do processo de "marcha para o oeste" iniciado ainda na era Vargas, sendo a sua instalação considerada sem precedentes para a expansão da fronteira agrícola na região do médio Araguaia (RODRIGUES, 2013). A implantação do projeto

---

<sup>7</sup> De um lado os índices mostram, os países pobres em água, entre elas estão Haiti, Níger, Etiópia, Eritreia, Malawi, Djibouti, Tchad, Benin, Ruanda e Burundi. De outro lado, mostram os países ricos em águas, entre elas estão Finlândia, Canadá, Islândia, Noruega, Guiana, Suriname, Áustria, Irlanda, Suécia e Suíça. Entre os países ricos em águas, o Brasil está com uma pontuação de 61,2, ficando na 50ª colocação, no bloco intermediário alto (NELSON, 2017, p.79).

ficaria a cargo do Estado que arcaria com os custos de execução e posteriormente haveria o ressarcimento por parte dos produtores que receberiam as terras (IBIDEM, 2013).

**Figura 1.** Localização do Projeto Rio Formoso



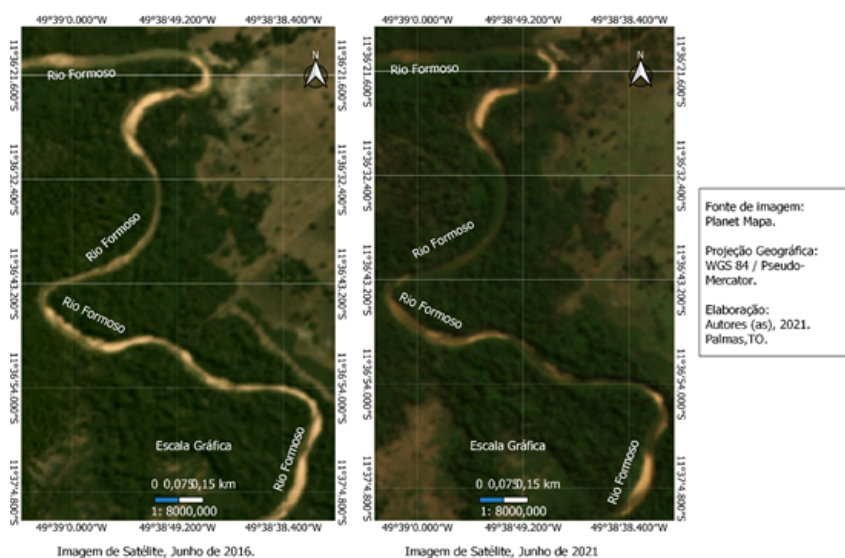
Fonte: Autoria própria.

Desse modo, o processo foi marcado por desapropriações sendo que as cooperativas criadas para a gestão do projeto o assumiram em caráter privado e sem a participação da população local que não conseguia arcar com os custos de implantação, custos estes que efetivamente não foram cobrados de todos os produtores contemplados com a entrega dos títulos (IBIDEM, 2013).

A região é palco de conflitos devido a utilização da água, provocando grande pressão sobre os recursos hídricos, principalmente pela crescente demanda produtiva das atividades agrícolas (LUIS FILHO; VERGARA; RODRIGUES, 2015). Em decorrência da falta de fiscalização em relação a vazão retirada para essas atividades, principalmente para uso na irrigação, a bacia do rio Formoso tem sofrido com a estiagem, levando à seca extrema dos rios e a sucessivos danos ambientais locais, como a morte de peixes e quelônios, bem como impactos às comunidades ribeirinhas, indígenas e na produção agrícola familiar (CONEXÃO TOCANTINS, 2018).

A Figura 2 traz uma comparação de imagens de satélite de dois períodos do mês de junho, em 2016 e 2021, onde é possível visualizar o aumento do solo exposto e o surgimento de praias a jusante do Projeto Rio Formoso. Na imagem de 2016 aparecem as praias devido a diminuição da vazão do Rio, na imagem de 2021 em algumas partes aparece solo exposto e possivelmente algumas formações de vegetação que se inicia após a diminuição da largura do leito do Rio. As imagens estão localizadas à distância de seis (6) quilômetros (Km) do Projeto em linha reta.

**Figura 2.** Efeito da diminuição do volume de água a jusante do Projeto Rio Formoso



Fonte: Autoria própria.

Esse tema é recorrente em matérias de jornais nos últimos anos, que relatam episódios de secas nos rios da Bacia do Rio Formoso, sendo que em alguns locais a captação teve que ser suspensa pela justiça. Dessa forma, há uma contradição com os objetivos do Projeto de Plano da Bacia do Rio Formoso, desenvolvidos em 2007, que previam a compatibilização entre disponibilidade e demanda dos usos múltiplos das águas. O Plano em questão seria compartilhado pelos diferentes setores da gestão, sob a perspectiva de proteção e conservação desse recurso essencial à vida, do bem-estar social e do desenvolvimento sustentável.



O Jornal do Tocantins é um dos veículos de comunicação que realiza cobertura jornalística das alterações ocorridas na Bacia do Rio Formoso. O veículo foi fundado em 1979, na cidade de Araguaína, então estado de Goiás, e editado até 1981, quando sua circulação foi interrompida, sendo retomada em 1988, com a criação do Estado do Tocantins (SILVA, 2003). Dentre as mudanças ocorridas na região e acompanhadas pelo Jornal do Tocantins, está a implantação do Projeto Rio Formoso, com cobertura desde a sua implantação, no final dos anos 1970.

Diferentes discursos sobre o uso e ocupação da bacia são abordados pelo jornal. Sobre o Projeto Rio Formoso, muito foi dito sobre sua contribuição no desenvolvimento econômico da região, silenciando, entretanto, sobre quanto esse projeto implicaria na disponibilidade hídrica. Considerando que nem só de palavras é constituído o discurso, Orlandi (2011) discorre que o silêncio, tomado aqui como o não dito, tende a criar certa inquietação na linguagem. Ainda de acordo com Orlandi (2011, p. 35) “o nosso imaginário social destinou um lugar subalterno para o silêncio. Há uma ideologia da comunicação, do apagamento do silêncio, muito pronunciado nas sociedades contemporâneas”, fruto da necessidade urgente em se dizer clara e rapidamente, diante da estrutura cotidiana em que estamos inseridos.

Sendo assim, a Análise de Discurso se apresenta como uma ferramenta para investigar a forma como os acontecimentos são relatados. Por intermédio dela é possível perceber construções discursivas e identificar atores envolvidos, as vozes que ecoam e o silêncio, o não dito, enfim, elementos que postam como fundamentais na constituição do significado do objeto de análise (SANTOS; GHELLERE, 2020).

Diante do exposto, o objetivo foi compreender o discurso sobre a crise hídrica na Bacia do Rio Formoso e suas implicações ambientais, em matérias do Jornal do Tocantins.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Gonsalves (2001, p. 35) e Laville e Dione (1999, p. 113) caracterizam, respectivamente a prospecção bibliográfica como sustentada através de “fontes secundárias”, ou seja, as informações são coletadas, mas

não restringidas, em “livros, artigos, teses, dicionários especializados, resenhas, enciclopédias”, podendo o pesquisador se valer de outras fontes para elaborar seu referencial teórico, como por exemplo, periódicos e jornais.

Ascende-se, então, à próxima fase, quando se busca aporte em fonte documental. O *corpus* foi formado por três matérias, publicadas no Jornal do Tocantins, no período compreendido entre 1979 e 2021, referentes ao discurso sobre a utilização da água na Bacia do Rio Formoso. Para constituição do *corpus* os descritores utilizados são “Projeto Rio Formoso” e/ou “Bacia do Rio Formoso” e/ou “crise hídrica”.

A busca se estruturou em três etapas, assim compreendidas: a primeira, com as matérias publicadas entre 1979 e 1987, realizada na hemeroteca da Biblioteca Nacional Digital, a segunda etapa, com jornais publicados entre 1990 e 2008, na hemeroteca física do acervo histórico da Fundação Cultural de Palmas, localizado na Casa de Cultura, no Parque Cesamar. A terceira etapa da pesquisa, no acervo digital do próprio Jornal do Tocantins, com matérias publicadas entre 2010 e 2021, foi possível após efetuada a assinatura da versão digital do jornal. As matérias foram analisadas a partir da Análise do Discurso da escola francesa, que deste ponto em diante abreviamos como AD e, pela análise de similitude textual gerada pelo *software* IRAMUTEQ.

Surgida na década de 1960 na França, através do linguista lexicólogo, Jean Dubois, e do filósofo Michel Pêcheux, a teoria da AD considerava que a gramática e a língua não deveriam se converter unicamente como objetos centrais dos estudos. O discurso deveria ser analisado, considerando a carga ideológica que carrega, a posição de quem está emitindo e quais suas motivações.

Para Orlandi (2002) a análise de discurso trabalha considerando a língua como instrumento de construção de sentidos, inserida na construção das relações sociais.

O jornalismo se relaciona com o discurso de maneira intensa. Para Benetti (2008, p. 13), “o jornalismo é, entre outras definições possíveis, um discurso”. O jornalismo escrito ou impresso, tem como característica postar-se de maneira monolocutiva, isso é, sem interpelação imediata do leitor, momento em que pode planejar previamente sua escrita e pré-visualizar o alcance de suas argumentações, no que “pode-se dizer que ela se dirige diretamente ao espírito, enquanto as outras apelam mais para os sentidos (CHARAUDEAU, 2013, P. 234).

Traquina (2005) sugere que o jornalismo é um amálgama de histórias diversas, que contam a trajetória social de determinado grupo ou, de maneira geral, da humanidade. Essas histórias são a conformação de o jornalismo como gênero discursivo, compartilhando alguns elementos necessários para que se consolide: sujeito e ideologia. Considerando que sujeito e ideologia se entrecruzam no discurso, Abreu (2000, p. 21) entende “que não há discurso jornalístico sem ideologia”. Existe assim, no interior da ideologia, um movimento que mascara os reais pretextos de sua emergência. Essa subjetividade velada está na constituição do próprio sujeito, abarcando suas vivências, as contidas em que se insere, a realidade que espelha e molda sua existência (Pêcheux, 1995).

O sujeito, assim entendido no discurso, “é constituído a partir da relação com o outro, nunca sendo fonte única do sentido, tampouco elemento onde se origina o discurso” (FERREIRA, P. 23). Portanto, o sujeito do discurso é diverso, como aludem Charaudeau e Maingueneau (2005, p. 540), “es polifônico por el hecho de ser portador de varias voces enunciativas”. Assim, na conformação do discurso, ou na formação discursiva, surgem os sentidos proferidos, contidos tanto no que foi dito como no que não foi dito.

O *Software IRAMUTEQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires)* (RATINAUD, 2009), foi desenvolvido por Pierre Ratinaud e até 2009 esteve disponível apenas na língua francesa, sendo posteriormente adicionados dicionários em outras línguas, incluindo a portuguesa (SOUZA et al., 2019, p. 2). A análise de similitude no IRAMUTEQ, se dá após a inserção do texto a ser analisado no *software*, definindo os termos que deverão ser considerados para a investigação. A análise de similitude permitiu se perceber as conexões entre termos, destacando os que hierarquicamente se sobressaem em determinada construção textual (Marchand e Ratinaud, 2012). A partir dessa estratificação, criou-se representações gráficas, em que surgem as palavras e seus conectores. Isso possibilitou a verificação das conexões apontadas nos ensaios criados com o uso da AD também se exteriorizam nos gráficos gerados pelo IRAMUTEQ.

## **Apontamentos para a leitura e análise das matérias**

A compreensão das matérias e utilizando-se os preceitos da Escola Francesa da Análise de Discurso, deu-se por uma leitura criteriosa dos textos jornalísticos, por meio da qual identificou-se os sujeitos enunciadore, qual sua conformação enquanto ator social e seu papel na formação discursiva. Ao se decodificar as variações do discurso, almejou-se também verificar como determinados termos se relacionam no texto, criando árvores de palavras, geradas pelo *software* IRAMUTEQ. Assim, as relações dos sujeitos e seus enunciados, bem como a recorrência de palavras nas matérias, foram ferramentas que permitiram compreender a geração de sentido na conformação do discurso jornalístico.

Observando o pensamento de Gregolin (1995), três níveis de geração de sentido emergem na construção textual: nível fundamental, narrativo e discursivo. No nível fundamental foi possível, de acordo com Gregolin (1995, p. 15) identificar o sentido “a partir de que ele se constrói - trata-se da relação de oposição ou de diferença entre dois termos, dentro de um universo semântico”. Essa relação de oposição teve como objetivo evidenciar uma posição em relação a outra. Utiliza-se como exemplo o descrito por Fiorin (2000, p. 20), em que dois textos podem se utilizar dos termos “/natureza/ *versus* /civilização/ e valorizar, de maneira distinta, esses termos”. De acordo com o ativismo de quem escreve o texto – preservação X exploração – um termo será positivo e o outro terá enfoque negativo.

No nível narrativo, emerge o sujeito, “a narrativa simula a história do homem em busca de valores e os contratos e conflitos que marcam os relacionamentos humanos” (GREGOLIN, 1995, p. 16). A narrativa, na perspectiva da AD, se estrutura em quatro fases: Manipulação, Competência, Performance e Sanção. Na manipulação, Fiorin (2000, p. 22) descreve que “um sujeito age sobre outro para levá-lo a querer e/ou dever fazer alguma coisa”. Na competência, o sujeito é dotado de saber ou poder, o que o transforma em agente modificador central da narrativa. O manipulado torna-se manipulador, demonstrando sua capacidade para realizar determinadas tarefas ou atos. Gregolin (1995) descreve que na próxima fase, a performance, o sujeito efetivamente age. Na última fase surge a sanção, que pode ser positiva, quando o agente transformador, o sujeito, realiza a tarefa de maneira satisfatória, sendo assim exaltado. Por outro lado, a sanção

pode ser negativa, quando o prêmio se transforma em punição ou impactando negativamente na imagem do sujeito (FIORIN, 2000).

No nível discursivo ocorre a transformação da narrativa em discurso, quando são assumidas pelo sujeito, o agente transformador. Tanto em Gregolin (1995) como em Fiorin (2000), foi possível perceber que é nesse momento em que surgem as escolhas de personagem, lugares, situações e posicionamentos ideológicos, das quais o sujeito lança mão para contar uma estória, enfocando em um ponto de vista pessoal ou de maneira subjetiva, os interesses de determinado grupo humano. É importante destacar que como os textos são distintos, também assim são as maneiras de se ler o texto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a busca documental, foram identificados três momentos distintos na cobertura jornalística sobre a Bacia do Rio Formoso. O primeiro enfoca a importância da implantação do projeto. No segundo período, há a primeira menção ao déficit hídrico na região, e, o terceiro trata de maneira intensa do uso inadequado da água e o agravamento da crise hídrica. Diante disto, optou-se por selecionar uma matéria para cada um desses períodos, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1.** Matérias do Jornal do Tocantins.

<b>Matéria</b>	<b>Título</b>	<b>Data</b>	<b>Editoria</b>	<b>Autor</b>
<b>01</b>	Projeto Rio Formoso, revolução já instalada em nossos campos	08 a 14 de agosto de 1980	Geral	Não identificado
<b>02</b>	Região sul também sofre com estiagem	23 de setembro de 1999	Cidades	Teresa Catalani
<b>03</b>	MP aponta maior nível crítico dos últimos anos e pede a suspensão de captação na bacia do Formoso	28 de julho de 2021	Vida Urbana	Redação Jornal do Tocantins



A escolha pela primeira matéria se deu por marcar o início da ocupação de maneira intensiva da Bacia do Rio Formoso, com a implantação do Projeto de Irrigação Rio Formoso, pelo Governo de Goiás. A segunda matéria foi o primeiro registro encontrado que trata das implicações da falta de água na zona rural, embora retratada como originada na estiagem sazonal. Mesmo assim, tem importância por antecipar na área da Bacia do rio Formoso, especificamente no projeto de irrigação, as consequências do baixo nível dos rios, que dificultam a captação de água para a atividade agrícola, com a matéria demonstrando o impacto apenas na economia. Na terceira matéria se encontra um momento marcado pela judicialização do uso da água na Bacia do Rio Formoso. Esse recorte é importante por mostrar que o déficit hídrico na região vai além da falta ou irregularidade das chuvas, mas sim por demonstrar captações irregulares nos rios e a ineficiência do poder público em gerir e fiscalizar o uso da água.

### **A análise do discurso das matérias**

A primeira matéria selecionada e analisada está demonstrada na Figura 3, cuja manchete é “Projeto Rio Formoso, revolução já instalada em nossos campos”, publicada no Jornal do Tocantins em edição semanal, entre 08 e 14 de agosto de 1980, na editoria Geral. O jornal tinha sua sede em Araguaína, na época ainda pertencente ao estado de Goiás. Um ponto a ser analisado é que o jornalista que escreveu a matéria não é identificado, ou seja, a matéria é um ponto de vista defendido pelo jornal.

**Figura 3.** Manchete da matéria “Projeto Rio Formoso, revolução já instalada em nossos campos”.

**Projeto Rio Formoso, revolução já instalada em nossos campos**

**Verminose, ainda um flagelo para nossos rebanhos**

**EDITAL DE PUBLICAÇÃO DE SENTENÇA**

PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DE GOIÁS  
COMARCA DE ARAGUAÍNA  
CANTORIO DE FAMÍLIA, SUCESSÕES, MENORES E 1.º CIVEL

O DR. JOÃO BATISTA DE CASTRO NETO, JUIZ DE DIREITO DA 1.ª VARA CÍVEL DA COMARCA DE ARAGUAÍNA E ESTADO DE GOIÁS, NA FORMA DA LEI 1.171/77

Us que já tomaram conhecimento do Projeto Rio Formoso através da imprensa e sem o cuidado de uma análise mais aprofundada, por certo terão questionado a validade do mesmo. Realmente, não se pode emitir opiniões sem um conhecimento mais profundo da matéria e sem analisar as possíveis consequências do grande empreendimento. "Plantar arroz irrigado numa área de 44.360 ha., é coisa de louco ou visionário para Brasil de amanhã. Via de regra se medem as obras governamentais pelos recursos exigidos, mas esta especificamente é isenta dessa análise já que ela faz parte direta e inquestionável do país do futuro. Não sabemos se o autor (ou autores) do projeto se apresentam ou não, mas o seu idealizador, Dr. Ary Ribeiro Valadão, será apontado pela história como o homem que acreditou na agricultura como maneira mais acertada de ação

Sempre ocorre uma maior incidência de vermes nos bovinos quando da entrada das águas, isto porque todos os ovos que saíram junto do esterco no

tes de uma verminose intensa é a perda de brilho no pelo do animal, um enfraquecimento progressivo, falta de apetite, perda do peso e o quebra acentua-

**GERAL - 7**  
Araguaína, GO 08 a 14/08/80

Fonte: Jornal do Tocantins, 1980.

O termo revolução trazido na manchete da matéria é defendido em vários pontos do texto, trazendo a ideia de que o Projeto Rio Formoso revolucionará toda a região. No trecho da matéria “E, como o governo pretende implantar um sistema cooperativista que assuma todo o comando do projeto, teremos a criação de um sistema revolucionário no campo social e agrícola”, é evidenciado que o projeto revolucionará a região no campo social e agrícola.

Ao analisar o contexto da matéria, é possível observar que na época em que foi veiculada, o projeto deveria receber críticas porque o autor começa sua fala defendendo-o do que era publicado por parte da imprensa, buscando desacreditar o que se argumentava contra o projeto. Exemplo disso está no trecho “Os que tomaram conhecimento do Projeto Rio Formoso através da imprensa e sem o cuidado de uma análise mais aprofundada, por certo terão questionado a validade do mesmo”. Na sequência do texto jornalístico, é abordado que o projeto acarretará possíveis benefícios para a região. Analisando o termo “possíveis”, este carrega uma conotação ambígua, ou seja, há também a possibilidade de não trazer benefícios para a região. Nesse caso, embora o jornal não esteja omitindo a não possibilidade, a transforma em não dito.

No decorrer da matéria, o discurso jornalístico defende a magnitude do projeto, citando o tamanho da área de arroz irrigado que será beneficiada com a implementação do projeto. No trecho “Plantar arroz irrigado numa área de 44.360 há, é coisa de louco ou visionário para muitos”, o discurso afirma ao leitor que a implementação desse projeto é uma revolução na agricultura. Além de utilizar um tom irônico a respeito das possíveis críticas ao ressaltar que quem plantar arroz irrigado em uma área tão grande é louco ou visionário.

Em seguida, no trecho “se continuam raciocinando com base no empirismo que prevaleceu por muitos anos na agricultura brasileira” o discurso jornalístico sobre a revolução que o projeto trará para a região prevalece, criticando a agricultura tradicional da época. Continuando no texto, o discurso jornalístico sobre a magnitude e o tamanho do projeto são novamente abordados quando utilizados os termos “moldes faraônicos” e “grandioso”, que são utilizados no texto se referenciando a produção agrícola.

No decorrer do texto são citadas então algumas medidas básicas

que precisam ser tomadas para que o projeto alcançasse êxito, e, de acordo com as próprias palavras do autor, ajude a alcançar o “Brasil de amanhã”, novamente destacando a magnitude do projeto e a revolução que ele trará para o país. Porém, ao citar tais medidas, não são abordadas a quantidade de pessoas que serão beneficiadas, ou qual mão-de-obra será utilizada, assim o jornal se isenta de qualquer responsabilidade perante essas pessoas.

O discurso sobre a grandeza do projeto é abordado também quando o texto enfatiza o quanto os recursos utilizados para esse empreendimento são insignificantes perante sua magnitude e importância regional. Outro ponto discutido, é a importância do idealizador do projeto. No texto, o Dr. Ary Ribeiro Valadão é defendido como homem idealizador do progresso brasileiro, quando apostou na agricultura. O agronegócio é então defendido como o meio para a consolidação deste progresso. O discurso de magnitude e de grandiosidade é ainda abordado quando se defende que o projeto se sobressai, em comparação a outros empreendimentos da mesma natureza.

Na sequência, o texto retoma o papel de defesa sobre as críticas recebidas pelo projeto por parte da imprensa. Nesse momento, o jornal se insere nos veículos críticos, sugerindo que pode ter realizado algumas dessas críticas no passado, o que se demonstra no trecho “Por vezes já cometemos a heresia de menosprezar o Projeto Rio Formoso por não acreditarmos que sua implementação seria conseguida”. Dessa forma, o jornal está realizando uma retratação do que foi anteriormente dito.

Por fim, quando é apontado ao leitor a quantidade que será produzida na safra dos anos de 1979 e 1980, o jornal está reforçando os altos níveis de produção que serão alcançados com o auxílio do projeto, reafirmando assim a importância do agronegócio para economia da região e brasileira. O discurso de magnitude é ainda extrapolado quando o projeto é comparado até mesmo com a própria construção da capital do Brasil, Brasília, devido a importância social, econômica, regional e agrônômica defendida nessa matéria do Jornal do Tocantins. O texto é finalizado com a exaltação da figura de Ary Valadão, enfatizado como o visionário que apostou no agronegócio e no Projeto Rio Formoso.

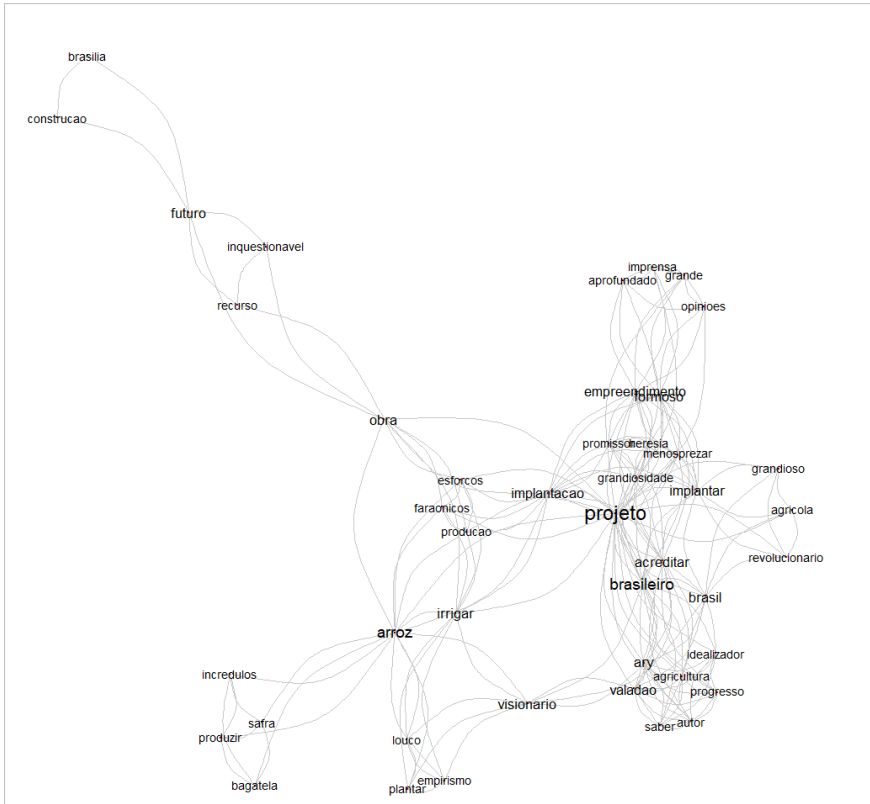
A matéria, a despeito da imparcialidade jornalística, acaba-

se traduzindo-se em uma “propaganda” do Projeto Rio Formoso. O discurso jornalístico é apresentado em forma de argumentos que defendem a implementação do projeto perante as críticas recebidas da imprensa. Esses argumentos são defendidos com termos que transmitem a magnitude e a importância regional do projeto. Dessa forma, esse projeto é apresentado como discurso para fomentar o agronegócio, esse que foi um discurso bastante defendido pelo governo na época. O projeto é apresentado como a alavanca que vai tirar o Brasil do atraso.

Um ponto preocupante é o fato de que no discurso fica evidente que os danos ambientais que o projeto trará para a região não são importantes, pois o foco é o desenvolvimento regional e o agronegócio. O projeto foca na captação da água do rio Formoso para irrigação, destacando quanto isso proporcionará em desenvolvimento agrícola, sem abordar os impactos ambientais que um empreendimento dessa magnitude causa na região. Pode-se dizer que esse é o “não dito” no projeto apresentado na matéria.

A árvore de palavras elaborada através da análise de similitude desta primeira matéria, pode ser observada na Figura 4. Na árvore da primeira matéria são apresentados os principais assuntos discutidos que corroboram com a AD relatada e discutida anteriormente. O assunto central do texto é o Projeto Rio Formoso, que segue trazido no centro da árvore de palavras como o principal termo discutido. Onde o discurso de revolução é então afirmado pelo termo “revolucionário”, e o discurso sobre a magnitude do projeto é confirmado na árvore de palavras pelos termos “grandioso” e “faraônicos”.

Outros termos abordados na árvore de palavras também enfatizam os discursos da análise, como os termos “menosprezar”, “imprensa” e “incrédulos” evidenciam o discurso de críticas recebidas pela imprensa. Seguido de termos como “arroz” representando a importância da agricultura, e o termo “irrigar” também segue sendo de fundamental importância. E alguns termos remetem a figura de Ary Valadão como “idealizador” e “visionário” confirmando o discurso jornalístico anterior de ser a figura visionária que apostou no agronegócio.



**Figura 4.** Árvore de palavras resultante da análise de similitude da matéria “Projeto Rio Formoso, revolução já instalada em nossos campos”, publicada no Jornal do Tocantins entre os dias 08 e 14 de agosto de 1980, na editoria Geral.

A segunda matéria analisada foi publicada no dia 23 de setembro de 1999, na editoria Cidades (Figura 5). Esta matéria é o segundo bloco da página, e se liga ao primeiro por tratar do mesmo assunto: estiagem. No primeiro bloco, do mesmo veículo, outra reportagem é apresentada com o título “Arraias vai decretar estado de calamidade”. No bloco que será analisado, o segundo, aparece o subtítulo “Região sul também sofre com estiagem”. Chama-se a atenção para o termo “também”, que conecta as duas matérias. Embora a estiagem no Projeto Rio Formoso só apareça no último parágrafo, na introdução da notícia, o município onde o projeto está localizado, Formoso do Araguaia, é citado como um dos que sofrem com o problema, que não foi resolvido com a precipitação pluviométrica recente.



**Figura 5.** Manchete da matéria “Região sul também sofre com estiagem”.



Fonte: Jornal do Tocantins, 1999.

O discurso jornalístico apresenta o problema de estiagem como um fenômeno natural, que se manifesta sazonalmente, findado pelo período chuvoso que se aproxima, embora “A chuva forte que caiu na região Sul do Estado na última terça-feira não foi suficiente para reparar os estragos provocados pela estiagem que dura mais de quatro meses”, como é descrito na primeira parte do *lead* da matéria. É possível perceber no texto que a estiagem provoca estragos, não descritos a princípio, mas classificados como prejuízos econômicos mais adiante, descrevendo que “Na região sul, as mais prejudicadas pela estiagem são as comunidades da zona rural”. Surge, na sequência, o ator que poderá amenizar os transtornos, enquanto a chuva não chega: o Governo do Estado. Por intermédio da construção de cacimbas, descrito como programa de perenização das águas, o agente público oferece a possibilidade de “tentar salvar a agricultura e pecuária” na região. Nas entrelinhas da *disputa* mundo natural x economia, o primeiro precisa ser dominado pelo uso de técnica que regule o estoque hídrico, fato esse que não impactaria de maneira relevante o segundo. O uso do verbo tentar, quando a matéria se refere ao salvar agricultura e pecuária, pressupõe que os resultados podem não ser satisfatórios, como veremos a seguir.

No terceiro parágrafo, mesmo com a solução proposta pelo

governo, na matéria é descrito que “os produtores vão ter que recorrer a diversos artifícios para salvar o gado e a agricultura”. Novamente, o que se evidencia é a necessidade de socorrer as atividades produtivas. Não é dito na notícia que tipo de “artifícios” serão utilizados. No dicionário Michaelis (2021) uma das definições de artifício é “procedimento ou habilidade que se usa para disfarçar a natureza”. O depoimento de um produtor, que descreve a falta de chuva, ilustra a frustração com a perda de animais e a falha na regulação do estoque hídrico em sua propriedade, já que sua represa secou: “Perdi cerca de cinco cabeças de gado por causa da seca. Mesmo com esta chuva que caiu, não foi suficiente para resolver o problema.” No discurso, tanto no texto jornalístico quanto na declaração do produtor, a estiagem, fenômeno previsível em determinada época do ano, é apontada como causadora dos prejuízos, evento que somente será resolvido por outro fenômeno natural: a chuva, também com ocorrência sazonal.

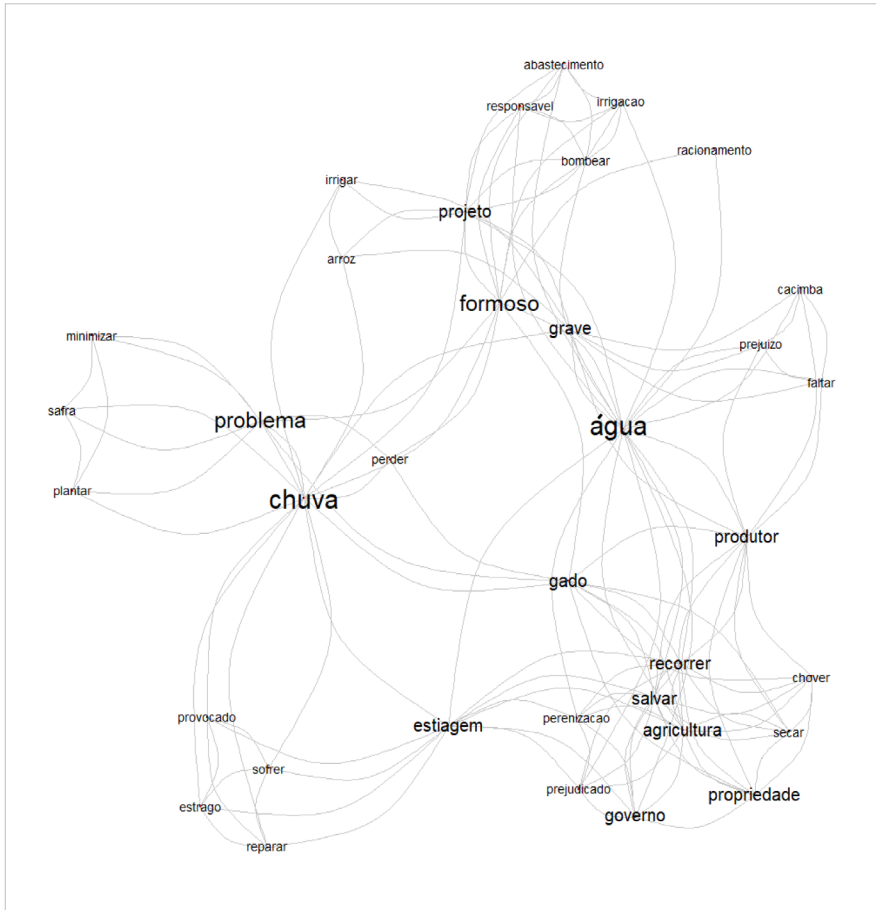
O texto chega, então, ao Projeto Rio Formoso. Como visto na primeira matéria analisada, o tamanho do projeto também foi destacado. A matéria chama a atenção para o fato de que “no município de Formoso do Araguaia, a 310 Km de Palmas, a seca atingiu diretamente a zona rural, onde fica o maior projeto de arroz irrigado em área contínua do mundo”. Não há menção aos números que envolvem a captação de água pelo projeto. Seu tamanho não demonstra ser causador de qualquer inconveniente ao regime hídrico local. Mais uma vez a falta de chuvas é causadora dos transtornos aos produtores rurais. No texto isso fica evidente, com destaque para o trecho “mesmo com a chuva que caiu esta semana a situação do projeto continua grave”. Esse é o posicionamento de um produtor instalado no projeto, coordenador da Cooperativa Rural Mista Vale do Javaé (Cooperjava). A preocupação com a situação do projeto, que é grave, invisibiliza os efeitos negativos ao meio ambiente, causados pela atividade produtiva, e até mesmo pela escassez de chuva.

O texto descreve pela primeira vez a situação em que se encontra o Rio Formoso, um dos principais formadores, e quem dá nome à Bacia do Rio Formoso. Novamente é o discurso proferido pelo representante da Cooperjava. Nessa parte, diz que “o nível do rio Formoso, responsável pelo abastecimento dos canais de irrigação das lavouras, continua baixo, sem condições de bombear água”. O discurso do produtor estabelece que o nível baixo do rio, causado pela falta

de chuva, afeta o projeto e sua atividade agrícola. Não há menção se outros componentes do ecossistema local, a fauna e flora, podem ou não sofrer a influência da estiagem ou seca. A particularidade da parte que trata do Projeto Rio Formoso é a postura distante do texto jornalístico. Os aspectos econômicos tratados no parágrafo não se diferenciam do restante da matéria. Apenas a magnitude da atividade impactada é, mesmo que implicitamente, evidenciada. De um lado o maior projeto irrigado do mundo, e do outro a utilização genérica do termo zona rural para definir a localização dos transtornos aos produtores.

Na análise de similitude feita pelo IRAMUTEQ (Figura 6), é possível perceber a conexão descrita entre a "chuva", nesse caso a escassez, e o "problema" da falta de água na região. Outra relação bem clara é entre os termos "governo", "salvar" e "agricultura", o que corrobora com o que foi descrito na análise da matéria quanto ao papel atribuído ao poder público estadual. "Projeto" e "Formoso" se fundem, até porque são parte do que designa o projeto de irrigação de que trata a pesquisa, e se ligam de maneira direta à "água" e "grave", o que evidencia a dimensão do problema registrado na área.

**Figura 6.** Árvore de palavras resultado da análise de similitude da matéria “Região sul também sofre com estiagem”, publicada no Jornal do Tocantins no dia 23 de setembro de 1999, na editoria Cidades.



Em resumo, a matéria apresenta a estiagem como causadora de prejuízos à economia local e o aumento no volume da chuva como a solução para tais problemas. Emerge também no texto o poder público, singularizado no Governo do Estado do Tocantins, como possível solucionador da falta de água. O texto marca também o início da publicação de matérias relacionadas com a crise hídrica, sem, no entanto, apontar os produtores ou a atividade agropecuária intensiva como causadores, sendo esse evento uma ocorrência natural, sazonal e recorrente.





hídrica, além da ausência de chuvas. Segundo a matéria “além da estiagem, contribuem para a crise hídrica a ineficiência do Estado em gerir e fiscalizar o uso da água para agricultura na região”, havendo ainda “indícios de que empreendimentos agrícolas que não estão respeitando suas licenças realizando captações acima dos valores máximos permitidos”.

A matéria deixa clara a mudança do discurso advindo do processo de judicialização ocasionado pelas problemáticas ambientais que incidem sobre a disponibilidade hídrica da região, deixando de apresentar, mesmo que através do MPTO, apenas questões naturais como responsáveis pela escassez de água na região. Nota-se que, diferente das matérias anteriores, não é dada ênfase à questão econômica relacionada com a escassez de água, colocando ainda que um “fator que contribui para a situação é o aumento da área de plantio irrigada na bacia do Rio Formoso”, indo de encontro às matérias anteriores que exaltavam a grandiosidade do projeto de forma positiva.

A presente matéria minimiza, através de termos como “contribui” ou “indícios” a participação de agentes, sendo dado destaque primeiramente a ineficiência do estado para em momento posterior inserir “os indícios” da captação irregular de água por parte de alguns empreendimentos, colocando assim o estado em papel diferente do que fora apresentado anteriormente, ora personificado, mas sempre como salvador.

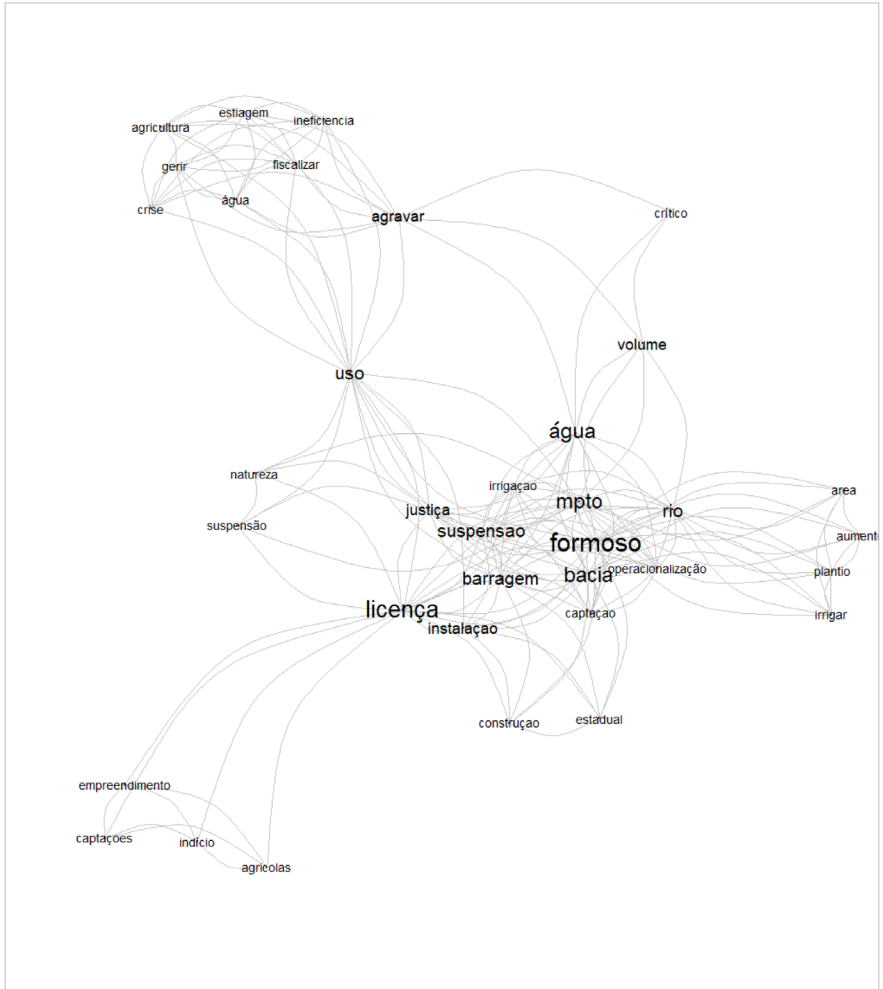
Percebe-se que apesar de trazer os fatos desde o início há a minimização da problemática e a utilização da fala do MPTO, evitando o comprometimento do jornal com o dito, mas demonstrando que a cenário atual é de crise hídrica e que a “situação estaria mais agravada mais rapidamente em 2021, que nos períodos de estiagem dos anos anteriores”. Dessa forma a sanção na construção textual fica ao estado que é diretamente apontado como responsável sem a minimização por parte da matéria, tendo em vista que tanto para o estado como para os produtores que captam água de forma irregular os apontamentos são realizados pelo MPTO, mas apenas no segundo é utilizado o termo “indícios” como amenizador da ação ilegal.

A Figura 8 apresenta a árvore de palavras da análise de similitude desta terceira matéria analisada, onde pode-se verificar o destaque à palavras que fazem referência a sanções ou alertas, sem a presença

de projeto ou dos agentes identificados nas matérias anteriores, corroborando com a isenção percebida por parte da cobertura jornalística e o apontamento do MPTO como portador da denúncia.

**Figura 8.** Árvore de palavras resultado da análise de similitude da matéria “MP aponta maior nível crítico dos últimos anos e pede a suspensão de captação na bacia do formoso”, publicada no Jornal do Tocantins no dia 28 de julho de 2021, na editoria Vida

Urbana.



## 4. CONCLUSÕES

A crise hídrica na região da Bacia do Rio Formoso é uma situação que tem sido retratada pela mídia nos últimos anos. Porém, observou-

se que esse discurso sobre a crise hídrica não é uma questão que foi debatida na implementação do projeto na bacia, e que os impactos ambientais da utilização dos recursos não foram objetos de interesse e de estudo na época.

Observou-se através das análises de discurso das matérias, uma alteração do discurso sobre o desenvolvimento regional com implementação do Projeto Rio Formoso da primeira matéria, para um começo do debate sobre estiagem na segunda matéria e na terceira matéria a situação atual de crise hídrica na região. Essa alteração de discurso é ainda mais evidente conforme os impactos ambientais na bacia são evidenciados nas matérias dos últimos anos.

Também se notam diferentes papéis do estado dentro dessa metamorfose do discurso, passando de um primeiro momento mais panfletário em que se apresenta juntamente com a figura do político visionário como portador do desenvolvimento e do futuro através do projeto, para num segundo momento ser o salvador frente às questões naturais que ocasionam a estiagem e finalmente como responsável pela ingerência dos recursos hídricos que ocasionam a crise hídrica.

Nesse mesmo aspecto percebe-se a ausência do discurso sobre os impactos antrópicos do projeto e da irrigação no meio ambiente nas duas primeiras matérias, sendo na segunda apontada ainda as questões naturais como causadoras de impactos, porém econômicos. Dessa forma percebe-se uma sobreposição das questões econômicas relacionadas ao desenvolvimento até a chegada do terceiro momento em que a questão ambiental se sobrepõe e a crise hídrica passa a ter outros elementos como fórmula causadora, sendo omitida a economia e minimizado o papel dos produtores e de ações ilegais no processo de captação da água na bacia.

Sendo assim, as três posturas diferentes da cobertura jornalística são condizentes com o contexto econômico e político até a situação atual de crise hídrica na Bacia do Rio Formoso onde a falta de interesse sobre os impactos ambientais da implantação do Projeto Rio Formoso e o discurso desenvolvimentista relacionado a agricultura podem ter contribuído diretamente para a crise hídrica na região.

## 5. REFERÊNCIAS

ABREU, João Batista de. **As manobras da informação**: análise da cobertura jornalística da luta armada no Brasil. Niterói: EDUFF; Rio de Janeiro: Mauad, 2000.

Atuação do Ministério Público na proteção da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso é destaque em revista nacional sobre sustentabilidade. **Conexão Tocantins**, Palmas, 13 de jun. de 2018.

BENETTI, Márcia. **O jornalismo como gênero discursivo**. Revista Galáxia, São Paulo, n. 15, p. 13-28, jun. 2008.

CHARAUDEAU, Patrick. **Discurso das mídias**. Buenos Tradução Angela M. S. Corrêa. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2013.

CHARAUDEAU, Patrick; MAINGUENEAU, Dominique. **Diccionario de análisis del discurso**. Buenos Aires: Amorrortu, 2005.

FERREIRA, Maria Cristina Leandro (Coordenadora); GODOY, Ana Boff de. **Glossário de termos do discurso**. Porto Alegre: UFRGS. Instituto de Letras, 2001.

FIORIN, José Luiz. **Elementos de análise de discurso**. São Paulo: Contexto, 2000.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre a iniciação à pesquisa**. Campinas: Alínea, 2001.

GREGOLIN, Maria do Rosario Valencise. A análise do discurso: conceitos e aplicações. **ALFA: Revista de Linguística**, São Paulo, v. 39, p.13-21, 1995. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/alfa/article/view/3967>. Acesso em: 19 nov. 2021.

LAVILLE Cristhian. DIONNE Jean. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte, UFMG, 1999.

MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; VERGARA, F. E.; RODRIGUES, W. Cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Formoso - TO: Estudo de Viabilidade Financeira. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 12, n. 1, p. 53-61, 2015.

MARCHAND, P.; RATINAUD, P. (2012). **L'analyse de similitude appliquée aux corpus textuels**: les primaires socialistes pour l'élection présidentielle française. In Actes des 11eme Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles. JADT 2012 (pp. 687-699). Liège, Belgique. Disponível em: <http://lexicometrica.univ-paris3.fr/jadt/jadt2012/Communications/Marchand,%20Pascal%20et%20al.%20-%20L'analyse%20de%20similitude%20appliquee%20aux%20corpus%20textuels.pdf>. Acesso em 26 nov 2021.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**. 28 ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MP APONTA MAIOR NÍVEL CRÍTICO DOS ÚLTIMOS ANOS E PEDE A SUSPENSÃO DE CAPTAÇÃO NA BACIA DO FORMOSO. **Jornal do Tocantins**, Palmas, 28 de julho de 2021. Vida Urbana. Disponível em: <<https://www.jornaldotocantins.com.br/editorias/vida-urbana/mp-aponta-maior-n%C3%ADvel-cr%C3%ADtico-dos-%C3%BAltimos-a-nos-e-pede-a-suspens%C3%A3o-de-capta%C3%A7%C3%A3o-na-bacia-do-formoso-1.2292347>>. Acesso em: -22-de -out.- de -2021.

NELSON, A. R. R. Da importância dos recursos hídricos e a organização administrativa para sua proteção. **Planeta amazônia**. Macapá, N. 9, p. 71-88, 2017.

ORLANDI, Eni Puccinelli. **Análise do discurso**: princípios e procedimentos. 4. ed. Campinas: Pontes Editores, 2002.

ORLANDI, Eni Puccinelli. **As formas do silêncio**: no movimento dos sentidos. 6. ed. Campinas: UNICAMP, 2011.

PÊCHEUX, Michel, **Semântica e discurso**: uma crítica à afirmação do óbvio. Tradução: Eni Puccinelli Orlandi. 2 ed. Campinas: UNICAMP, 1995.

PROJETO RIO FORMOSO, REVOLUÇÃO JÁ INSTALADA EM NOSSOS CAMPOS. **Jornal do Tocantins**, Araguaína, 08 a 14 de agosto de 1980.

Geral. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/DocReader/docreader.aspx?bib=800392&pesq=&pagfis=725>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

QUEIROZ, Y. O.; SILVA, M. J. **Recurso hídricos**. Caderno de graduação – Ciência exatas e Tecnológicas. Sergipe, v. 1, n. 15, p. 67-73, 2012.

RATINAUD, P. (2009). IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires [Computer software]. Disponível em: <http://www.iramuteq.org>

REGIÃO SUL TAMBÉM SOFRE COM A ESTIAGEM. **Jornal do Tocantins**, Palmas, 23 de setembro de 1999. Cidades.

RODRIGUES, Daniel Bartkus. **O Projeto Rio Formoso e a Reprodução Ampliada do Capital no entorno da Ilha do Bananal**: concentração da riqueza, exclusão e resistência. Orientador: Jose Pedro Cabrera Cabral. 2013. 155 f. Dissertação (Mestre em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2013.

SILVA, O. B. **História da imprensa no Tocantins**. Palmas: O Estado do Tocantins, 2003.

SOUZA, M. A. R. de; WALL, M. L.; HULER, A. C. de M. C.; LOWEN, I. M. V.; PERES, A. M. O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [S. l.], v. 52, p. e03353, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/reeusp/article/view/155037>. Acesso em: 26 nov. 2021.

TOCANTINS. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Plano de bacia hidrográfica do rio Formoso – PBH Rio Formoso, no Estado do Tocantins**: relatório síntese. Palmas, TO: SRHMA, 2007. 70 p.

TRAQUINA, Nelson. **Teorias do jornalismo, porque as notícias são como são**. 2 ed. Florianópolis: Insular, 2005.

## **CAPÍTULO 2**

# **ANÁLISE AMBIENTAL DA REDUÇÃO DA VAZÃO DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, TO, BRASIL: A CORRELAÇÃO DE FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS**

Túlio Dornas<sup>1</sup>

Eliane Fialho Santos<sup>2</sup>

Guido Camilo<sup>3</sup>

Fábio Brega Gamba<sup>4</sup>

Sylvia Setúbal<sup>5</sup>

Kelly Bessa<sup>6</sup>

## **1. INTRODUÇÃO**

A bacia hidrográfica do rio Formoso, no sudoeste do estado do Tocantins, tem-se destacado como importante polo da agropecuária desde a implantação do Projeto Rio Formoso, no final da década de 1970 (BISPO; OLIVEIRA, 2016). Nos últimos anos, verifica-se

---

1 Biólogo, Mestre em Ciências do Ambiente, Doutor em Biodiversidade e Conservação. Bolsista CAPES de Pós-doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: tuliodornas@yahoo.com.br

2 Administradora e Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: ellianefs@hotmail.com

3 Advogado e Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: guido.camilo@mail.uft.edu.br

4 Biólogo, Mestre em Agroenergia e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. Professor da Educação Básica do estado do Tocantins. E-mail: fabregam.fbg@gmail.com

5 Bióloga, Mestre em Biociências e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. Professora do IFTO Campus Palmas. E-mail: sylviasetubal@ifto.edu.br

6 Geógrafa, Mestre e Doutora em Geografia. Professora dos cursos de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: kellybessa@mail.uft.edu.br

um expressivo avanço da agricultura irrigada de arroz, soja, milho, melancia, entre outros cultivos (LEITE *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2021; VERGARA, 2021).

Com o aumento da agricultura irrigada, o uso dos recursos hídricos tem sido motivo de grande preocupação nessa bacia hidrográfica. Os registros da Estação Fluviométrica de Barreira da Cruz, na confluência dos rios Formoso e Javaés, mensurados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), apontam para uma gradual diminuição da vazão de água no período de 1977 a 2019. De dezembro de 1977 a março de 1978, a média da vazão de água foi de 1.792,57 l/s. Já no período de dezembro de 2018 a março de 2019, esta foi de 378,78 l/s (ANA, 2021), uma redução de 78,9% na vazão de água nesses mais de 40 anos.

Em 2017, foi instaurada uma Ação Cautelar Ambiental em Caráter Antecedente (ACACA), pelo Ministério Público do Estado do Tocantins (MPE-TO) (TOCANTINS, 2017), em razão do seccionamento do rio Formoso ocorrido em 2016, com sua conversão de rio perene para rio intermitente, provocando marcante escassez de água nessa bacia hidrográfica.

Diante do cenário identificado, o presente trabalho tem como objetivo geral caracterizar a redução da vazão de água na bacia hidrográfica do rio Formoso, no estado do Tocantins, partindo da hipótese de que os fatores antrópicos, especialmente a ampliação da agricultura irrigada e a concessão de outorgas para aproveitamento hídrico, contribuem mais para a redução da vazão de água do que os fatores naturais, a exemplo da pluviosidade.

Nessa perspectiva de correlação entre fatores naturais e fatores antrópicos, elencam-se os seguintes objetivos específicos: a) verificar a relação da pluviosidade com a redução da vazão de água nessa bacia hidrográfica nos anos de 1978 a 2019; b) examinar a dinâmica do uso e cobertura da terra na área dessa bacia hidrográfica e sua relação com a redução da vazão de água no período de 1985 a 2019; e c) analisar as implicações efetivas das outorgas emitidas, de 1999 a 2020, para captação e uso da água na redução da vazão de água nessa bacia hidrográfica.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para ensejar uma análise ambiental, que vislumbra as complexas relações da sociedade com a natureza, constituídas, na perspectiva de Leff (2002, p. 144), por “processos e elementos – naturais e sociais”, foi levantado um conjunto de dados, a saber: pluviométricos, de vazão de água, de cobertura e uso do solo e das outorgas emitidas para o aproveitamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Formoso, no estado do Tocantins.

Os dados pluviométricos foram obtidos da Estação Hidrometeorológica de Gurupi, código nº 01149002, localizada nos arredores do Aeroporto da cidade de Gurupi (11°44'S; 49°08'O), no portal Hidroweb: sistemas de informações hidrológicas (ANA, 2021). Os volumes de chuva registrados compreendem o intervalo temporal de fevereiro de 1978 a fevereiro de 2019, sendo disponibilizadas as médias mensais em milímetros (mm) e os números de dias de chuva em cada mês, nesse intervalo temporal.

Os dados da vazão de água foram obtidos da Estação Hidrometeorológica de Barreira da Cruz, código nº 26800000 (10°33'S; 49°56'W) (ANA, 2021), na confluência dos rios Javaés e Formoso. Os registros da vazão de água correspondem às médias mensais em metros cúbicos por segundo (m³/s), no período de janeiro de 1978 a setembro de 2019.

Para a cobertura e uso da terra, consideraram-se os dados anuais disponibilizados pela Plataforma Mapbiomas, versão 6.0, para o período de 1985 a 2019 (MAPBIOMAS, 2022; SOUZA *et al.*, 2020). Os arquivos *raster* (imagens em formato tiff) da bacia hidrográfica do rio Araguaia, baixados utilizando *script* a partir da plataforma Google Earth Engine, foram recortados em conformidade com os limites da bacia hidrográfica do rio Formoso. Essas imagens possuem resolução de 30 x 30 metros, com os valores em hectares para cada classe de cobertura e uso da terra, sendo que as edições e o geoprocessamento ocorreram no software de livre acesso QGIS, versão 3.16.

As informações das outorgas emitidas para o aproveitamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Formoso foram obtidas por meio de consulta ao Relatório Parcial de Mapeamento e Sistematização dos Dados do Programa Gestão de Alto Nível (RP-

GAN) (MARQUES, 2021), cedido pela Promotoria de Justiça Regional do Alto e Médio Araguaia e pela Ação Cautelar Ambiental em Caráter Antecedente, do Ministério Público Estadual (TOCANTINS, 2017), disponível para consulta no sistema EPROC, na página eletrônica do Tribunal de Justiça do Estado do Tocantins (2022). Algumas outorgas de jurisdição federal foram obtidas no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (ANA, 2021). De posse das coordenadas geográficas, foi plotado um mapeamento com a espacialização e a cronologia de emissão de cada outorga nos anos de 1999 a 2020.

Análises estatísticas descritivas foram realizadas com base nos calculados do Coeficiente de Correlação de Pearson (R) e do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) (MARTINS 2014; HOFFMAN, 2016; MARTINS, 2018), com programas Excel, versão 2019, e Bioestat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007). Os valores de significância (p) menores que 0,05 ( $p < 0,05$ ) foram considerados estatisticamente significativos.

Para além das descrições estatísticas, trata-se da conjugação de diversos tipos de informação, na escala da bacia hidrográfica, visando a integração de planos analíticos. Estes demonstram esforços de colaboração e diálogo entre as áreas do saber, por intermédio de embasamentos sólidos de conhecimentos climatológicos, hidro e biogeográficos, e acerca dos processos de uso e ocupação da terra agrícola e dos trâmites legais, por vezes burlados, para o aproveitamento dos recursos hídricos.

### **3.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo: a bacia hidrográfica do rio Formoso, TO**

A bacia hidrográfica do rio Formoso encontra-se localizada nas porções sudoeste do estado do Tocantins (Figura 1), envolvendo a área de quinze municípios tocantinenses (97% da área da bacia), e noroeste do estado de Goiás, envolvendo a área de três municípios (3% da área da bacia) (ALVES *et al.*, 2016). A citada bacia pertence à Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins e apresenta 21.328,57 km<sup>2</sup>, aproximadamente 7,7% da área do estado do Tocantins e 5,6% da



fitofisionomias savânicas e florestais atribuem a condição de zona ecotonal entre Cerrado e Amazônia. No que diz respeito às condições climáticas, apresenta duas estações, uma estação úmida com chuvas (de novembro a março) e outra quente e seca (de abril a outubro), com precipitação anual em torno dos 1.600 mm e temperatura média anual de 26° C (TOCANTINS, 2012).

As formas de relevo predominantes são de superfícies planas a suavemente onduladas, o que possibilita o emprego da mecanização agrícola. No que concerne a classificação dos solos, há predominância de argissolos, latossolos e luvisolos (TOCANTINS, 2012; HAIDAR *et al.*, 2013).

A principal atividade econômica é a agropecuária, com forte incremento da agricultura irrigada de grãos, com o aproveitamento das várzeas irrigáveis, desde fins dos anos de 1970. Em 2017, foram colhidas 380 mil toneladas de arroz, em aproximadamente 65.000 hectares nos municípios de Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão (IBGE, 2017), como resultado das políticas de desenvolvimento agrário.

O Produto Interno Bruto (PIB), *per capita*, na área da bacia aumentou de R\$ 4.368,99 para R\$ 6.458,98 de 2000 a 2010 (MEDEIROS *et al.*, 2018). O censo demográfico de 2010 contabilizou 118.052 habitantes e uma densidade populacional de 2,2 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Ressalta-se a presença de povos ribeirinhos e indígenas, de pequenos agricultores e de cidadãos de municípios de pequeno porte: alguns com as sedes da municipalidade no interior da bacia, a exemplo de Formoso do Araguaia, Dueré, Lagoa da Confusão e Araguaçu, e outros com as sedes municipais nos limites da bacia, como Talismã, Alvorada, Cariri do Tocantins, Aliança do Tocantins, situadas na BR-153, e Cristalândia, localizada na TO-255 (Figura 1).

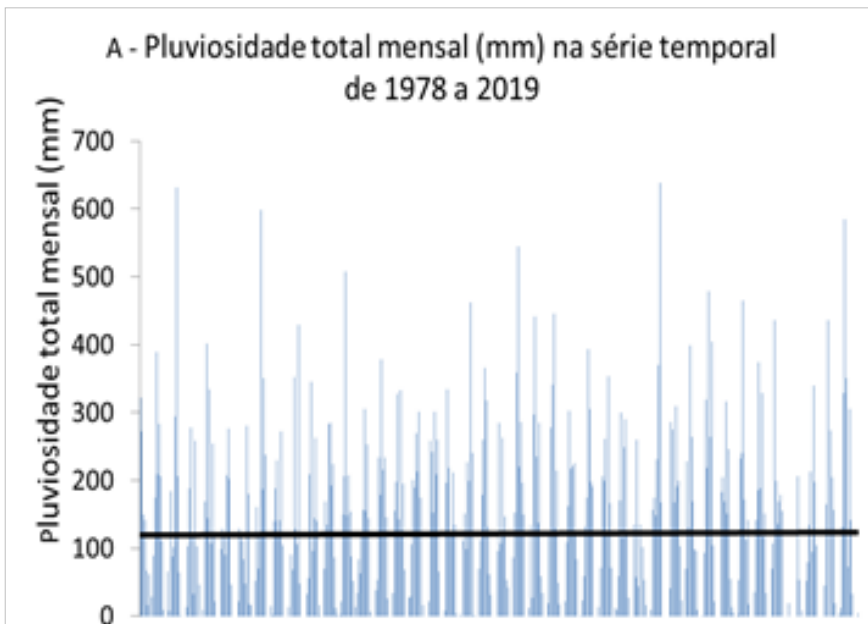
### **3.2 A integração de dados na análise ambiental da redução da vazão de água na bacia hidrográfica do rio Formoso, TO**

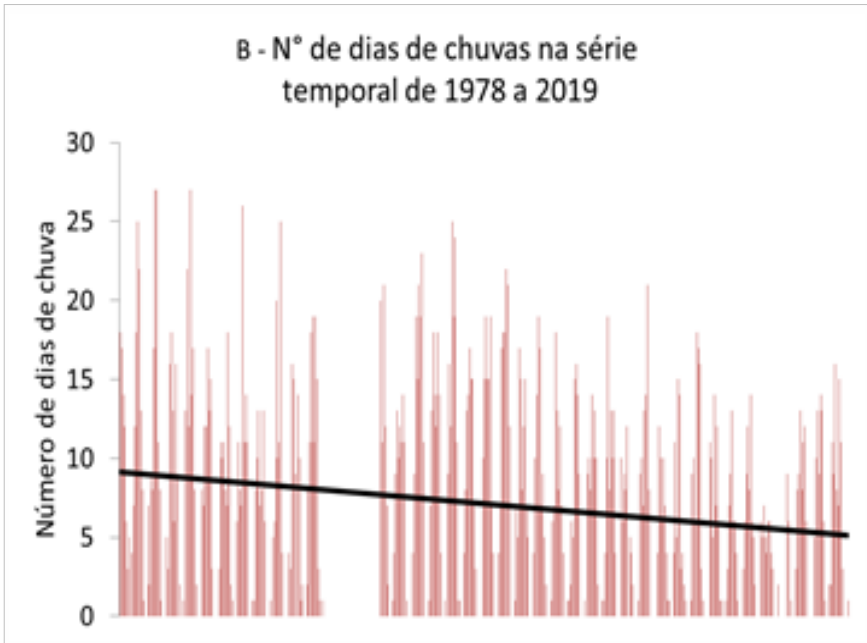
A partir da caracterização da área de estudo, reúnem-se, por meio do diálogo interdisciplinar, aspectos naturais e aspectos sociais, incluindo informações jurídicas, relevantes para tornar compreensível a redução da vazão de água nessa bacia hidrográfica.

### 3.3 Os dados pluviométricos e da vazão de água

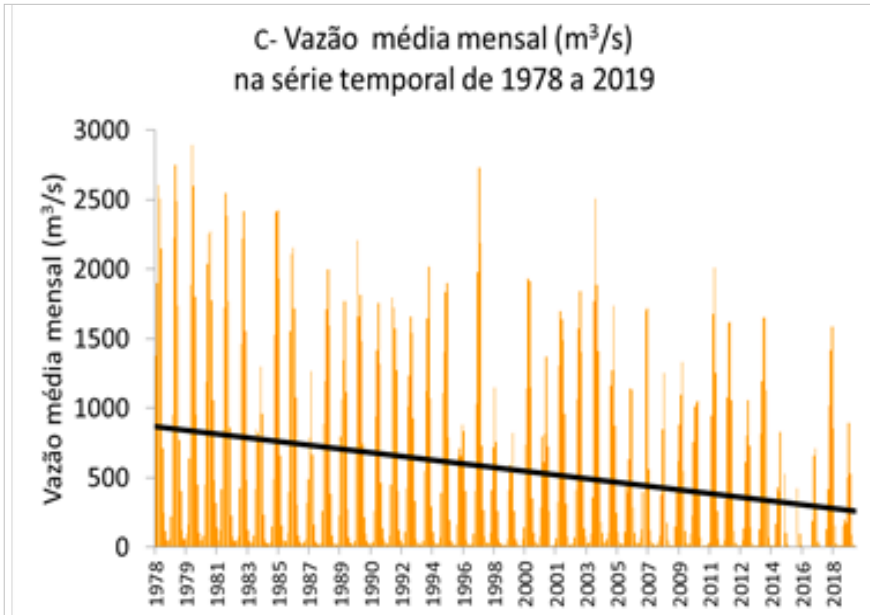
Os dados mensais de pluviosidade da Estação Hidrometeorológica de Gurupi, de 1978 a 2019, demonstram uma constância no volume total mensal de chuvas precipitadas ao longo dessas décadas (Figura 2A). Entretanto, verifica-se uma redução do número de dias de precipitação para cada um dos meses nesse intervalo temporal (Figura 2B). De 1972 a 1977, durante a estação chuvosa (novembro a abril), foram anotados, em média, 122 dias de chuvas (máximo 120 e mínimo 104 dias); e, no período de 2008 a 2019, o número de dias de chuvas, em média, foi de 54 dias (máximo de 82 e mínimo de 20 dias). Como já apontado, nos dados da Estação Fluviométrica de Barreira da Cruz (ANA, 2021), averigua-se uma diminuição gradual na vazão média mensal de água da ordem de 78,9%, no período de 1978 a 2019 (Figura 2C).

Figura 2 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: dados de pluviosidade, de número de dias de precipitação e de vazão de água, de 1978 a 2019





Nesse intervalo temporal, as tendências lineares da pluviosidade (Figura 2A) e da redução do número de dias de chuva (figura 2B), comparadas com a tendência linear de redução da vazão de água (Figura 2C), demonstram uma inexistência de relação entre pluviosidade e diminuição da vazão na bacia hidrográfica do rio Formoso. Essa condição é reforçada pelo Coeficiente de Correlação de Pearson ( $R = 0,2310$ ;  $p > 0,05$ ) e pelo Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,0534$ ;  $p > 0,05$ ) (Figura 3). Não obstante, seria esperado que as tendências de diminuição do número de dias de chuva no intervalo desses mais de 40 anos tivessem relação com a diminuição de vazão na bacia, o que não ocorreu, conforme demonstrado pela Correlação de Pearson ( $R = 0,2959$ ;  $p > 0,05$ ) e o Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,0876$ ;  $p > 0,05$ ) (Figura 3).



Fonte: ANA (2021).

A diminuição anual do número de dias de chuva reflete uma concentração de chuvas, mesmo com a pluviosidade se mantendo constante nesse intervalo temporal. Um cenário presumido, seria um aumento e uma concentração da pluviosidade nos meses de novembro, dezembro e janeiro em relação aos meses de fevereiro, março e abril. Essa concentração de pluviosidade no início e no final da estação chuvosa não mostrou relação significativa por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $R = 0,0707$ ;  $p > 0,05$ ) e tampouco pelo Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,005$ ;  $p > 0,05$ ). Desse modo, a diminuição da vazão da bacia do rio Formoso não mostrou relação com o regime pluviométrico nesse intervalo temporal.

### **3.4 Os dados de cobertura e uso do solo e os efeitos na diminuição da vazão de água**

A dinâmica de cobertura e uso do solo, de 1985 a 2019, na bacia hidrográfica do rio Formoso, fornecida pela Plataforma MapBiomas, versão 6.0 (MAPBIOMAS, 2022), demonstra que a cobertura natural (formações florestal, savânica e campestre) foi bastante modificada nesse período.

Em 1985, a cobertura natural contava com 1.570.063 hectares, tendo diminuído para 1.102.009 hectares em 2019, uma redução de 70,19%. As atividades antrópicas (floresta plantada, pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, soja e outras lavouras temporárias) representavam, em 1985, 453.600 hectares, com aumento para 921.678 hectares no ano de 2019 (Figuras 4 e 5), ou seja, uma ampliação de 203,19%. Os valores de cobertura natural e de área antropizada demonstram que a bacia hidrográfica do rio Formoso está quase que igualmente dividida, sendo perto de 50% de sua área para cada uma dessas classes de cobertura e uso do solo.

Figura 4 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: cobertura natural e uso antrópico, de 1985 a 2019 - Fonte: MAPBIOMAS (2022).

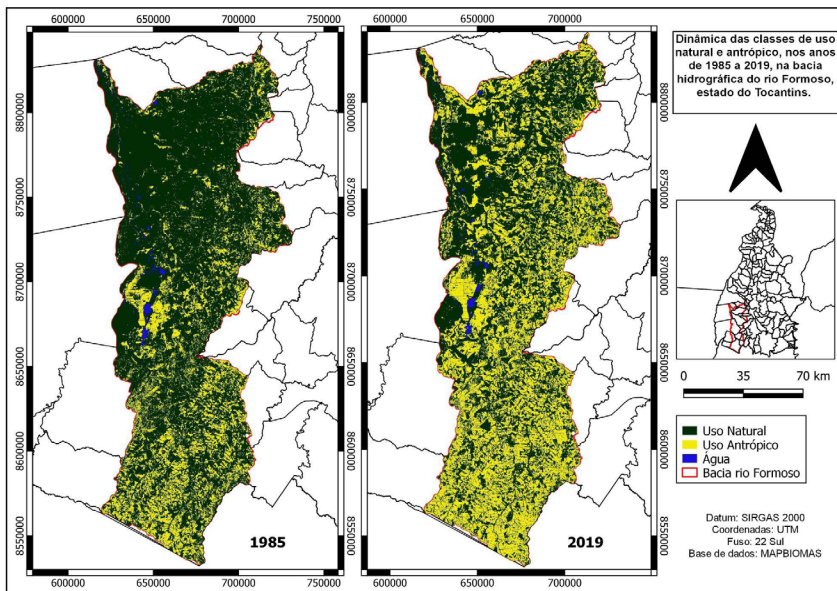
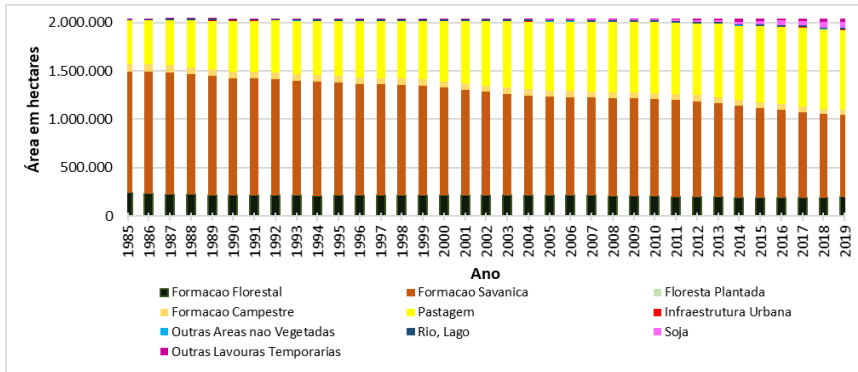




Figura 5 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: gráfico da dinâmica das diferentes classes de cobertura e uso do solo, de 1985 a 2019



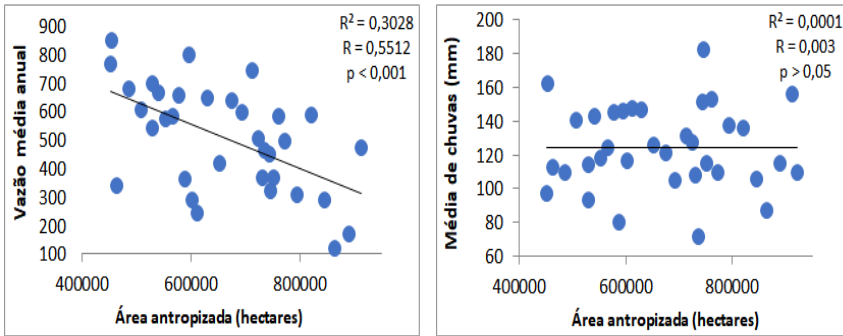
Fonte: MAPBIOMAS (2022).

Para a classe cobertura natural, no intervalo de 1985 a 2019, a formação savânica sofreu percentualmente a maior diminuição de área no interior da bacia hidrográfica do rio Formoso, perdendo 402.901 hectares, ou seja, uma redução de 32%. As formações campestres tiveram redução de 29% (perda de 23.501 hectares) e as formações florestais redução de 18% (perda de 41.652 hectares) (Figuras 4 e 5).

Nesse mesmo período, para a classe atividades antrópicas, as áreas de pastagens aumentaram em 83% (acrécimo de 372.023 hectares), e as lavouras temporárias (arroz irrigado e soja subirrigada) passaram de 1.086 hectares de área plantada, em 1985, para 95.222 hectares, em 2019 – um acréscimo de 8.668,14% na área de plantio nessas décadas. A infraestrutura urbana, em 1985, era compreendida em 1.862 hectares, de modo que, em 2019, foi observado um valor de 4.501 hectares, representando um aumento de 241,72%.

De acordo com Alves *et al.* (2016), as principais culturas temporárias desenvolvidas na bacia hidrográfica do rio Formoso são arroz, soja, feijão, milho e melancia. A cultura do arroz, segundo Magalhães Filho *et al.* (2015), tem implicado na utilização marcante da irrigação por inundação (MARINHO FILHO *et al.*, 2013), bem como as lavouras de soja por subirrigação, de acordo com Vergara (2021), com consequências para os recursos hídricos, especialmente na diminuição da vazão de água (Figura 6)

Figura 6 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: gráficos de dispersão medindo Coeficiente de Correlação de Pearson (R) e Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) da vazão média anual (l/s) (a esquerda) e da média anual de chuvas (mm) (a direita), em relação à área antropizada (hectares), de 1985 a 2019



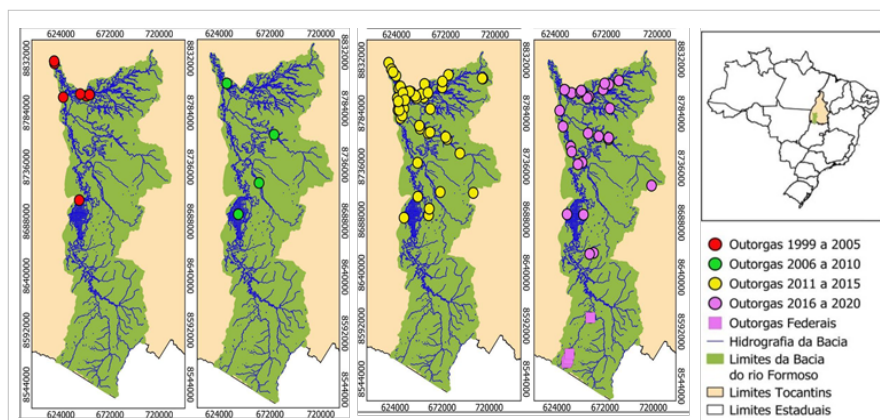
Fonte: MAPBIOMAS (2022).

Desse modo, há uma correlação inversamente proporcional, moderada e estatisticamente significativa, entre vazão de água média anual e área antropizada, demonstrada pelo Coeficiente de Correlação de Pearson ( $R = 0,5512$ ;  $p < 0,001$ ) e pelo Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,3028$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 6), que se reflete, de forma expressiva, no acréscimo significativo da área de plantio de lavouras irrigadas, cuja demanda por volume de água para irrigação é demasiadamente elevada, promovendo, por sua vez, redução da vazão de água na bacia.

### 3.5 As implicações das outorgas associadas à irrigação na redução da vazão de água

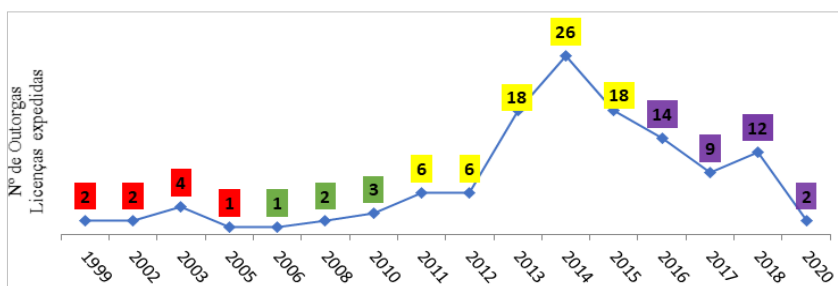
No período de 1999 a 2020, foi compilado, para a bacia hidrográfica do rio Formoso, um total de 126 processos de outorgas e licenciamentos associados à irrigação (Figuras 7 e 8). Desses, 121 (96% do total) são de jurisdição estadual e foram obtidos no RP-GAN (MARQUES, 2021), e cinco (45 do total) são de jurisdição federal e foram obtidos por meio do SNIRH (ANA, 2021).

Figura 7 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: mapeamento das outorgas e licenciamentos concedidos, em intervalos temporais de cinco em cinco anos, de 1999 a 2020



Fonte: Tocantins (2017), Marques (2021), ANA (2021).

Figura 8 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: gráfico do número de outorgas e licenciamentos concedidos, em intervalos de cinco em cinco anos, de 1999 a 2020



Fonte: Tocantins (2017), Marques (2021), ANA (2021).

O mapeamento desses processos demonstra um predomínio das outorgas e licenciamentos na porção centro-norte da bacia. De 1999 e 2005, as poucas outorgas concedidas concentravam-se na porção norte da bacia. A partir de 2006, verifica-se um aumento no número de outorgas e licenciamentos para as porções central e sul da bacia, com expressivo aumento nos anos de 2013, 2014 e 2015 (Figuras 7 e 8).

Ressalta-se que, em meados 2016, é testemunhado o seccionamento do rio Formoso, convertendo-o de rio perene para

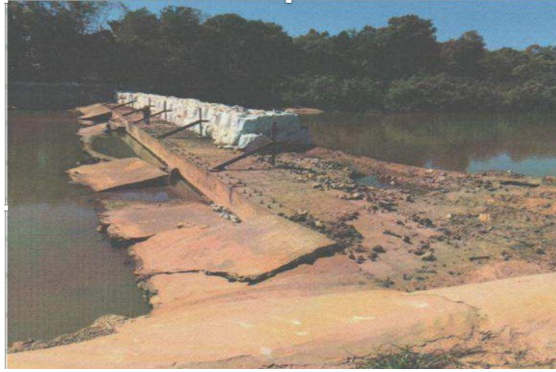
um rio intermitente. Quatro barramentos (Figura 9), outorgados pelo Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) para captação de água para irrigação de lavouras de grãos, foram apontados como responsáveis pela marcante escassez de água naquele ano (TOCANTINS, 2017).

Esse cenário de crise hídrica motivou a atuação do MPE-TO no sentido de impetrar uma Ação Cautelar Ambiental em Caráter Antecedente (ACACA) (TOCANTINS, 2017), na Comarca de Cristalândia, contra o Naturatins e a Associação dos Produtores Rurais de Lagoa da Confusão. Além disso, a Ação Cautelar Ambiental em Caráter Antecedente (TOCANTINS, 2017) e o Relatório Parcial de Mapeamento e Sistematização dos Dados do Programa Gestão de Alto Nível (RP-GAN) (MARQUES, 2021) revelam inúmeras irregularidades, a saber: a) das outorgas analisadas, apenas 21,8% apresentaram os processos mínimos obrigatórios para instalação; b) em 2017, a área efetivamente irrigada diferia daquela informada pela Associação de Produtores Rurais do Sudoeste do Tocantins e pelo Distrito de Irrigação Rio Formoso, com discrepância de 35% no valor informado, de 79.373,86 hectares para 107.403,00 hectares; c) em duas propriedades rurais, o uso de *big bags* (Figura 10), bolsas preenchidas com até 1.000 quilogramas de terra com fins de barramento, obstruíram 80% da vazão do leito do rio Formoso; d) em 2017, as vazões demandadas na sub-bacia do rio Urubu para todos os meses superavam as vazões outorgáveis, de modo que, nos meses de estiagem (maio a outubro), as vazões demandadas eram dez vezes superiores às vazões outorgáveis; dentre outras irregularidades (TOCANTINS, 2017; MARQUES, 2021).

Figura 9 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: barramento no rio Formoso - Fonte: De olho nos ruralistas (2023).



Figura 10 - Bacia hidrográfica do rio Formoso, TO: uso de *big bags*



Fonte: Tocantins (2017)

Assim, a leitura e a verificação dos conteúdos de ambos os documentos citados permitiram constatar ações irregulares referentes ao uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Formoso, que, certamente, comprometem a vazão de água.

#### 4. CONCLUSÕES

O cenário de crise hídrica já identificado na bacia hidrográfica do rio Formoso, no estado do Tocantins, é corroborado pelos resultados encontrados nesta pesquisa, pois a presunção inicial se confirmou: os fatores antrópicos (alteração da cobertura e uso do solo, juntamente com a emissão de outorgas) mostraram-se responsáveis pela diminuição da vazão de água, e não os fatores naturais (pluviosidade).

A pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Formoso tem-se mostrado constante nos últimos quarenta anos, embora tenha sido identificada uma concentração no número de dias de chuva na estação chuvosa. Apesar disso, a drástica conversão da paisagem natural em lavouras irrigadas nos últimos 35 anos tem aumentado, vertiginosamente, a demanda por água. Tal aumento de demanda é confirmado pelo acréscimo substancial na emissão de outorgas, cujas captações de água, em muitos dos casos, ocorreram de forma

irregular, expondo o uso irracional e insustentável do recurso hídrico na bacia, à revelia legislação.

Portanto, para além do cenário de crise hídrica, identifica-se um panorama de crise ambiental, expresso espacialmente no sítio natural dessa bacia hidrográfica e, com certeza, no sítio social, com suas vulnerabilidades socioculturais, a exemplo de ribeirinhos, indígenas, pequenos agricultores, cidadãos de municipalidades de pequeno porte. Essa população passa a ser atingida por situações de injustiça ambiental decorrentes da própria escassez hídrica, do descontrole e das omissões das instituições estatais nas outorgas e demais licenciamentos, bem como da ganância inconsequente dos empreendedores do agronegócio, que visam apenas a acumulação de capital, com prejuízo do ambiente, natural e social.

Dada a complexidade exposta, a análise ambiental exige a integração e a consistência de conhecimentos das ciências naturais e das ciências sociais, resultando na construção de planos pesquisas híbridos e transversais (SOUZA, 2019), pelo diálogo de saberes e pela reunião de diversos tipos de informações e dados.

## 5.REFERÊNCIAS

ALVES, K. C. C. *et al.* Monthly and annual precipitation and maximum daily precipitation distribution at the Formoso river basin, Tocantins. **Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 1, p. 49-70, jan./abr. 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**: sistemas de informações hidrológicas. 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 29 mar. 2022.

AYRES, M. *et al.* **BIOESTAT**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém: Mamiraua, 2007.

BISPO, M. O.; OLIVEIRA, S. F. Difusão do agronegócio e as dinâmicas territoriais no cerrado, vale do Javaés - Tocantins. **Entre-Lugar**, Dourados, ano 6, v. 12, n. 1, p. 28-40, 2016.

DE OLHO NOS RURALISTAS. Observatório do Agronegócio no Brasil. Disponível em: <https://deolhonosruralistas.com.br/2020/09/13/fazendeiros-ameacam-bacia-do-rio-formoso-em-tocantins-com-plan-tacoes-de-soja/>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

FRANÇA, A. A. O.; COSTA, K. G. A construção do território tocantinense por meio da cartografia das microrregiões. **Revista Tocantinense de Geografia**. Araguaína, v. 5, n. 8, p. 198-208, 2016.

HAIDAR, R. F. et al. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 3, p. 261-290, 2013.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão**: uma introdução à econometria. Piracicaba: Hucitec, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Censo demográfico território 2010. Microrregião geográfica, Rio Formoso (TO). Área e densidade demográfica da unidade territorial. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1301#resultado>. Acesso em: 2 abr. 2022.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2002.

LEITE, O.C. *et al.* Solos de várzea tropical submetidos ao cultivo de melancia e melão no estado do Tocantins. **Applied Research & Agro-technology**, Guarapuava, v. 12, n. 2, p.121-129, 2019.

MAGALHÃES FILHO, L. N. L. *et al.* Caracterização dos usuários de água da bacia hidrográfica do rio Formoso-TO. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 12, n. 2, p. 185-199, jul./dez. 2015.

MAPBIOMAS. Plataforma de mapas e dados. **Cobertura**. versão 6.0. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MARINHO FILHO, G. M. *et al.* Avaliação de características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Formoso - TO. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 7, n. 1, p. 37-48, jul. 2013.

MARQUES, F. A. **Gestão de alto nível**: relatório parcial, mapeamento e sistematização dos dados. Palmas: Instituto de Atenção às Cidades (IAC), 2021.

MARTINS, M. E. G. Coeficiente de determinação. **Revista de Ciência Elementar**, v. 6, n. 1, p. 1-1. mar. 2018.

MARTINS, M. E. G. Coeficiente de correlação amostral. **Revista Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 1-2, jun. 2014.

MEDEIROS, A. L.; SANTOS, L. B.; ANDRE, C. M. G. Desenvolvimento municipal das microrregiões do estado do Tocantins: uma análise a partir do índice Firjan de desenvolvimento municipal. **Desenvolvimento em questão**, v. 16, n. 45, p. 44-62, 2018.

PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DO TOCANTINS. **EPROC Processo judicial eletrônico**. Disponível em: <https://www.tjto.jus.br/eproc>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SANTOS, A. B. *et al.* Manejo da irrigação na cultura do arroz irrigado e na eficiência do uso da água em várzeas tropicais. **Agri-Environmental Sciences**, v. 7, p. 1-13, abr. 2021.

SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Assimetria de bacias hidrográficas e influências litoestruturais na geomorfologia do rio Formoso, TO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 67, p. 180-199, mar. 2017.

SEMARH - Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Tocantins. **Plano de bacia hidrográfica do rio Formoso – PBH rio Formoso, no estado do Tocantins**: relatório síntese. Palmas: SEMARH, dez. 2007.

SOUZA, C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v.12, n. 17, p. 2735, aug. 2020.

SOUZA, M. L. **Ambientes e territórios**: uma introdução à ecologia política. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019.

TOCANTINS. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: SEPLAN, 2012.



TOCANTINS. Tribunal de Justiça do Estado do Tocantins. Juízo da 1ª Escrivania Cível de Cristalândia. **Tutela Cautelar Antecedente nº 0001438-47.2017.8.27.2715**. Cristalândia, 2017. Disponível em: [https://eproc1.tjto.jus.br/eprocV2\\_prod\\_lgrau/controlador.php?acao=processo\\_selecionar&acao\\_origem=processo\\_consultar&acao\\_retorno=processo\\_consultar&num\\_processo=00014384720178272715&hash=b8378c39a4b47348a79131967a-43c67d](https://eproc1.tjto.jus.br/eprocV2_prod_lgrau/controlador.php?acao=processo_selecionar&acao_origem=processo_consultar&acao_retorno=processo_consultar&num_processo=00014384720178272715&hash=b8378c39a4b47348a79131967a-43c67d). Acesso em: 18 jan. 2022.

VERGARA, R. M. O. **Uso da terra, aptidão hídrica e expansão da atividade agrícola no sudoeste do Tocantins**: identificação de cenários e fragilidades. 2021. 182 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2021.

## CAPÍTULO 3 MENSURAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DO SETOR AGRÍCOLA PARA O ESTADO DO TOCANTINS

Hugo Lopes Pereira<sup>1</sup>

Lucivania Pereira Glória<sup>2</sup>

Poliane Cardoso da Silva<sup>3</sup>

Patrícia Silva Pires<sup>4</sup>

Rita de Cássia Batista Silva Turíbio<sup>5</sup>

Elisandra Scapin<sup>6</sup>

Heber Rogério Gracio<sup>7</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

O Tocantins é o resultado histórico do processo de desenvolvimento capitalista brasileiro, bem como da expansão da fronteira agrícola na Amazônia, que não é um espaço isolado, mas sim parte integrante e interdependente da economia e desdobramentos socioambientais. Desde os anos de 1940 a produção era de

---

1 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – hugo.pereira@mail.uft.edu.br

2 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – lucivania.gloria@ifto.edu.br

3 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – policsbio@gmail.com

4 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – ppatiti@hotmail.com

5 Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – ritadecassia@mail.uft.edu.br

6 Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – scapin@mail.uft.edu.br

7 Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCiamb, Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, Brasil – hrgracio@mail.uft.edu.br

autossustento, porém em meados de 2000, o estado do Tocantins, começou a apresentar significativas mudanças, ocasionadas pela instalação das monoculturas de arroz, milho e soja e a utilização de agrotóxicos, associado a necessidade da concessão de crédito rural, conforme relatos por (GEIST, LAMBIM; 2002).

O Estado do Tocantins nos últimos 10 anos tem apresentado um crescimento socioeconômico bastante acentuado que pode ser verificado pelo Produto Interno Bruto- PIB que passou de R\$12.116.39 em 2008 para R\$35.666.183 em 2018. A representatividade do PIB do estado no Brasil no ano de 2018 foi 0,5% demonstrando um crescimento acentuado de 2002 que foi de 0,35%. O PIB agropecuário do estado do Tocantins no ano de 2002 registrou 0,71% do PIB do país. Já em 2018 essa representatividade passou para 1,35%, demonstrando o crescimento nesses 16 anos.

A soja e a cultura que se destaca na região, no ano de 2002 representava 0,65% da produção nacional. Em 2018 a soja Tocantinense já representava 2,57% das nacionais (IBGE, 2021).

A produção agropecuária demanda um consumo excessivo da água, principalmente no que diz a agricultura. A escassez de água foi reconhecida como um risco global primário para a humanidade na próxima década. Essa situação indica que será essencial usar a água com muito mais eficiência do que atualmente. Assim, uma melhor compreensão do consumo de água pelas várias atividades humanas, incluindo uma das mais importantes que é a produção de alimentos, é extremamente necessária. Em outras palavras, o uso eficiente dos recursos hídricos na agricultura requer a avaliação da quantidade de água consumida para produzir uma determinada quantidade de alimentos (SAWALHAH, 2021).

A nível mundial, a agricultura consome cerca de 69% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos), sendo que sem o controle e a administração adequada e confiável para a utilização da água para desenvolvimento da agricultura, não existirá a agricultura sustentável. No Brasil, por sua vez, quase metade da água consumida destina-se à agricultura irrigada (SILVA, et al. 2000).

Estimar o consumo de água pelo setor agropecuário e analisar o consumo de água em diferentes configurações dos cenários agrícolas das microrregiões do Estado, apresenta-se como uma ferramenta importante para avaliar o uso consciente da água na produção de alimentos sem que ocorra a exaustão dos recursos hídricos.

Por isso, realizar essa quantificação por Microrregião do Estado, servirá como um panorama para demonstrar o quanto o uso da água enquanto bem público, tem tido efetivo retorno para o desenvolvimento socioeconômico da população do Estado. Também, o crescimento da produção do Estado está intimamente relacionado com a cultura de Soja que em sua maior parte é destinada à exportação e consequentemente a concentração de renda. Dessa forma, esta pesquisa buscou traçar um panorama sobre a correlação entre a expansão agrícola nas microrregiões do Estado do Tocantins e a demanda hídrica de diferentes culturas agrícolas por unidade de área plantada.

Para isso foram elaboradas séries históricas da área explorada do Estado por tipo de cultura com o objetivo estimar a demanda hídrica por microrregião para diferentes culturas agrícolas correlacionando a necessidade de irrigação com a produção de alimentos de cada microrregião, a partir do cálculo da chuva efetiva para a agricultura.

### **1.1.Água virtual**

O conceito de água virtual, define-se como o volume de água demandada para a produção ou processamento de determinada commodity, como, por exemplo a quantidade de água em m<sup>3</sup>, para a produção da cultura de soja, arroz e milho. Sendo assim, com a exportação destes produtos existe um valor adicionado que não é contabilizado e que, pode representar além do equilíbrio da balança comercial do país, a sua sustentabilidade ambiental a médio e longo prazo.

Os recursos hídricos envolvidos na produção dos bens exportados podem acabar se tornando escassos mesmo em regiões em que há relativa abundância. O caso brasileiro é exemplar, quando considerada a produção de produtos primários como a soja e o açúcar. É importante ressaltar a distribuição desigual da disponibilidade hídrica entre as diversas partes do planeta, além de existir também uma variação sazonal que é importante, com a concentração de períodos chuvosos em alguns meses do ano.

O setor agrícola tem grande participação no consumo de água para a irrigação, como uma alternativa estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas, assim as áreas irrigadas no Brasil, só aumentam. Entretanto, é necessário que haja um manejo racional

da irrigação, considerando não somente as técnicas mais modernas, mas também a aplicação das quantidades adequadas para cada tipo de cultura. Muitas vezes, por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural acaba utilizando água em excesso para garantir que a cultura não sofra um estresse hídrico, o que poderia comprometer a produção.

Considerar a água como produto de exportação indireta brasileira nos sujeita ao processo de dispersão de riscos ambientais em escala global, pois evidencia quem está pagando a conta da escassez dos recursos hídricos de outras regiões do mundo. Todos os produtos brasileiros que são exportados, sobretudo os produtos agrícolas, demandam de um volume de água para serem produzidos e essa água é exportada juntamente com esses produtos (soja, milho, etc.) sem que seja contabilizada.

## **1.2. Consumo consuntivo da água**

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, criado pela Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), é um instrumento orientador da Política de Recursos Hídricos, sendo fundamentado nos conceitos da descentralização, com a participação da sociedade presente nas 12 Regiões Hidrográfica brasileiras integradas à gestão dos recursos hídricos locais, o qual configura um instrumento norteador da atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento (SINGREH), aprovado ainda em 2006, por meio da Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006 (BRASIL, 2006).

O PNRH é orientado por três objetivos estratégicos ou finalísticos, que devem ser alcançados por meio da implantação dos seus programas e subprogramas, sendo eles: melhoria da disponibilidade hídrica, superficiais e subterrâneas, em qualidade e com quantidade; a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos; a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante, PNRH (2011).

## **2.MATERIAIS E MÉTODOS**

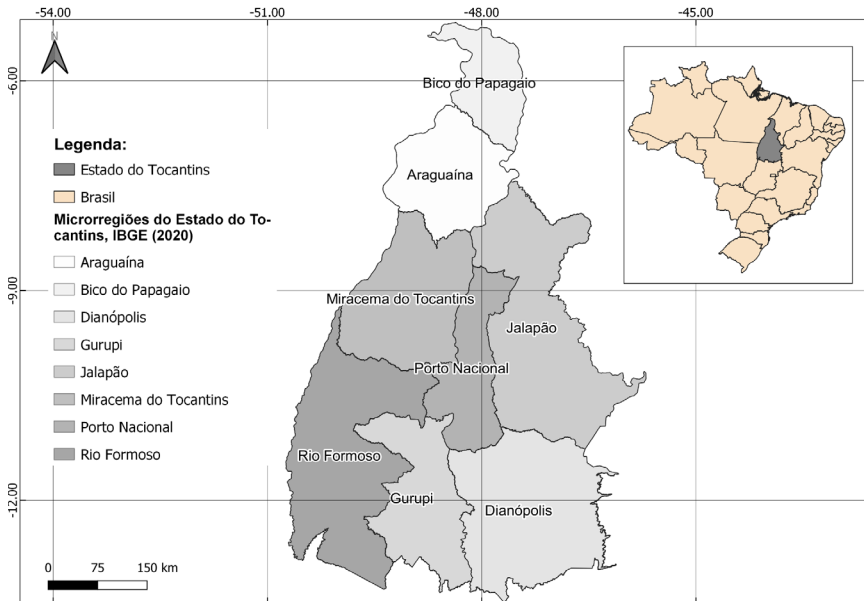
### **2.1.Campo de pesquisa**

O Tocantins situa-se na região norte sendo instalado em 1989, obtendo autonomia em relação ao estado de Goiás, tornando-se assim o mais novo estado do Brasil, ele faz limites com os estados de Goiás, Mato Grosso, Pará, Maranhão, Piauí e Bahia (TOCANTINS, 2021).

Em relação à divisão geográfica, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o estado subdivide-se em 8 microrregiões, quais sejam, Miracema do Tocantins, Bico do Papagaio, Gurupi, Dianópolis, Porto Nacional, Araguaína, Jalapão e Rio Formoso. Vale ressaltar que essa subdivisão geográfica, encontra-se vigente, porém em fase de transição até 2023 (IBGE, 2021).

Quanto aos aspectos climáticos do estado, ocorrem pelo menos três, a saber, clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração variando com média anual de 1.400 e 1.700 mm, com distribuição no verão variando entre 390 a 480; clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno com média de evapotranspiração de 1.500 mm e distribuição por volta de 420 mm no verão, finalmente tem-se o clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica e evapotranspiração potencial média anual de 1.600 mm com distribuição de 410 mm durante o verão (TOCANTINS, 2012). Vale pontuar que a evapotranspiração é um fator importante na determinação da demanda hídrica, pois este dado reflete as condições climáticas da região (CARVALHO et al., 2013)

Figura 1 - Microrregiões do Estado do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

É importante apontar ainda as características relativas à composição do solo tocantinense, segundo Lima, Oliveira e Aquino (2000), predominam no estado os Latossolos Vermelho-Amarelos, Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos) e os Solos Litólicos (Neossolos Litólicos), os quais perfazem cerca 63,8% de toda a superfície estadual, estes inclusive, estão presentes em todas as microrregiões, ocorrendo de forma acentuada em Rio Formoso, Gurupi, Dianópolis e Porto Nacional.

## 2.2. Coleta e tratamento de dados

Os dados base para este trabalho foram obtidos do SIDRA-IBGE (Sistema de Recuperação Automática do IBGE). Em meio ao sistema, os dados de área plantada e de produção de diferentes culturas temporárias (soja, milho, arroz, etc) e permanentes (banana, abacaxi, coco da baía, etc), encontram-se catalogados no banco de dados denominado PAM (Produção Agrícola Municipal) que também oferece informações ao nível municipal sobre área colhida, rendimento médio e valor da produção agrícola (SIDRA, 2021).

No atual SIDRA, o PAM pode ser acessado por meio do

link:<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. As tabelas deste banco de dados selecionadas foram as de número 1612 e 1613 segundo classificação do próprio sistema, que se referem a dados de área e produção para culturas temporárias e permanentes, respectivamente.

Recortes da tabela 1612 do PAM, com a área plantada entre os anos de 2006 e 2019 foram realizados para todos os municípios do Estado, agrupando-os para cada microrregião. Outros dados como os de produção (toneladas) e rendimento médio (quilogramas por hectare), também foram analisados.

No SIDRA os dados foram exportados em formato csv, a fim de viabilizar a incorporação dos dados em tabela de atributos no Software SIG QGIS (QGIS, 2021), e posterior elaboração de mapas ilustrativos. A tabulação dos dados e elaboração de gráficos e séries temporais foram feitas no software *Libreoffice calc*.

### **2.3. Culturas estudadas**

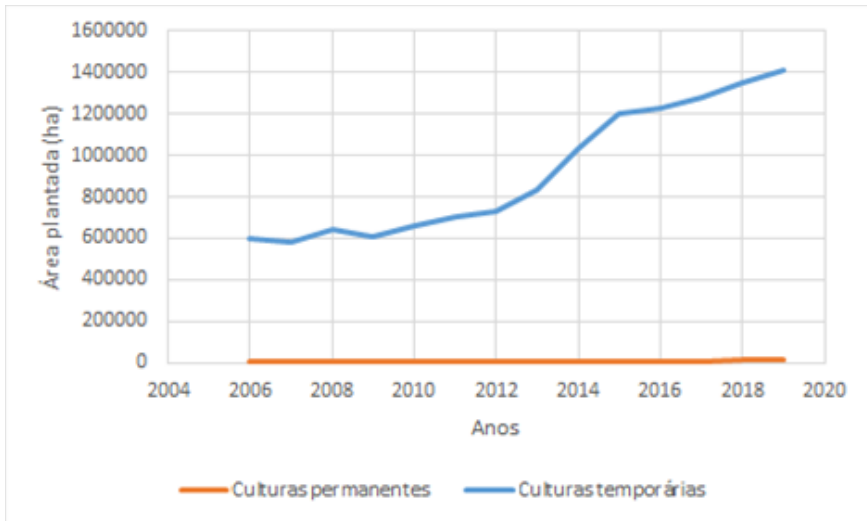
Para a escolha das culturas estudadas, foi realizado um levantamento referente à área plantada do Estado do Tocantins e sua segmentação por tipo de cultivares a partir do SIDRA, para as culturas temporárias e para as culturas permanentes.

Nesse levantamento, constatou-se que para o ano de 2019 (último ano em que o SIDRA foi atualizado) que a área total de plantações temporárias no estado, correspondeu a 905.281,00 ha. Já a área utilizada por culturas permanentes correspondia a apenas 11.993,00 ha, o que significa apenas 0,96 % do total. A evolução histórica da relação entre a área de culturas temporárias e permanentes encontra-se no gráfico 1.

Desse modo, considerando que o objetivo deste trabalho é levantar a série histórica da demanda hídrica da configuração da área plantada por tipo de cultivares, justificou-se ser suficiente a análise apenas das culturas temporárias tendo em vista sua relevância.



Gráfico 1 - Evolução da área plantada entre culturas permanentes e temporárias no Estado do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).

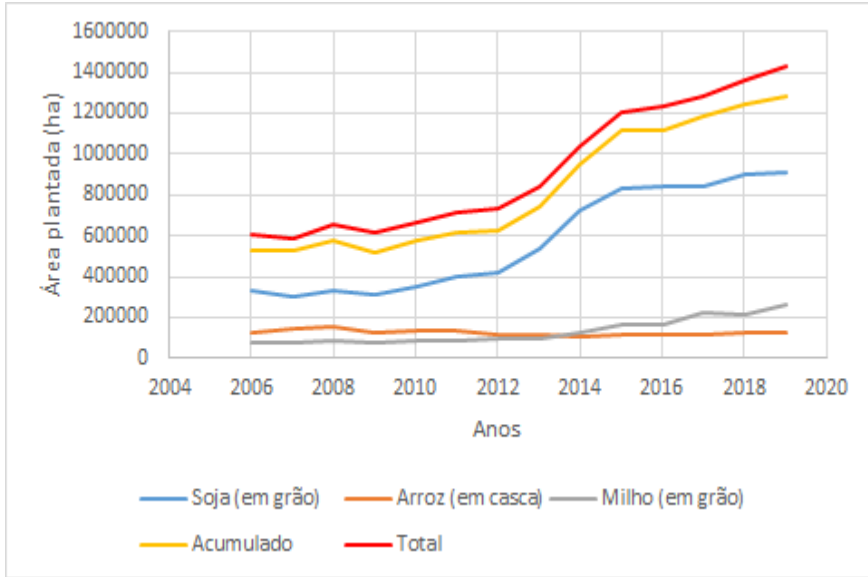
No levantamento das culturas temporárias, constatou-se que apenas três culturas correspondem a cerca de 90 % da área total de plantações no Estado. Sendo que de 2006 a 2013, predominava em ordem de relevância, as culturas de soja (em grão), arroz (em casca) e milho (em grão). De 2014 até 2019 houve uma alternância entre o milho e o arroz, sendo que o milho passou a ser a segunda maior área plantada, essa variação pode ser melhor observada no gráfico 2.

Por isso, neste trabalho a demanda hídrica agrícola por microrregião foi determinada considerando basicamente as culturas de soja, milho e arroz; no entanto algumas microrregiões apresentaram outras culturas dentre as três mais relevantes que também foram incrementadas no cálculo da demanda hídrica por microrregião, como é o caso do Bico do Papagaio, onde a partir de 2014 a mandioca figurou-se como a terceira cultura com maior significância percentual na área plantada com cerca de 10% do total, seguida do milho 30% e da soja 45% em média.

No gráfico 2, em vermelho, verifica-se a evolução da área plantada no Estado, tanto para culturas permanentes quanto para temporárias. Observa-se que a curva amarela, que representa apenas

o somatório de soja, milho e arroz, fica muito próximo da curva total e com a forma de evolução aproximada, o que justifica o método adotado e a escolha das culturas.

Gráfico 2 - Evolução da área plantada entre os principais cultivares temporários no Estado do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).

### 2.3.Cálculo da demanda hídrica

A demanda hídrica das culturas de interesse agrícola é um dado importante para o planejamento de produtores no planejamento, visando entender a necessidade hídrica da plantação e quantificar o volume de água necessário durante o seu desenvolvimento (CARVALHO, et al. 2013). Do mesmo modo, alguns órgãos ambientais utilizam estes dados para definir a vazão a ser outorgada para captação, como exemplo destaca-se a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA/DF, que mantém catalogadas valores de referência estabelecidos para outorga de uso dos recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Distrito Federal (LIMA, et al. 2019). Estes dados por sua vez favorecem o controle do órgão ambiental para a liberação do volume de captação específica para a cultura a ser outorgada e com isso evitar desvios de finalidade do uso da água.

No quadro 1 estão presentes as faixas de demanda hídrica anual das principais culturas do Estado, que serão utilizados para o cálculo, nele constam valores mínimos e máximos que podem variar conforme as condições climáticas da região (CARVALHO et al. 2013).

Quadro 1 - Faixa de demanda hídrica para as três principais culturas temporárias do estado do Tocantins. Fonte: Elaborado pelos Autores.

<b>Cultura</b>	<b>D e m a n d a hídrica</b>	<b>Fonte</b>
Soja	450 a 850 mm	FRANKE, A. E. Necessidade de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 35 n. 8. 2000.
Arroz se-queiro	450 a 700 mm	RODRIGUES, R. A. F. et al. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto usando o tanque de Classe A. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.546-556, set/dez 2004.
Arroz irrigado	1000 a 2500 mm	LORENSI, R. P. et al. A utilização dos recursos hídricos no sistema de irrigação. Ambiência, Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 355 - 364, Maio/Ago 2010.
Milho	380 a 550 mm	ALBUQUERQUE, P. E. P. Manejo de irrigação na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição, Set. 2010.
Sorgo	380 a 600 mm	PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. Sorgo: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2015.
Feijão	300 a 500 mm	DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. FAO – Food and Agriculture Organization, (Irrigation and Drainage Paper 33). Rome, p. 193p. 1979.
Mandioca	730 a 973 mm	SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção, v. 8, Janeiro 2003.
Cana-de-açúcar	1000 a 2000 mm	BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6ª. ed. Viçosa: UFV, 2002.

De posse desses dados, foram obtidas faixas de demanda hídrica para cada microrregião do Estado para o recorte temporal do ano de 2006 até o ano de 2019 conforme a equação 1:

$$D_h = \left( \frac{\sum A_i d_i}{\sum A_i} \right) \times 10 \quad (1)$$

Em que:

$D_h$  é a demanda hídrica da Microrregião/Estado a cada ano em  $\text{mm}^3/\text{ha}$ ;  
 $A_i$  é a área plantada de cada cultura em hectare e  
 $d_i$  é a demanda hídrica de cada cultura em mm/ano.

#### 2.4. Cálculo da necessidade de irrigação

As estimativas das necessidades de irrigação para a agricultura consideram as necessidades hídricas dos diferentes estágios de desenvolvimento das culturas, as quais foram listadas no quadro 1, o qual constam limites mínimos e máximos das demandas hídricas de diversas culturas. Pois é sabido que essa demanda provém do sistema solo-planta, e para o cálculo da demanda hídrica das culturas leva-se em consideração a evapotranspiração, que é o processo de transferência de água para a atmosfera ocasionada pela transpiração das plantas e pela evaporação da água do solo e da superfície vegetal (ANA, 2013).

O cálculo da necessidade de irrigação foi feito mês a mês considerando datas de início de plantio e ciclo de cultura disponíveis no quadro 2, segundo Conab (2019) e para a microrregião do Rio Formoso segundo Silva (2015). para isso foram considerados os seguintes parâmetros:

- Demanda hídrica ( em mm/mês;
- Chuva efetiva média ( ) em mm/mês;
- Área plantada (A) em ha;
- Eficiência dos sistemas de irrigação em %.

Quadro 2: Ciclo de cultivares para o estado do Tocantins.

<b>Cultivar</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>
<i>Microrregião do Rio Formoso (SILVA, 2013)</i>		
Arroz inundação	outubro	maio
Soja	junho	setembro
milho	junho	setembro
<i>Demais microrregiões (CONAB, 2019)</i>		
Arroz terras altas	novembro	março
Soja	outubro	janeiro
Milho	fevereiro	maio
Sorgo	dezembro	março
Feijão	novembro	fevereiro
Mandioca	setembro	outubro
Cana-de-açúcar*	Cana de um ano e meio	

Fonte: Conab (2019); Silva (2013).

O cáculo considerou a demanda hídrica intermediária entre os limites presentes no quadro 1. A adoção do valor médio se deu porque existe uma variação da evapotranspiração durante o ciclo da cultura, o que demonstrou-se conveniente quando o objetivo é obter um volume de água anual sob condição padrão conforme metodologia da FAO, sem a necessidade de correção dos consumos.

Com isso foi calculada a necessidade de irrigação líquida (NIL), conforme a equação (2) (POZZEBON, et al. 2020; ANA 2013).

$$NIL = D_h - P_e \quad (2)$$

E a necessidade de irrigação bruta (NIB) foi calculada considerando a eficiência média dos sistemas de irrigação de cada cultura, conforme a equação 3 (POZZEBON, et al. 2020; ANA 2013).

$$NIB = \frac{NIL}{E_i} \times 100 \quad (2)$$

As eficiências de irrigação médias de cada cultura encontram-se listadas no quadro 2, segundo os índices disponíveis em Engecorps (1998) (Apud POZZEBON, et al. 2020).

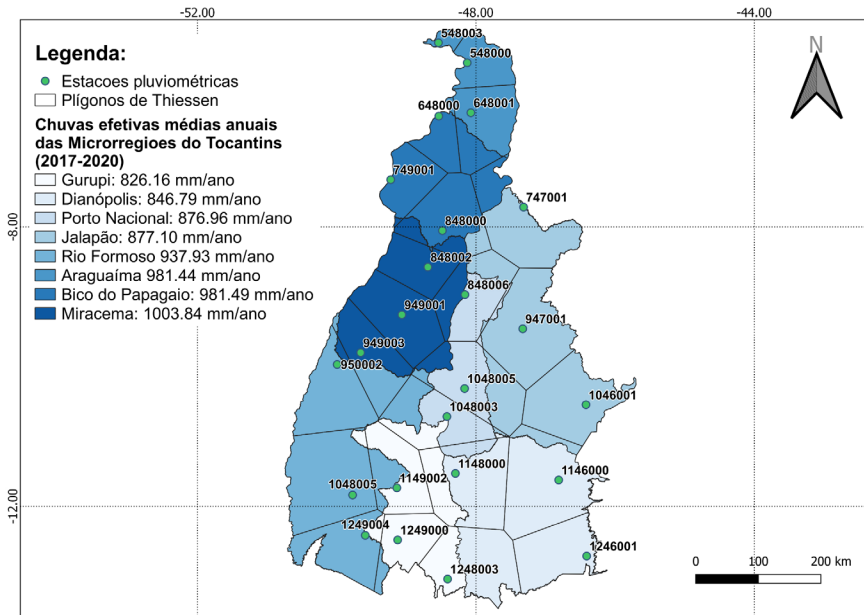
Quadro 2 - Eficiência média por método de irrigação adotada por cultivar.

<b>Cultura</b>	<b>Método</b>	<b>Eficiência média</b>
Soja	Pivô central	85,00%
Milho	Pivô central	85,00%
mandioca	Aspersão	67,50%
Sorgo	Pivô central	85,00%
Feijão	Aspersão	67,50%
Cana-de-açúcar	Gotejamento	90,00%
Arroz terras altas	Aspersão	67,50%
Arroz irrigado	Inundação	50,00%

Fonte: Adaptado de (ENGECORPS, 1998; apud POZZEBON, 2020).

A chuva efetiva média (), foi calculada mensalmente, a partir de séries históricas disponíveis no sistema HIDRO da Agência Nacional de Águas-ANA, para os anos de 2017 a 2020. O recorte temporal de quatro anos, foi utilizado buscando obter precipitações próximas da data atual, além disso buscou-se dirimir com a existência de meses sem dados e obter um maior número de pluviômetros com dados recentes. A figura 2 representa as chuvas efetivas médias anuais por microrregião do Tocantins a partir do método de Thiessen.

Figura 2 - Chuvas efetivas anuais médias para as Microrregiões do Estado do Tocantins (2017-2020) - Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de ANA (2021).



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da demanda hídrica e da necessidade de irrigação para as culturas temporárias, pautou-se nas três culturas mais relevantes para cada microrregião, sendo que estão presentes no quadro 2 a situação da configuração agrária da área plantada para cada microrregião do Estado. Este procedimento justifica-se pelo fato de que estas monoculturas são foco do agronegócio tocantinense e por conseguinte, este último detém maior capacidade de investimento em sistemas de irrigação.

Isso é comprovado ao se observar o percentual acumulado da participação dos três principais cultivares por microrregião, os quais totalizam uma representatividade média de 93,44% da área total plantada.

Quadro 2 – Três principais culturas temporárias por microrregião do Estado do Tocantins em 2020 - Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).

<b>Microrregião</b>	<b>1º Cultivar</b>		<b>2º Cultivar</b>		<b>3º Cultivar</b>	
	<b>Cultivar</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Área (ha)</b>
Bico do Papagaio	Soja	10300,00	Milho	7210,00	Mandioca	2651,00
Araguaína	Soja	30830,00	Milho	14104,00	Mandioca	1372,00
Miracema	Soja	158920,00	Milho	95574,00	Sorgo	9360,00
Porto Nacional	Soja	192508,00	Milho	63940,00	Canadela-açúcar	35924,00
Jalapão	Soja	167531,00	Milho	57601,00	Feijão	6604,00
Gurupi	Soja	216605,00	Milho	18312,00	Arroz	9470,00
Dianópolis	Soja	90081,00	Milho	35645,00	Sorgo	3950,00
Rio Formoso	Arroz	108857,00	Soja	95624,00	Milho	24522,00

Quadro 3 – Percentual de participação do cultivar em relação a área total plantada de culturas temporárias - Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).

<b>Microrregião</b>	<b>1º Cultivar</b>	<b>2º Cultivar</b>	<b>3º Cultivar</b>	<b>Acumulado</b>	<b>outros</b>
Bico do Papagaio	42.83%	29.98%	11.02%	83,83%	16.17%
Araguaína	64.79%	29.64%	2.88%	97,31%	2.69%
Miracema	56.97%	34.26%	3.36%	94,59%	5.41%
Porto Nacional	61.40%	20.39%	11.46%	93,25%	6.75%
Jalapão	69.70%	23.97%	2.75%	96,42%	3.59%
Gurupi	85.01%	7.19%	3.72%	95,92%	4.09%
Dianópolis	66.24%	26.21%	2.90%	95,36%	4.64%
Rio Formoso	43.18%	37.93%	9.73%	90,84%	9.16%

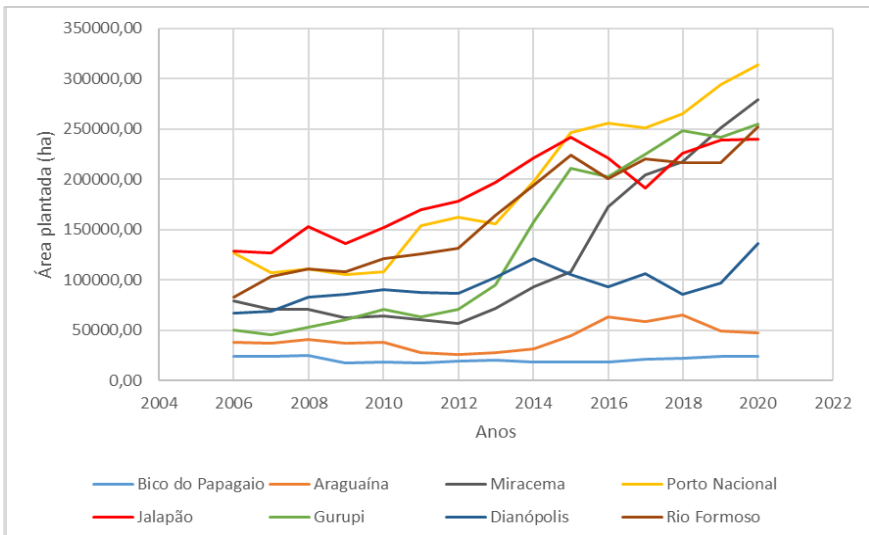


O gráfico 3 representa a evolução da área plantada de culturas temporárias por microrregião. Observou-se relevante crescimento do ano de 2006 em relação ao ano de 2020, da área explorada nas microrregiões de Porto nacional (147%), Rio Formoso (204%), Miracema (253%) e Gurupi (405%). Podendo-se destacar que este crescimento da área plantada foi motivado pela cultura da soja.

Nesses moldes, a cultura da soja representa a atividade de maior crescimento no território tocantinense, incentivada pelas características propícias das regiões de cerrado para o cultivo. O crescimento da produção de soja está diretamente vinculado ao agronegócio modernizado e de exportação, além de se beneficiar das características naturais e geoeconômicas do Tocantins, bem como das políticas de “desenvolvimento agropecuário” do estado (FORNARO, 2012).

Além dos incentivos governamentais, Lima e Nóbrega (2017) consideram que o avanço da soja do Tocantins também foi estimulada pelos projetos agrícolas, a implantação de ferrovias e expansão de rodovias como rota de escoamento da produção. Ao passo que o avanço da produção da soja ocorre em pontos seletivos conectados a uma rede logística, com proximidade à rodovia Belém-Brasília, TO-010 e a ferrovia Norte-Sul.

Gráfico 3 – Evolução da área plantada de culturas temporárias por microrregião do Tocantins. Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).



Desse modo, o avanço abrupto do plantio de *commodities*, tem relação proporcional com consumo de recursos hídricos. O gráfico 4 apresenta a evolução da demanda hídrica para as microrregiões do Tocantins de 2006 a 2020. Destacam-se as séries históricas do Rio Formoso, a qual sobressai devido à baixa eficiência do método de irrigação por inundação empregado na cultura de arroz (50%) e viabilidade de revezamento entre gramínea e leguminosa propiciada pelo projeto de irrigação Rio Formoso localizado “na margem direita do rio Formoso (planície da Bacia Bananal, no vale do rio Araguaia), no município de Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins” (SILVA, 2015).

A demanda hídrica elevada do arroz irrigado é proveniente da necessidade de formar uma lâmina d’água superficial nos tabuleiros, e para isso ocorrer é necessário saturar o solo além de ter que fornecer água suficiente para repor as perdas por percolação vertical, as perdas laterais e dos canais de irrigação. Dessa forma a cultura do arroz irrigado é pouco eficiente em termos de consumo de água e por conta destas variáveis, a amplitude da demanda hídrica desta cultura é muito elevada, chegando a 9.000m<sup>3</sup>/ha, podendo ultrapassar 25.000m<sup>3</sup>/ha (LORENSI, et al. 2010).

Conforme Pozzebon et al.(2020), consideram que a eficiência média da irrigação por inundação é de 50%, o que se observa é que a eficiência média deste método vem demonstrando-se abaixo do valor mínimo estabelecido pela Resolução ANA n. 707/2004 a qual apresenta indicadores mínimos para o uso racional da água.

Além do plantio de arroz que ocorre no período chuvoso, a safra de soja e milho ocorre no período de estiagem. O plantio de soja no período de entressafra na região é realizado sob o método de sub-irrigação nos meses de menor índice de chuva efetiva que vai de maio a setembro (gráfico 6), tem causado conflitos de uso e degradação evidente dos cursos d’água e biodiversidade da região (SILVA, 2015).

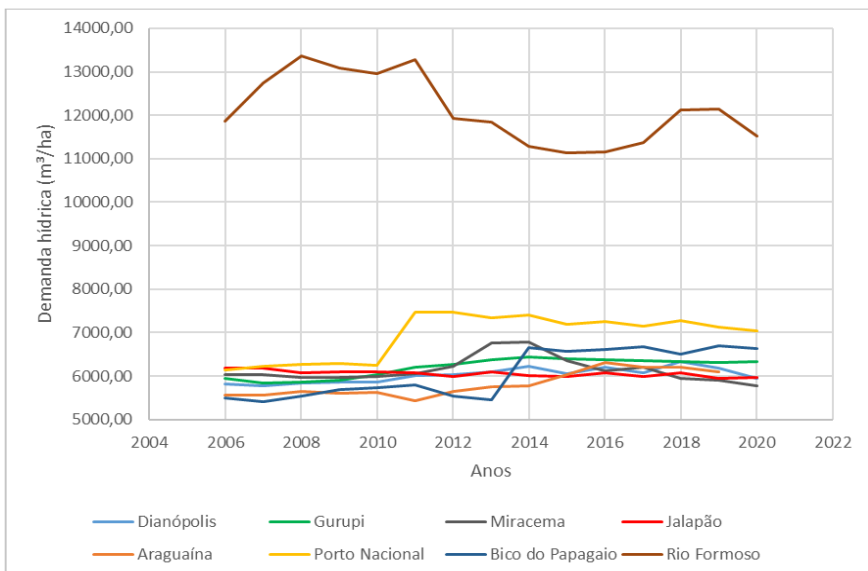
Conforme Silva (2015), os recursos hídricos utilizados no projeto Rio Formoso, para irrigação das culturas são provenientes dos reservatórios Taboca, Calumbi I, Calumbi II e do rio Formoso, sendo que a demanda de água calculada pelas Cooperativas gestoras, para o cultivo das safras anuais, supera em mais de três vezes as vazões outorgáveis do rio Formoso, nos meses de julho e agosto.

Variações perceptíveis nas séries históricas da demanda

hídrica das microrregiões de Porto Nacional (a partir de 2011) e de Miracema (2013-2014), foram provocadas pela inserção expressiva do cultivo de cana-de-açúcar. Considera-se ainda que para este trabalho, considerou-se o sistema de irrigação por gotejamento que é mais eficiente quando comparado com sistemas de aspersão e pivô central, mesmo assim a cana-de-açúcar exige um grande volume de água durante seu ciclo de produção (AVILEZ, 2018).

Para a microrregião do Bico do Papagaio, a partir do ano de 2014 cultura de mandioca passou a figurar como a terceira cultura mais relevante, e por ser uma cultura temporária com ciclo maior que 12 meses, houve aumento na demanda hídrica da região. No entanto, para esta pesquisa, considerou-se que toda a área plantada de mandioca é considerada irrigada por aspersão, o que é 25% menos eficiente quando comparada com a técnica de gotejamento (BERNARDO et al. 2008). Esse procedimento foi adotado, pois a cultura da mandioca faz parte do meio de sustento de agricultores familiares, que por sua vez costumam empregar métodos mais tradicionais de irrigação devido ao custo mais acessível (PINA FILHO, 2018).

Gráfico 4 – Evolução da demanda hídrica média das três principais culturas temporárias por microrregião do Tocantins -Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).



Técnicas adequadas no sistema de irrigação, diminuição no ciclo das culturas, manutenção e materiais de boa qualidade nos canais para o caso de projetos de irrigação, podem otimizar o consumo de água. Conforme o gráfico 5, a demanda hídrica da microrregião do Rio Formoso pode-se reduzir para 7039,48 m<sup>3</sup>/ha, ficando próxima da demanda hídrica média das demais microrregiões que é de 6105,31 m<sup>3</sup>/ha, o que provocaria uma expressiva economia de recursos hídricos.

Gráfico 5 – Demanda hídrica mínima, média e máxima por microrregião do Tocantins -  
Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021).

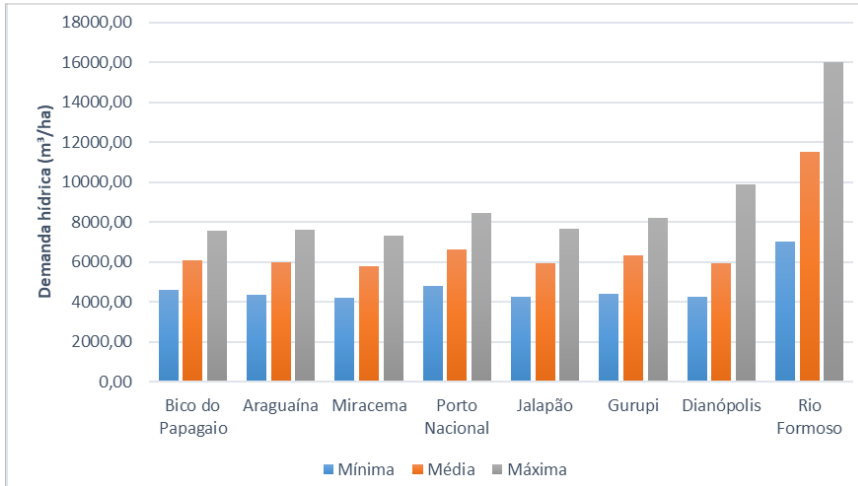
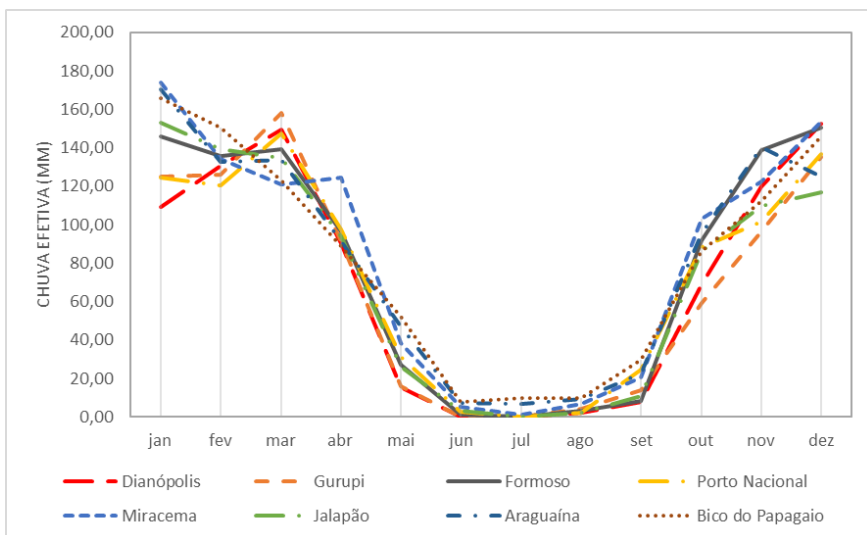


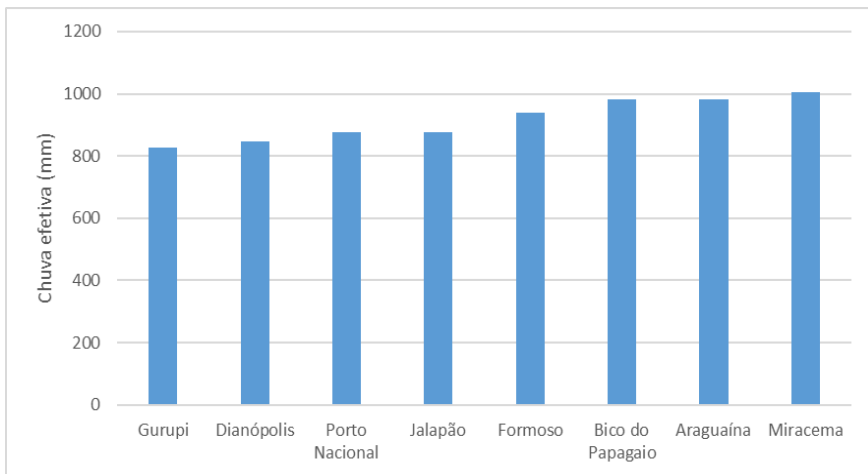
Gráfico 6 – Chuvas efetivas médias (2017-2020) por microrregião do estado do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de ANA (2021).

Assim como se percebe no gráfico 6, o gráfico 7 demonstra que a chuva efetiva média anual dentre as oito microrregiões não apresentaram variação que pudessem justificar alterações significativas na necessidade de irrigação mensal por apresentarem sazonalidade muito próxima. Por sua vez, fatores como o método de irrigação empregado, e a configuração do espaço agrário foram determinantes na variação da necessidade de irrigação. Pois, ao se observar o gráfico 4, vê-se que a chuva efetiva média anual da microrregião de Miracema manteve-se ligeiramente superior à da microrregião de Araguaína, porém variando os cultivares o percentual de cobertura, no entanto, a variação na necessidade de irrigação por hectare mostra-se evidentemente discrepante (quadro 4).

Gráfico 7 – Chuva efetiva anual por microrregião do estado do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de ANA (2021).

Conforme Vitte (2013) a segurança alimentar é considerada como estratégica em contexto de aumento de demanda quando se trata do aumento do consumo de recursos naturais para a produção de alimentos. No caso da água como recurso fundamental para garantir a segurança alimentar, deve-se questionar até que ponto a utilização deste recurso se torna sustentável para produção de alimentos em quantidade e qualidade. Nesse sentido o autor indica que no cenário do agronegócio nacional com a valorização e exportação de commodities, tende a crescer massivamente a área

plantada, requerendo grandes quantidades de água. Como é iminente a necessidade de contabilizar e cobrar o valor da água demandada para a produção daquela commodity, essa prática denomina-se operacionalização da “água virtual”, e visa incentivar os produtores a investir em técnicas eficientes de irrigação e produção.

No quadro 4, pode-se verificar o consumo de água por tonelada de alimento produzido. Observa-se que a microrregião que mais consome água por tonelada de alimento é aquela com maior parcela em percentual de necessidade de irrigação (45%), que é o Rio Formoso, demanda essa propiciada pela cultura de arroz irrigado. E de forma assimétrica, o Bico do Papagaio que é a microrregião com menor demanda de irrigação anual calculada que é a do Bico do Papagaio (1%), foi a que menor necessidade de irrigação por tonelada de alimento produzido.

Esclarece-se, contudo, que a microrregião de Porto Nacional obteve o índice de 138,69 m<sup>3</sup>/t, pois o cálculo considerou a produção em toneladas da cana-de-açúcar, que por sua vez apresenta maior produção em toneladas por unidade de área comparada às culturas de grãos.

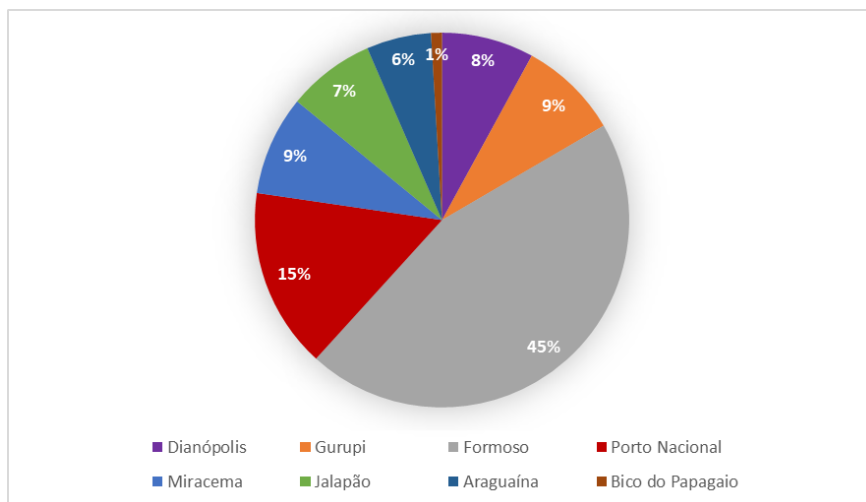
Quadro 4 – Necessidade de irrigação e eficiência da produção média por microrregiões do Tocantins.

Microrregião	Nec. Irrigação (m <sup>3</sup> /ha)	Nec. Irrigação (m <sup>3</sup> /ano)	Produção (t)	Eficiência (m <sup>3</sup> /t)
Dianópolis	3820,43	265.801.939,04	440801	602,9975863
Gurupi	2146,89	288.056.324,71	828355	347,7450184
Formoso	7641,10	1.560.952.631,47	1059851	1472,803848
Porto Nacional	4688,94	519.217.180,60	3743766	138,6884705
Miracema	2167,90	287.152.089,70	931562	308,2479638
Jalapão	3402,96	252.032.196,40	811161	310,7055152
Araguaína	5920,36	186.593.466,99	141186	1321,614516
Bico do Papagaio	5292,19	31.330.003,26	104014	301,2094839
Tocantins	4385,09	3.391.135.832,16	8060696	420,7001272

Fonte Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021) e ANA (2021).

De posse do gráfico 4, observa-se que a microrregião do Rio Formoso, corresponde a cerca de 45% do volume anual da necessidade de irrigação total para o Estado do Tocantins, totalizando 4.276.582,55 m<sup>3</sup>/dia, o que está relativamente próximo ao valor outorgado para irrigação para a bacia do Rio Formoso em 2015 que é de 4.925.295,25 m<sup>3</sup>/dia (MAGALHÃES FILHO, VERGARA & RODRIGUES, 2015), o que valida o método utilizado para estimativa da necessidade de irrigação neste trabalho. Porém, a amplitude na eficiência do método de irrigação por inundação do arroz, faz com que muitas variáveis devam ser observadas para o efetivo consumo racional da água. Uma vez que se fossem considerados os limites superiores da demanda hídrica para a cultura, a necessidade de irrigação chegaria a 5.477.33,25 m<sup>3</sup>/dia, superando em 11% a vazão outorgada.

Gráfico 8 – Percentual da Necessidade de irrigação média das microrregiões do Tocantins.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados de IBGE (2021) e ANA (2021).

## 4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa demonstrou a existência de diversas variáveis que são consideradas na contabilização da necessidade de água

para produção de alimentos, as quais proporcionam uma amplitude acentuada nas demandas hídricas, mínima e máxima, considerando diferentes cenários de condições de produção. Nesse caso, a diminuição do uso de recursos hídricos é possível por intermédio da utilização de técnicas produtivas e de irrigação que otimizem a eficiência da produção; ou pela substituição de culturas que apresentem elevado padrão de consumo por outras de menor necessidade hídrica.

As estimativas de necessidade de irrigação aqui apresentadas demonstraram resultados próximos à realidade, ao comparar a vazão outorgada para a bacia do rio Formoso com o calculado. Métodos mais precisos podem ser empregados, como a precipitação efetiva provável ao invés da média, no entanto para este trabalho a média dos últimos quatro anos mostrou-se viável em relação ao cálculo probabilístico, devido a insuficiência de dados das estações disponíveis no banco de dados HIDRO da ANA.

Além disso, os limites de demanda hídrica por cultura presentes no quadro 1, poderiam ser calculados de forma mais precisa conforme ANA (2013), de modo que os dados da evapotranspiração de referência fosse estimado por município a partir da interpolação de estações meteorológicas, assim, em vez de faixas de demanda hídrica, seriam calculadas demandas específicas por cultura e por localidade.

## 5. REFERÊNCIAS

ANA. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas**. Agência Nacional de Águas –. Brasília, p. 252. 2013.

AVILEZ, A. M. A. **Necessidade hídrica da cana-de-açúcar no noroeste paulista**. Universidade Estadual Paulista (Dissertação). Botucatu, p. 78. 2018.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª. ed. Viçosa: UFV, 2002.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª. ed. Viçosa: UFV, 2008.



BRASIL. Lei nº9.433, de 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006.

CARVALHO, I. R. et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. FAO – Food and Agriculture Organization, (Irrigation and Drainage Paper 33). Rome, p. 193p. 1979.

FORNARO, A. C. **Logística e Agronegócio Globalizado no Estado do Tocantins: Um estudo sobre a expansão das fronteiras agrícolas modernas no território Brasileiro**. Universidade Estadual de Campinas (Dissertação). Campinas, p. 175. 2012.

FRANKE, A. E. Necessidade de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 35 n. 8, Brasília, Agosto. 2000.

GEIST, H. J. E LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, v.52, n. 2, p. 143, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/panorama>>. Acesso em: 27 Julho. 2021.

LIMA, D.; NOBREGA, L. C. Análise do preço de terras agrícolas no Tocantins: decifrando os caminhos do agronegócio. **Raega**, Curitiba, v. 40, Agosto 2017. ISSN 163-176.

LIMA, F. M. et al. Serviços Ecossistêmicos e a Agricultura Irrigada na Bacia do Ribeirão Rodeador, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 2, p. 202-215, 2020.

LORENSI, R. P. et al. A utilização dos recursos hídricos no sistema de irrigação. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 355 - 364, Maio/Ago 2010.

PALHARES, J. C. P.; MORELLI, M.; NOVELLI, T. I. Water footprint of a tropical beef cattle production system: The impact of individual-animal and feed management. **Advances in water resources**, v. 149, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309170821000087>>. Acesso em 29 Julho 2021.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015.

PINA FILHO, O. C. **Desenvolvimento e produtividade de mandioca submetida a diferentes frequências de irrigação e espaçamentos de plantio em um latossolo vermelho do cerrado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde (Dissertação). Rio Verde, p. 85. 2018.

POZZEBON, É. J. et al. Demanda hídrica para agricultura irrigada e sua influência nas análises de pedidos de outorga de direito de uso da água. **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2020.

QGIS. QGIS Geographic Information System. **QGIS Association**, 2021. Disponível em: <[https://qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://qgis.org/pt_BR/site/index.html)>. Acesso em: 27 Julho 2021.

RODRIGUES, R. A. F. et al. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto usando o tanque de Classe A. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.546-556, set/dez 2004.

SAWALHAH, M. N. Water footprint of rangeland beef production in New Mexico. **Journal Water**. v. 13, 2021. Disponível em <<https://www.mdpi.com/2073-4441/13/14/1950>>. Acesso em: 29 Julho 2021.

SIDRA. Sidra, banco de tabelas estatísticas. **IBGE**, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 Julho 2021.

SILVA, A. J. R. **Sensoriamento remoto como subsídio para a gestão agrícola: estudo de caso do projeto de irrigação Rio Formoso formoso do araguaia-to**. Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia De Goiás (Dissertação). Goiânia, p. 96. 2015.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção**, v. 8, Janeiro 2003.

TOCANTINS. Secretaria da indústria, comércio e serviços. **Governo do Tocantins**, 2021. Disponível em: <<http://seden.to.gov.br/desenvolvimento-da-cultura/tocantins---historia>>. Acesso em: 27 Julho 2021.

TOCANTINS. Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial. **Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública – SEPLAN**, 2012. Disponível em:< [http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/TO\\_AtlasTocantins2012\\_1/Atlas\\_do\\_Tocantins\\_2012.pdf](http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/TO_AtlasTocantins2012_1/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf)> Acesso em 28Julho 2021.

<https://www.travessa.com.br/administrando-a-agua-como-se-fosse-importante-l-ed-2005/artigo/6eb66c0c-0c07-4056-9a-74-a68e71159a95>

VITTE, C. C. S. Recursos naturais e produção de commodities: geoeconomia e políticas regionais de cooperação em segurança alimentar na América do Sul. **REVISTA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL**, Blumenau, v. 1, p. 65-83, 2013. ISSN 2317-5443.

## CAPÍTULO 4

# QUANTO VALE A ÁGUA? – UMA DISCUSSÃO SOBRE OS IMPACTOS DO PREÇO DA ÁGUA EM RELAÇÃO À RENDA SOCIAL URBANA NA REGIÃO NORTE DO BRASIL

Alana Cristina Santana<sup>1</sup>

Leonardo Matheus Banabé Batista<sup>2</sup>

Milena Santos Falcão<sup>3</sup>

Fernando de Moraes<sup>4</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A Declaração Universal dos Direitos Humanos – “Universal Declaration of Human Rights” (UDRH) aprovada em 1948, após o fim da Segunda Guerra Mundial, prevê que o reconhecimento da dignidade inerente e dos direitos iguais e inalienáveis de todos os membros da família humana são fundamentos da liberdade, da justiça e da paz no mundo (UNESCO, 1948). A água é considerada um bem de natureza difusa, ultrapassando o conceito subjetivo de direito individual, pois representa o interesse de uma pluralidade de indivíduos ou sujeitos. Sendo essencial e fundamental na garantia de subsistência básica dos seres humanos.

A água é um patrimônio público que deve ser considerada um bem comum de forma que atenda às necessidades de todos.

1 Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: alanacristinasantana@gmail.com

2 Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: leonardo.matheus@mail.uft.edu.br

3 Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGG-Ciamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: milena.falcao@uft.edu.br

4 Geógrafo, Mestre e Doutora em Geografia. Professor dos cursos de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: morais@mail.uft.edu.br

A administração deste bem deve ser feita coletivamente de modo que a população participe das tomadas de decisões sobre seu uso, garantindo à população uma vida saudável, com mais dignidade e qualidade (SILVA FILHO, et al. 2018).

Dentro do ordenamento jurídico brasileiro, a água está classificada como bem público e de uso comum do povo, mas na prática, o acesso à água potável está vinculado ao fornecimento e viabilização do mesmo, onde se outorga o direito de uso, e o poder Estatal tem o papel de gerir os chamados recursos hídricos, e especialmente quanto ao fornecimento de água aos cidadãos, ocorre por meio de empresas estatais ou concessionárias que geram o fornecimento e o saneamento básico. A principal diretriz de gerenciamento e outorga de recursos hídricos no Brasil foi instituída pela Lei 9.433 de 1997, que regulamenta o artigo 21, inciso XIX da Constituição Federal de 1988. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), constituída pela citada Lei, classifica a água como um bem de domínio público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, instituindo ainda, como instrumento da PNRH, a cobrança pelo uso da água enquanto recurso hídrico (SILVA; BOAS, 2013).

A qualificação da água enquanto bem dotado de valor econômico introduz a problemática entre a valoração da água potável fornecida e as tarifas ou preços públicos e o acesso à água em relação à renda socioeconômica da população, traduzida aqui sob a ótica da subvalorização capitalista da natureza enquanto recurso (LEFF, 2021, p. 210).

Na visão da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, conforme o manual de introdução ao gerenciamento de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água estaria tangenciada enquanto bem de valor econômico de oferta e demanda, onde a mesma visaria criar condições de equilíbrio entre oferta (disponibilidade da água) e demanda, visando a introdução da competição de mercado, redistribuição de custos sociais (SETTI, et al. 2001, p. 59).

Não obstante a valoração econômica, o acesso a água limpa e saneamento básico também possui relação direta ao debate da crise hídrica, uma vez que, independentemente da linha teórica adotada, a falta de saneamento e infraestrutura reduz a disponibilidade hídrica, como consequência de ações ambientais, mas principalmente, antrópica, por exemplo às perdas na distribuição da água e do

escoamento de esgoto doméstico e industrial (ARMADA; LIMA, 2017 p. 192-193).

A legislação brasileira sobre água já constava na Constituição Imperial de 1824, como sendo um bem pertencente à Coroa. Em 1890, o Código Penal protege a água no artigo 162, aplicando pena a quem corrompesse ou conspurcasse água potável. O Código Civil de 1916 continha sete artigos sobre a água, mas não regulamenta o domínio das águas, apenas a utilizava da água enquanto bem essencialmente privado, com valor econômico limitado.

Em um contexto legislativo histórico de importância se tem a primeira versão do Código de Águas no Brasil em 1907, sendo sancionado em 10 de julho de 1934 (Decreto n. 24.643). Cabe esclarecer que “até 1920, à exceção das secas do nordeste, a água no Brasil não apresentou problemas ou limitações, surgindo nesse período a cultura da abundância de água, que prevalece até os dias atuais” (ABAS, 2021).

A Constituição dos Estados Unidos do Brasil de 1946 foi considerada a legislação moderna que trouxe mudanças importantes sobre o domínio das águas. Em 1960 houve a criação do Ministério das Minas e Energia que assumiu as ações que eram atribuídas ao Ministério da Agricultura (Lei n. 3.782/1960) pois iniciava-se um desenvolvimento industrial que exigia um maior consumo de água e energia.

Como marco em proteção ambiental, a Constituição da República Federativa do Brasil se destaca ao preceituar o direito de todos a um ambiente ecologicamente equilibrado, passando a água a ser um direito humano fundamental, determinando que todos têm direito ao acesso à água em quantidade suficiente e qualidade adequada. Foi definida constitucionalmente como bem essencial à sadia qualidade de vida, e passou a se caracterizar juridicamente como “bem ambiental (art. 225 da Constituição Federal), levando o legislador a definir, no plano infraconstitucional, acerca das águas interiores superficiais e subterrâneas, os estuários e o mar territorial como recurso ambiental, também assegurado na Lei 9.985/2000 (Lei de Unidades de Conservação da Natureza) e da Lei 6.938/81 (Lei da política Nacional do Meio Ambiente). Após a Constituição Federal a água passou a ser normalizada em função da sua natureza jurídica (de bem ambiental) (FIORILLO, 2012, p. 38).

Um bem ambiental, nos termos expressos no artigo 225 da Constituição Federal, é um bem de uso comum do povo, restringindo-

se sua disponibilidade e titularidade pela limitação as próprias relações jurídicas que se possam estabelecer como prerrogativas individuais e até mesmo coletivas. Trata-se de uma limitação aos poderes inerentes a propriedade individualista como as de gozar, dispor, fruir, reaver, etc. (FIORILLO, 2012, p. 38).

Para Luís Paulo Sirvinkas (2009, p. 51-55), o bem ambiental refere-se a uma terceira categoria de bem que se situa entre o bem público e o bem privado. São bens difusos, de uso comum, que estão sob administração dos entes públicos. O gestor público tem o papel de apenas gerir os recursos hídricos, visto que a água não integra o patrimônio privado do Poder Público, sendo bem inalienável.

É notório que a água é um bem dotado de valor, e a atribuição deste valor econômico introduz a problemática de atribuir-se um requisito quantitativo de capital para ter acesso à um bem essencial para manutenção da vida, abstraindo-se em unidades valorativas um bem natural de caráter essencialmente complexo. Em primeiro plano devem ser considerados os valores vital, social, ambiental e cultural e, em segundo plano, a verificação do valor econômico (SANTOS; MORAES; ROSSI, 2013, p. 443).

A adoção de conceitos liberais clássicos, como a de que a propriedade tem seu nascedouro no direito natural do "homem" modificar a natureza agregando-se então valor, que enfim poderia ser comercializado como propriedade, ainda prevalece nos discursos atuais (Harvey, 2014).

Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2003, 2006), a região Norte do Brasil apresenta:

"o maior índice de disponibilidade *per capita* de água doce do país", cerca de 80% de todo território nacional relacionado a parte hídrica, "reunindo alta vazão específica com baixa densidade populacional, como verificado nas Regiões Hidrográficas Costeira Norte, com 1,8 milhão m<sup>3</sup>/hab ano, do rio Amazonas com 455 mil m<sup>3</sup>/hab ano, e na vertente oeste do Tocantins, entre as sub-bacias dos rios Araguaia e Pará, próximas a 150 mil m<sup>3</sup>/hab ano" (BORDALO, 2017, p. 121).

Assim, considerado o panorama brasileiro de fornecimento e gestão de recursos hídricos, especialmente o saneamento e fornecimento de água para consumo humano, o presente trabalho se investe em problematizar a valoração econômica da água em relação a renda per capita das populações presentes nas capitais dos Estados

da região Norte do Brasil, ao qual se destina o fornecimento básico e fundamental de água potável.

Dentro desta perspectiva o presente estudo consiste em possibilitar a coleta de dados dessas capitais dos Estados da região Norte do país, com foco de delimitação na própria regionalização contra prestativa dos recursos arrecadados, com a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Pois, conforme consigna a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), os valores vinculam-se prioritariamente ao uso e manutenção da bacia hidrográfica em que foram gerados.

Na região Norte do Brasil, tem-se a Lei n. 1.500/03 instituindo a Política de Recursos Hídricos do Estado do Acre; a Lei n. 0686/02 que dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos do Estado do Amapá; a Lei n. 3.167/07 que reformula as normas disciplinadoras da Política de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas; a Lei n. 6.381/01 dispondo sobre a Política de Recursos hídricos do Estado do Pará; a Lei n. 255/02 que cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia; a Lei Complementar n. 007/94 que institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado de Roraima; e, por fim, a Lei n. 1.307/02 dispondo sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins.

Conforme os dados apresentados por Couceiro e Hamada (2011, p. 765-766) em um estudo sobre os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na Região Norte do Brasil, o Estado do Pará é considerado o que mais avançou na região amazônica para atender o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), dando início em 2001, e, logo em seguida, o Estado do Tocantins em 2002. Os demais Estados da Região Norte apesar de regulamentarem através de leis não têm um resultado efetivo quanto aos Recursos Hídricos.

A cobrança pelo uso da água, percebe-se que ela alterna em cada cidade e região, sendo o clima um fator que contribui para essa alternância. Ao atribuir o valor econômico à água se faz necessário pensar em uma forma eficiente para redistribuição dos custos sociais de forma equitativa. A cobrança promove o desenvolvimento regional de forma integrada na dimensão social e ambiental, tendo em vista que deve ser considerado “o padrão de vida e hábitos da população, o sistema de fornecimento e de cobrança, a qualidade da água fornecida”, além da análise da presença do “sistema de coleta de esgoto e a taxação de externalidade negativa resultante das atividades



econômicas, que não são, até o momento, consideradas”. No País dois fatores incidem na forma de cobrança, o fator política e o financeiro (COUCEIRO; HAMADA, 2011, p. 768).

Couceiro e Hamada (2011, p. 769) salientam que o caráter político se marca na existência de limitações de regulamentação e por ações políticas que buscam fazer média com a população e com grandes empreendimentos, como exemplos, citam: “inexistência ou a imprecisão do regime de propriedade do bem, ocorrência de monopólios naturais”, a insuficiência de “provisão de bens e serviços públicos e insuficiência política no caso de eventos recorrentes de secas e inundações” e as agências reguladoras que estão interessadas no processo. Já o caráter financeiro se apresenta quando os custos que são gerados para o usuário e para a recuperação do Recurso Hídrico não são aplicados em ações de recuperação da bacia arrecadadora como forma de educação ambiental, controle de poluentes e recomposição da mata ciliar (COUCEIRO; HAMADA, 2011, p. 770).

Uma alternativa de instrumento econômico eficaz para a gestão da água é a implementação do princípio poluidor-pagador e do princípio protetor-recebedor nos instrumentos do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Considerados tais aspectos, vinculados ao fornecimento e valoração de água limpa e acessível nas capitais selecionadas, questiona-se: enquanto bem ou recurso precificado, ao qual se viabiliza o uso estatal ou privado das empresas responsáveis, é possível compreender ou traçar correlações entre o que esse serviço impacta na renda dessas famílias?

As desigualdades sociais desaguam também na distribuição e acesso espacial aos serviços essenciais, dentre os quais, a água se destaca como essencial para manutenção da vida.

O problema do abastecimento de água potável no Brasil ocorre em diversas regiões, muitas vezes pelo difícil acesso e outras e decorrência do desperdício, fazendo com que a ampliação do sistema de abastecimento se torne uma das prioridades para erradicação da pobreza, insalubridade e desigualdades. Tais consequências também estão diretamente relacionados ao consumo domiciliar; a leitura técnica do clima em relação ao percentual hidrométrico; ao valor das tarifas cobradas; as dinâmicas da distribuição; a qualidade da água fornecida; entre outros fatores, que direta ou indiretamente se relacionam ou acabam por contribuir ao papel relevante das

caracterizas socioeconômicas em meio ao problema (DIAS; MARTINEZ; LIBÂNIO, 2010, p. 157).

Um estudo que analisa a relação de distribuição de água e a renda da população, realizado em 2010, afirma que o consumo da água é diretamente ligado às condições socioeconômicas da população, “essa correlação contempla as condições socioeconômicas da população abastecida e a política tarifária praticada pela concessionária responsável pelo abastecimento de água” (DIAS; MARTINEZ; LIBÂNIO, 2010, p. 160).

Para compreensão das condições socioeconômicas da população, cabe compreender exatamente o conceito de renda, considerado como rendimento efetivamente recebido do trabalho no mês de referência aquele que a pessoa de fato recebeu no mês de referência (IBGE, 2007). No Brasil, segundo a síntese de indicadores sociais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), estima-se que 52,2 milhões de viviam abaixo da linha da pobreza em 2016 (US\$ 5,50 por dia de renda per capita ou R\$ de 387,70 mensais), o que equivale a 25,4% da população.

Na região Norte, o ano de 2017 apresentou condições socioeconômicas de aproximadamente metade da população apresentava rendimento de até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo per capita (IBGE, 2017). No que se refere à renda per capita, no ano de 2019, essa Região apresentava rendimento de R\$ 872,00, enquanto as demais, um crescimento de 7,8%. Assim, a Região Norte teve uma queda de 1,5%, se comparado ao período correspondente de 2012 a 2019 (IBGE, 2020).

Considerada a questão problematizada, o presente estudo tem como objetivo geral compreender os impactos do preço (ou precificação/valoração) cobrado pelo fornecimento de água tratada na renda social urbana das famílias da região Norte do Brasil. Foram elencados como objetivos específicos: Identificar a natureza jurídica da água enquanto bem, recurso ou propriedade; realizar o levantamento das relações entre as tarifas mínimas aplicadas pelas concessionárias ou estatais às famílias das sete capitais da região Norte do Brasil pelo fornecimento da água tratada; avaliar as relações da renda per capita com os valores vinculados ao fornecimento da água potável em perspectiva às desigualdades sociais e características socioeconômicas da população amostrada.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi concretizada a partir de estudos teóricos e revisão de literatura de estudos correlatos existentes. Caracterizou-se como uma pesquisa documental, tendo em vista o uso de documentos e dados empíricos que não passaram por um tratamento ou análise científica, mas foram publicados pelas empresas privadas responsáveis pela distribuição da água na região estudada e documentos públicos oficiais. Em relação ao tipo de abordagem, o estudo teve caráter qualitativo. Pois essa abordagem forneceu aos pesquisadores os dados básicos para o desenvolvimento e a compreensão das relações entre as tarifas pagas pelas famílias pela água e os rendimentos domiciliares per capita.

Estes estudos e dados quando confrontados com fundamentação teórica e revisão de literatura já realizados acerca do tema ofereceu aos pesquisadores elementos para reflexão e análise da relação entre as tarifas pagas pela água e a renda *per capita* das famílias. Para a discussão buscou-se relacionar a literatura referente à natureza jurídica da água, os rendimentos domiciliares das famílias da região estudada.

Foram realizadas pesquisas através das consultas nos sites das concessionárias privadas ou estatais responsáveis pelo fornecimento de água tratada nas sete capitais da região Norte, para obtenção dos dados. Foi analisado os efeitos do preço cobrado pela distribuição da água na renda dessas famílias, bem como, a amostra representativa da população da região Norte do Brasil com base nos dados do IBGE, abrangendo uma análise da renda *per capita* desta população. Embora essa região seja a que apresenta uma maior disponibilidade hídrica, hipoteticamente, deveria representar um fator de facilitação ao acesso deste recurso natural.

A primeira etapa consistiu na realização do estudo bibliográfico sobre o tema central. Inicialmente, foi feito uma leitura sistemática da legislação vigente e de diversos artigos com diferentes abordagens, exclusivamente desse assunto, para a obtenção com mais clareza a respeito do mesmo.

A segunda etapa consistiu de um levantamento dos responsáveis pelo fornecimento de água tratada nas setes capitais da região Norte,

a fim de identificar em quais localidades existem concessões por parte do Estado e suas responsabilidades, bem como, quais as empresas privadas são responsáveis pela gestão da cadeia de abastecimento de água. Foi analisado, qual o valor da taxa mínima e qual o valor cobrado pela água tratada nessas localidades.

A terceira etapa consistiu na realização de uma busca no site do IBGE para obter os dados com os valores dos rendimentos domiciliares *per capita* das famílias que residem na região Norte, com o objetivo de se compreender a participação desta despesa no orçamento familiar das populações em foco. Para isso, foi feita uma tentativa de correlação entre a renda *per capita*, indicador social fornecido pelo IBGE e as taxas mínimas pagas pela água, dados provenientes das consultas aos sites das fornecedoras de água, estatais ou privadas.

Na quarta e última etapa foi feita uma análise integrada dos dados e informações levantadas nas etapas anteriores, de modo a compreender a questão problematizada, organizando as discussões e conclusões que compõem o presente texto. Para tanto, foi utilizado o coeficiente de Pearson nas análises.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na análise realizada foi possível identificar que nas capitais da região Norte do Brasil os responsáveis pela distribuição da água tratada são seis empresas de iniciativa privadas e somente uma estatal (conforme quadro 1). O que de fato, leva a uma reflexão a respeito do Estado não deter a concessão para distribuição de água tratada na maioria das capitais dessa região, demonstrando assim a diminuição da intervenção do Estado na economia e levando o cidadão ao não reconhecimento do que seria o seu 'direito' por ser um bem comum. Por outro lado, neste processo de diminuição da intervenção do Estado na economia, foram criadas as Agências Reguladoras.

A viabilização para criação destas Agências Reguladoras se deu pela Lei Federal nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o Regime de Concessão e Permissão da Prestação de Serviços Públicos, que está previsto no Art. 175 da Constituição Federal.

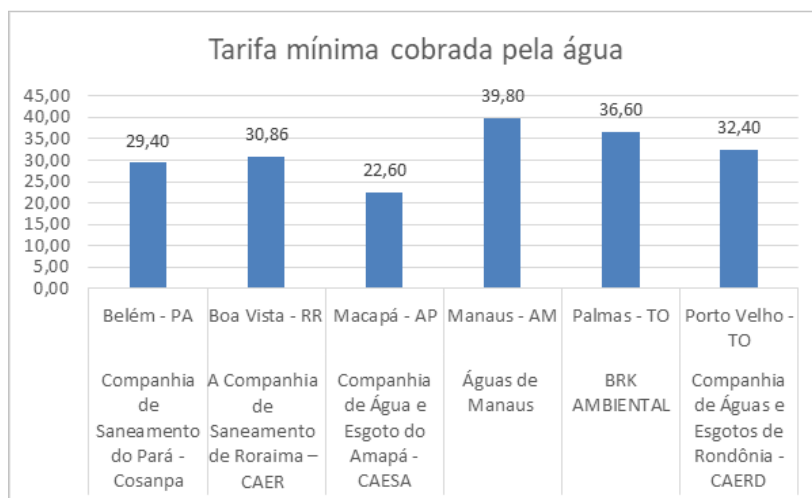
Quadro 1 - Identificação das concessionárias e respectivas capitais e estados.

Concessionária Responsável	Capital/Estado
Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA	Belém – PA
A Companhia de Saneamento de Roraima – CAER	Boa Vista – RR
Companhia de Água e Esgoto do Amapá – CAESA	Macapá – AP
Águas de Manaus	Manaus – AM
BRK AMBIENTAL	Palmas – TO
Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia – CAERD	Porto Velho – RO
Departamento de Águas e Saneamento – DEPASA	Rio Branco – AC

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021)

Dos dados coletados, pode-se identificar o nome da cada concessionária responsável pela distribuição de água na região estudada. Outro aspecto que pode ser verificado, é que somente o Departamento de Água e Saneamento – DEPASA, responsável por essa distribuição na Capital do Acre/AC permanece como estatal, sendo as outras todas empresas privadas.

Figura 1 – Tarifa mínima cobrada pelo valor da água na região norte - **Fonte:** Site das Concessionárias (2021)



Quanto ao valor cobrado pelas Concessionárias, pode-se se identificar os valores de 06 das 07 capitais, pois o Departamento de Água e Saneamento – DEPASA, responsável por essa distribuição na Capital do Acre/AC, não publicou os valores da tarifa mínima cobrada pela água, e não disponibilizou por e-mail, depois de diversas tentativa.

Figura 2 - Renda *per capita* das famílias dos estados da região norte - **Fonte:** Dados IBGE (2020)

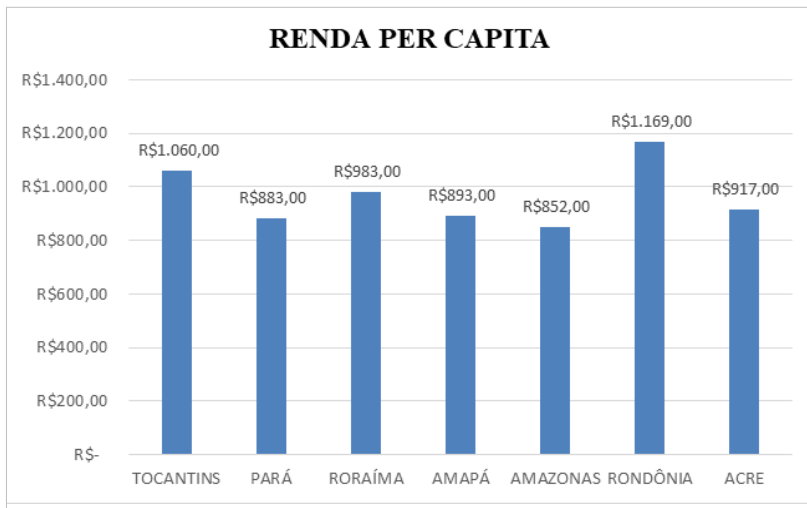
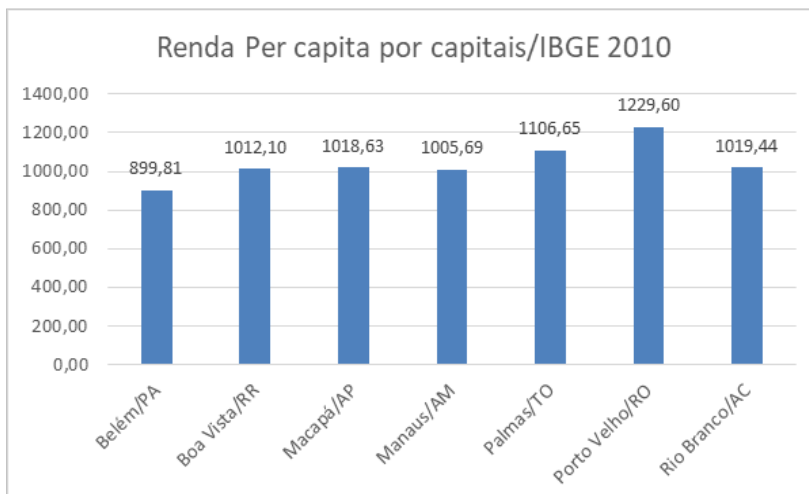


Figura 3 – Renda *per capita* das famílias das capitais da Região Norte-**Fonte:** Dados do IBGE (2010)



De acordo com o IBGE, os valores foram calculados com base nas informações oriundas da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua. Essa é uma pesquisa domiciliar, amostral, realizada pelo IBGE desde janeiro de 2012. Os valores são referentes aos rendimentos domiciliares *per capita* referente ao de 2020 nas Unidades da Federação Brasileira.

Os dados apresentados acima são provenientes da Base Operacional Geográfica definida no Censo Demográfico de 2010, sendo que as atualizações estão previstas para após a realização do Censo Demográfico 2021.

A água é consagrada no ordenamento jurídico brasileiro como um bem de natureza difusa e de uso comum do povo. Apesar dessa insubstituível característica, possui um caráter transindividual, incapaz de subjetivar-se unicamente a uma titularidade. Seu caráter enquanto recurso, de valor monetariamente tangível, também agrega à sua natureza uma condição de matriz econômica, enquanto bem natural, que nesta leitura é analisada pela ótica da subvalorização capitalista da natureza enquanto recurso (LEFF, 2021, p. 210).

Sua individualização, para que se agregue a valoração precificada, traz à tona sua leitura enquanto propriedade, capaz de ser comercializada enquanto mercadoria.

Na visão de David Harvey (2014, p.148-149), "os indivíduos mantêm, ampliam e socializam seu direito de propriedade privada pela criação de valor e por trocas de mercado supostamente livres e justas". Na leitura de Harvey, ao conceito de direito natural proposto pelo filósofo John Locke, sobre sua leitura da propriedade individual enquanto direito natural, que surgiria a partir da agregação valor ao trabalho que modifique o natural e o fruto daquela modificação pertenceria àquele que realizou o trabalho e poderia então vendê-lo a quem quisesse, recuperando-se o valor daquilo que criou (HARVEY, 2014, p.149; LOCKE, 2002). Segundo Harvey (2014, p. 1149) essa concepção presente nos teóricos liberais, como o já citado John Locke e também Adam Smith, ainda continuaria sendo preconizada, mas sob as escusas de minimizar a intervenção do poder Estatal e ao mesmo tempo que continua a adotá-lo.

No caso das concessões de serviços essenciais de saneamento e fornecimento de água potável, enxerga-se de fato a desestatização do fornecimento, mas, ainda limitada às agências reguladoras e as

normas que regem a outorga e o uso da água. No direito brasileiro, a cobrança desse serviço essencial ocorre pelo formato de preço público ou tarifa, e não possui uma leitura uníssona sobre a natureza da cobrança.

O fornecimento de serviço essencial de saneamento e acesso à água potável está sendo gerido por diferentes administradores, públicos e privados, na Região Norte. O acesso à água, e o valor atribuído ao metro cúbico também se diverge, ao mesmo tempo em que tem uma vasta diversificação na renda das famílias que habitam as diferentes cidades abastecidas na região.

Na visão de Harvey (1980), a cidade pode ser vista como um gigantesco sistema de recursos, a maior parte é de criação humana. O autor correlaciona a provisão de quaisquer provisões essenciais de acesso que facilitem o sistema urbano, como o caso de saneamento e outros serviços de caráter basilar (educação, saúde etc.), acerto da teoria da teoria da localização e da interação espacial, no sentido de que “o preço local de um recurso ou proximidade é função de sua acessibilidade e vizinhança para o usuário”. Se o acesso à distância mudar, o preço local também mudaria, mudando implicitamente em relação à renda real do indivíduo, e portanto, a variação mutável do local afetaria também a distribuição da renda. Muito embora, caso a definição de recurso esteja relacionada ao consumo, a propriedade do conceito estaria propensa ao exame de desigualdades de rendas e efeitos de redistribuição (HARVEY, 1980. p. 55-56).

Afim de que sejam feitas as correlações propostas pelo estudo, tendo em vista a complexidade e vasta região de amostragem, apreciou-se das informações selecionadas na pesquisa. Dos dados coletados a respeito dos responsáveis pela distribuição de água tratada, identificou-se que nas 07 (sete) capitais da região estudada, somente uma permanece estatal, sendo que as outras seis encontram-se concedidas à iniciativa privada.

O que se verifica é que o Estado mantém sua participação no setor de distribuição de água na região estudada por meio do poder público municipal e ou estadual (poder concedente) de Agências Reguladoras, câmara municipal, poder judiciário. Essa variedade de instituições indica a heterogeneidade do Estado, não cabendo uma concepção unidimensional para a análise das ações de todos os atores estatais. Contudo, acerca da configuração de uma economia



capitalista do estado, percebe-se uma disposição cada vez mais evidente de introduzir a lógica mercantil na gestão dos serviços coletivos, inclusive no âmbito das empresas públicas.

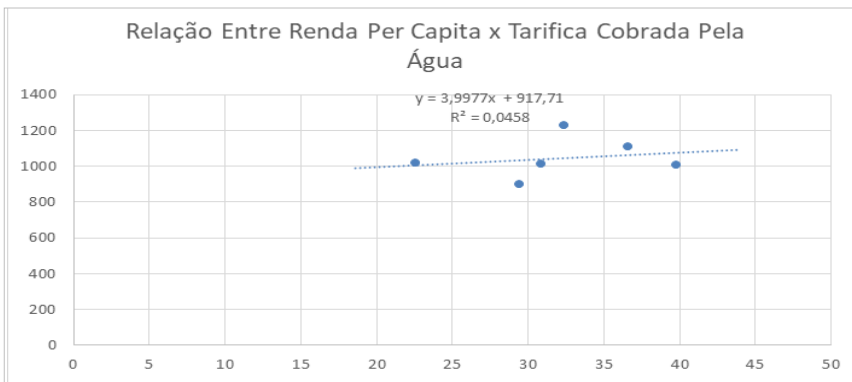
Quanto aos valores cobrados pelas concessionárias pela distribuição da água, pode-se verificar que, dentre as 07 (sete) capitais da região estudada, Manaus - AM e Belém - PA apresentam os valores mais altos pela água, enquanto capitais como Macapá - AP e Belém - PA os mais baixos. Ressalta-se que não foi possível identificar os valores cobrados pela água na capital do Acre - AC (Figura 1).

No que se refere a renda *per capita* pode ser verificado que Belém - PA conta com a menor renda, e Porto Velho - RO com a maior. Devido a Pandemia de Covid 19, o IBGE não divulgou os dados por capitais ou municípios para o ano de 2020, sendo que essa atualização está prevista para o ano de 2021 (Figura 3).

Pode ser verificado que, as capitais Palmas - TO e Porto Velho - RO possuem o valor da água menor e a renda per capita mais elevada, indicando que o impacto em outras áreas seja bem menor.

Quanto a tentativa de correlacionar renda per capita e valores vinculados ao fornecimento da água potável em perspectiva às desigualdades sociais e características socioeconômicas da população amostrada

Figura 4 – Correlação entre renda per capita e tarifas mínimas cobradas pela água



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021)

Os dados avaliados têm coeficiente de correlação de Pearson no valor de 0,214056, ou seja, o teste que mede a relação estatística entre as duas variáveis contínuas, tarifa mínima cobrada pela água x renda per capita das famílias dos estados da região Norte/ IBG 2020, indica um coeficiente menor que 0,30, sendo considerado correlação muito fraca e, nada se pode concluir no sentido de avaliar alguma relação.

O coeficiente de determinação de  $R^2$  no valor 0,0458 foi observado no modelo linear, logaritmo, polinomial, exponencial e potência, porém todos com valores bem baixos, mostrando que modelo estatístico não generaliza os dados.

#### **4. CONCLUSÕES**

O Estudo teve como objetivo compreender os impactos do preço (ou precificação/valoração) cobrado pelo fornecimento de água tratada na renda social urbana das famílias da região Norte do Brasil, partindo-se da natureza e abordagem jurídica da água, até uma breve leitura teórica sobre seus aspectos enquanto bem, recurso ou propriedade.

No direito brasileiro, a água é tipificada enquanto um bem de uso comum do povo, de natureza fundamental e essencial para que seja garantida a dignidade de todos os brasileiros. Neste aspecto, o saneamento e o fornecimento de água tratado mostra-se como um direito fundamental, inerente as condições primárias e básicas da sociedade.

Apesar disso, o fornecimento de água possui custos, não apenas para o transporte e tratamento, mas para manutenção de um sistema administrativo que visa administrar e regular seu fornecimento, geralmente pela via de concessões, ou pela administração da própria entidade Estatal. Os custos são lidos por alguns autores como contrapartida ao fornecimento e saneamento da água, o que na prática acaba por refletir, direta ou indiretamente na renda das famílias na região estudada por meio da tentativa de correlação entre as rendas levantadas com os dados secundários colhidos, frente a tarifa mínima estabelecida pelo fornecedor.

Como resultado, identificou-se, quem são os fornecedores de água nas capitais, sendo 06 capitais abastecidas por empresas privadas

e somente uma estatal. Outro indicador que pode ser verificado, foram os valores cobrados pela tarifa mínima pagas pelas famílias.

Quanto a tentativa de correlacionar os valores cobrados pela tarifa mínima e a renda *per capita* das famílias, não foi possível estabelecer uma correlação devido a tentativa ter indicado um coeficiente menor que 0,30, sendo considerado correlação muito fraca e, nada se pode concluir no sentido de avaliar alguma relação.

## 5. REFERÊNCIAS

ABAS – **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**. Um pouco de história. Disponível em: <http://www.abas.org/legislacao/>. Acesso em: 24 nov. 2021.

ARMADA, Charles Alexandre Souza; LIMA, Raphael Leal Roldão. A cobrança pelo uso da água como importante instrumento jurídico-econômico da gestão hídrica no contexto da Região Nordeste. **Revista Eletrônica Direito e Política**, v. 12, n. 3, p. 1590-1613, 2017.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Águas no novo código civil (Lei 10.406/2002). In: WOLKMER, Maria de Fátima S.; MELO, Milena Petters (org.). **Crise ambiental, direitos à água e sustentabilidade** [recurso eletrônico]: visões multidisciplinares. Caxias do Sul: EducS, 2012. p. 33-46.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de Direito Ambiental**. 7.ed. São Paulo: Saraiva, 2009. p. 51-52.

COUCEIRO, Sheyla Regina Marques; HAMADA, Neuza. Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil. **Oecologia Australis**, [S.L.], v. 15, n. 04, p. 762-774, dez. 2011. Oecologia Australis. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.02>.

BEUREN, Ilse Maria et al. **Como elaborar trabalhos monográficos**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 120-137, abril. 2017. ISSN 2179-0892.

DE ARAÚJO, Flávia Camargo; BERTUSSI, Geovana Lorena. Saneamento básico no Brasil: estrutura tarifária e regulação. **Planejamento e políticas públicas**, n. 51, 2018.

GONÇALVES, Elisa Pereira. **Iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2001.

HARVEY, David. **A justiça social e a cidade**. São Paulo: Hucitec, 1980.

HARVEY, David. **Cidades rebeldes**: do direito à cidade à revolução urbana. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

LEFF, Enrique. **Ecologia política**: da desconstrução do capital à territorialização da vida / Enrique Leff; tradução: Jorge Calvimontes. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2021.

LOCKE, John. **Segundo tratado sobre o governo civil e outros escritos**. Editora Vozes, 2019.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: M. W. Bauer, & G. Gaskell (Orgs.), **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático (pp.64-89). Petrópolis: Vozes, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais**. In: BEUREN, I. M. (Org.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática, São Paulo: Atlas. p. 76-97, 2003.

SANTOS, Cristiana de Saboya Gouveia. **Agências Reguladoras de Saneamento Básico: uma análise à luz dos princípios regulatórios de Lei 11.445/2007**. Dissertação de Mestrado. Fiocruz – Fundação Oswaldo Cruz; Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, Setembro de 2013.

SETTI, Arnaldo Augusto et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SILVA JÚNIOR, I. R.; ALVES, L. S. F.; PINTO FLHO, J. L. O. Água como um bem social público: os processos de privatização face ao abastecimento público em Pau dos Ferros- **RN. GEOSUL (UFSC)**, v. 33, p. 58-82, 2018.

SILVA, Tony Carlo Souza; BOAS, Johnson Queiroz Vilas. A NOVA NATUREZA JURÍDICA DA ÁGUA E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM FACE DA OUTORGA DE DIREITO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, n. 1, p. 141-158, 2013.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Paris, 1948. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/ycqD5sxZkGzXZMgJp6snvHh/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 03 agosto, 2021.

ZORZI, Lorenzo; TURATTI, Luciana; MAZZARINO, Jane Márcia. O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água. **Rev. Ambient.** Água vol. 11 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec, 2016.

## **CAPÍTULO 5 SUSCEPTIBILIDADE À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DECORRENTES DA UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS, EM ÁREAS SELECIONADAS DA BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA**

Liliana Pena Naval<sup>1</sup>

Gleicielly Lima Prado<sup>2</sup>

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, que associando a diversidade edafo-climática do país tem resultado em uma grande preocupação quanto ao comportamento ambiental dessas substâncias e possível contaminação de corpos hídricos. A presença de agrotóxicos em águas brasileiras passou a ser evidenciada por diversos estudos que envolvem essas moléculas, principalmente os organoclorados devido à elevada persistência ambiental e ao comércio e uso ilegais, resultando na exigência de seu monitoramento pela legislação brasileira (Corbi et al.,2006).

A bacia Tocantins-Araguaia corresponde a cerca de 9% do território brasileiro, sendo a maior bacia hidrográfica inteiramente brasileira, tendo as cabeceiras nos Estados de Mato Grosso e Goiás e no Distrito Federal, drenando a água de todo o Estado de Tocantins e de parte do Maranhão e do Pará onde se encontra a sua foz no Oceano Atlântico. Com área de drenagem de, aproximadamente, 757.000 km<sup>2</sup> (ANEEL, 2010).

O Rio Tocantins tem origem nos Rios Paranã e Pirineus, em altitudes médias de 1100 m. Esse rio percorre uma extensão de 2400

<sup>1</sup> Docente do Programa de Pos-Graduacao em Ciencias do Ambiente (PPGCIamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: liliana@mail.uft.edu.br

<sup>2</sup> Egressa do Programa de Pos-Graduacao em Ciencias do Ambiente (PPGCIamb) da Universidade Federal do Tocantins. E-mail:gleiciellylima@uft.edu.br

km, tendo como principais afluentes os Rios Manoel Alves, do Sono e Manoel Alves da Natividade e os Rios Araguaia, Santa Teresa e Itacaiúnas (Brasil, 2010).

O Rio Araguaia, principal afluente do Tocantins, nasce a cerca de 850 m de altitude, na Serra do Caiapó e, depois de percorrer 720 km, divide-se em dois braços, o Araguaia e o Javaés, formando a maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal, com extensão de 375 km. Sua área de drenagem é de 373.000 km<sup>2</sup>, sua extensão de 2115 km e seus principais afluentes são os Rios Caiapó, Vermelho, Muricizal, Lontra e Crixás e os Rios das Garças e das Mortes (ANA, 2012).

A Bacia do Tocantins-Araguaia tem grande potencial agrícola, turístico, hidrelétrico e de navegabilidade. Quanto ao aproveitamento hidrelétrico, destacam-se as usinas de Tucuruí com capacidade instalada de 4001 MW e a de Serra da Mesa, com 1293 MW. Representa, atualmente, cerca de 10% da capacidade instalada de geração hidrelétrica no Brasil (ANEEL, 2012).

A região grande potencialidade para a agricultura e a pecuária. Hoje, destacam-se os cultivos de arroz, milho e soja. Segundo dados da safra 2010 no Estado do Tocantins a área plantada foi 660 309 ha, destacando-se o milho com 83229 ha, 137946 ha de arroz, 26134ha de feijão e 352875ha de soja (IBGE,2012).

A expansão da agricultura vem crescendo no estado a cada ano. Ao longo do tempo contou com importantes projetos agrícolas. O Projeto de Irrigação Rio Formoso desenvolvido nas cidades de Pium, Cristalândia, Dueré e Lagoa da Confusão possui uma área contínua para agricultura irrigada de arroz, soja, milho e melancia de aproximadamente 1,2 milhão de hectares; o Projeto PROCECER III (Projeto para Desenvolvimento do Cerrado) ocorre no município de Pedro Afonso às margens dos Rios Tocantins e Sono para cultivo de cana-de-açúcar, soja, arroz, milho e sorgo; o Projeto Campos Lindos que se tornou o maior produtor de soja do Estado do Tocantins, destacando-se também na produção de algodão; podemos citar ainda outros projetos como a Cooperação Nipo-Brasileira pra desenvolvimento agrícola no cerrado produzindo cana-de-açúcar para atender as usinas de Etanol e projetos de fruticultura como do de Sampaio, Gurita (Itapiratins), São João (Porto Nacional) e Manoel Alves (Dianópolis e Porto Alegre) (Tocantins, 2012).

No entanto, a expansão agrícola tem sido apontada como a principal fonte de contaminação, em função do emprego de

agrotóxicos. Mecanismos físicos e biológicos possibilitam a dispersão dos resíduos nos ecossistemas, sendo as principais rotas de entrada por pulverização, transporte via vapor e poeira, precipitação, aplicação direta no solo, erosão e carreamento (Tomita; Beyruth, 2003).

Os agrotóxicos podem ser classificados segundo o modo de ação no organismo alvo (natureza da praga combatida), segundo sua estrutura química de suas substâncias ativas (grupo químico) e quanto aos efeitos que causa à saúde humana e ao ambiente (Peres; Moreira, 2003).

Quanto ao risco de contaminação por um composto químico. Esse se baseia em critérios como a forma de exposição e toxicidade (Faria et al., 2007). A classificação toxicológica, realizada no Brasil pelo Ministério da Saúde, é obtida a partir do parâmetro DL 50, sendo essa medida a dose capaz de provocar a morte de 50% de animais testados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação Toxicológica em função da DL<sub>50</sub>. Fonte: (Brasil, 2008).

<b>Classe Toxicológica</b>	<b>Descrição</b>	<b>Faixa Indicativa de cor</b>
<b>I</b>	Extremamente tóxico	Vermelho vivo
<b>II</b>	Muito tóxico	Amarelo intenso
<b>III</b>	Moderadamente tóxico	Azul intenso
<b>IV</b>	Pouco Tóxico	Verde intenso

A movimentação do agrotóxico do solo para a atmosfera, que pode ocorrer por volatilização direta, co-vaporização com a água e associação com o material particulado carregado pelo vento, é também importante para a distribuição destes produtos no ambiente e sua entrada nos sistemas aquáticos. Uma vez na atmosfera o agrotóxico pode entrar no ambiente aquático por deposição da poeira ou precipitação, o que, em geral, ocorre em local distante do ponto de emissão (Dores; De-Lamonica, 1999).

A chegada do agrotóxico ao meio aquático é determinada pela dinâmica que seu princípio ativo sofre no solo, podendo ter diferentes



destinos com a adsorção, dissolução, volatilização, absorção por plantas ou outros organismos, mesmo com todos esses processos grande quantidade de resíduos atingem as águas superficiais e subterrâneas (Dores, 2004)

Quando o composto é bastante solúvel em água, o mesmo é carregado pela água da chuva, através do escoamento superficial ou infiltra no solo, com isso pode contaminar águas superficiais e subterrâneas. Em casos de insolubilidade em água, o mesmo tende a ficar aderido ao solo e a matéria orgânicos e inorgânicos e com a ação de processos erosivos podem ser carregados também aos recursos hídricos.

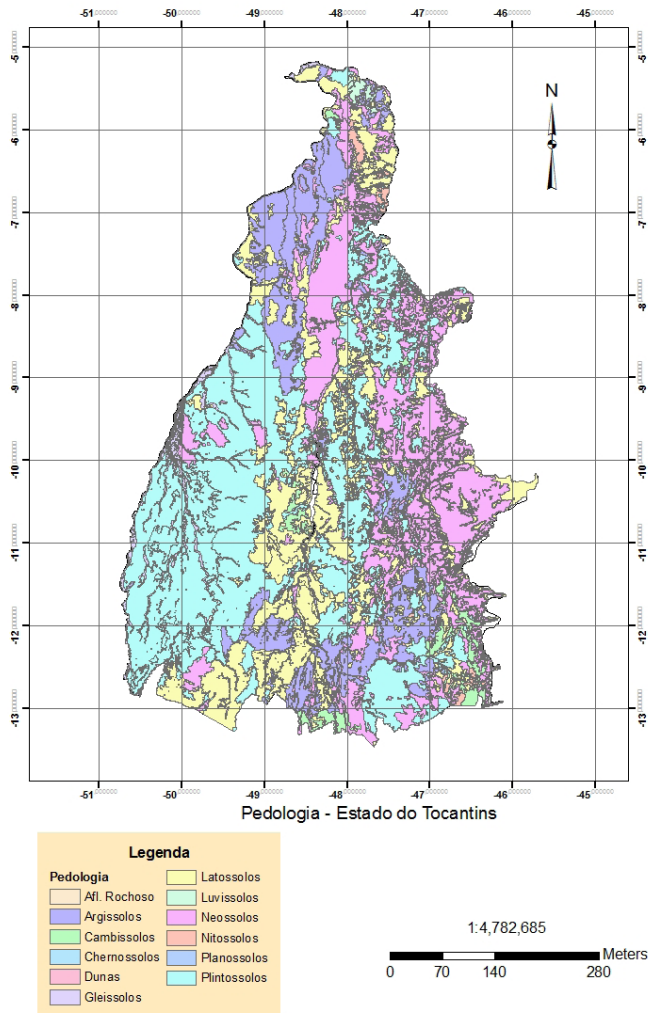
Dentre as diversas interações do agrotóxico no meio aquático, as mais importantes envolvem a matéria em suspensão e o sedimento. A natureza destas interações dependerá das características físico-químicas da substância como a solubilidade do agrotóxico em água e das características do sedimento (matéria orgânica, teor de argila e pH). Ao se ligar ao material particulado em suspensão, o agrotóxico eventualmente se depositará com o sedimento. Uma vez no sedimento, o composto pode ser novamente liberado na água e ser absorvido por organismos, podendo então ter características tóxicas eliminadas ou acumuladas, ser alterado ou degradado por microrganismo ou ficar imobilizado (Silva; Santos, 2007)

Além destas interações, os agrotóxicos podem ser envolvidos em processos de volatilização, hidrólise, fotólise e biodegradação. Esses processos são importantes porque determinam a persistência dos contaminantes no ambiente (Buratini; Brandelli, 2006). Portanto, estudar a susceptibilidade à contaminação das águas subterrâneas e superficiais, decorrentes do uso intensivo de agrotóxicos, em áreas pertencentes a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, objeto deste estudo, permite contribuir para uma análise da qualidade dos recursos hídricos, visando a proteção do meio ambiente, saúde pública.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

O Estado do Tocantins está inserido entre os paralelos 5° 10' 06" e 13° 27' 59" de latitude sul, e entre os meridianos 45° 44' 46" e 50° 44' 33" de longitude oeste. Sua extensão territorial é de 277.620,914 km<sup>2</sup>. A partir de informações baseadas no Projeto RADAMBRASIL (BRASIL,1981) os solos predominantes no Estado do Tocantins são: Solos Litólicos (R: 23.484,8 km<sup>2</sup> - 8,4%); Latossolos Vermelhos-Amarelo (LV); Latossolos Vermelhos Escuro (LE); Latossolo Roxo (LR); Podzólico Vermelho Amarelo (PV: 28.158,7 km<sup>2</sup> - 10,1%); Brunizem Avermelhado (BV); Cambissolo (C: 4.214,7 km<sup>2</sup> - 1,5%); Solos Hidromórficos (HG: 14.089,2 km<sup>2</sup> - 5,1%); Areias Quartzosas (AQ: 52.555,8 km<sup>2</sup> - 18,9%); Areias Quartzosas Hidromórficas (HAQ); Solos Concrecionários (SC: 63.468,1 km<sup>2</sup> - 22,8%) (Figura 1).



**Figura 1.** Classes de pedologia do Estado do Tocantins

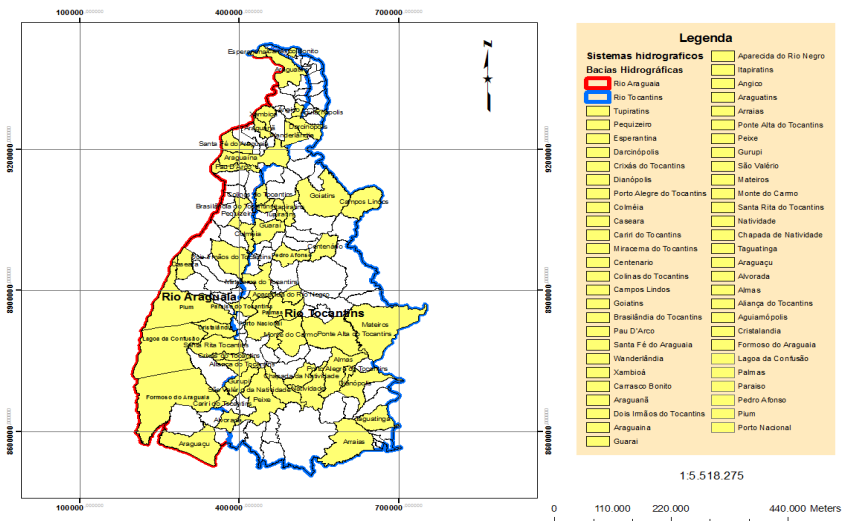
## **2.2. Levantamento dos agrotóxicos e avaliação dos ingredientes ativos aplicados na bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia.**

O levantamento dos agrotóxicos aplicados na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia foi realizado em diferentes etapas: i) obtenção de informações a respeito dos agrotóxicos mais comercializados na região estudada na ADAPEC (Agência de Defesa Agropecuária); ii) definição das áreas adotando-se como critério as cidades com maior

produção agrícola no Estado do Tocantins, baseando-se em dados da produção agrícola no ano de 2011 (IBGE, 2011), e iii) a proximidade das culturas com os principais rios que drenam a região e a existência de comunidades indígenas.

As áreas selecionadas compreenderam as cidades de Aguiarnópolis, Aliança do Tocantins, Almas, Alvorada, Angico, Aparecida do Rio Negro, Araguaçu, Araguaína, Araguaianã, Araguatins, Arraias, Brasilândia do Tocantins, Campos Lindos, Cariri do Tocantins, Carrasco Bonito, Caseara, Centenário, Chapada da Natividade, Colinas do Tocantins, Colméia, Cristalândia, Crixás do Tocantins, Darcinópolis, Dianópolis, Dois Irmãos do Tocantins, Esperantina, Formoso do Araguaia, Goiatins, Guaraí, Gurupi, Itapiratins, Lagoa da Confusão, Mateiros, Miracema do Tocantins, Monte do Carmo, Natividade, Palmas, Paraíso do Tocantins, Pau D'Arco, Pedro Afonso, Peixe, Pequizeiro, Pium, Ponte Alta do Tocantins, Porto Alegre do Tocantins, Porto Nacional, Santa Fé do Araguaia, Santa Rita do Tocantins, São Valério, Taguatinga, Tupiratins, Wanderlândia e Xambioá (Figura 2).

Figura 2. Localização das áreas selecionadas para estudo da susceptibilidade a contaminação por agrotóxicos na Bacia Tocantins – Araguaia.



Para se realizar esse levantamento, foi identificado as principais culturas presentes nesses municípios, de acordo com dados fornecidos pelo IBGE (2011), sendo elas: abacaxi, arroz, banana, cana-de-açúcar,

coco-da-bahia, feijão, mandioca, melancia, milho, soja, sorgo e cultivo de pastagens.

A partir da definição das culturas foi realizada uma listagem dos principais agrotóxicos autorizados para venda no Tocantins, utilizados nessas culturas e em seguida, a identificação dos princípios ativos, da classe química e das classificações toxicológica e ambiental dos produtos.

A avaliação dos ingredientes ativos foi realizada através de consulta a legislação nacional específica e no banco de dados AGROFIT On Line, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2012), que contém informações de todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no Brasil, com informações do Ministério da Saúde (ANVISA) e informações do Ministério do Meio Ambiente (IBAMA). As propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos foram obtidas a partir de consulta ao banco de dados FOOTPRINT (2012).

A coleta de dados em campo para averiguação foi realizada por meio de visitas a algumas das cidades selecionadas, sendo elas: Palmas, Paraíso do Tocantins, Porto Nacional, Pedro Afonso, Cristalândia, Lagoa da Confusão, Pium e Formoso do Araguaia, utilizando-se de entrevistas diretas aos comerciantes cadastrados ou não na ADAPEC, para venda de agrotóxicos.

O detalhamento das características pedológicas e climatológicas das áreas estudadas foram elaboradas utilizando-se a base de dados vetoriais georreferenciados disponibilizados pelos sistemas de informações estaduais, com processamento através do software ArcGis versão 9.3.

Para avaliar o potencial de lixiviação e percolação dos agrotóxicos aplicados na região foram utilizados os critérios de "screening" da EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Cohen et al., 1995) e o índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas - GUS - "Groundwater Ubiquity Score" (Gustafson, 1989).

Os critérios de "screening" propostos pela EPA na análise preliminar de áreas susceptíveis à contaminação de águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos são baseados nos itens:

- solubilidade em água > 30 mg/l;
- coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo - Koc < 300 -500;

- constante da Lei de Henry –  $K_H < 10^{-2} \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$
- Especificação: negativamente carregado a pH normal do ambiente (5-8);
- Meia-vida no solo > 2-3 semanas;
- Meia-vida na água > 25 semanas;
- Condições de campo que favorecem a percolação no solo:
- Pluviosidade anual > 250 mm;
- Aquífero não confinado;
- Solo poroso;

O critério de especificação que tem validade em solos temperados pode não ser adequado em solo tropicais, pois existem solos onde ocorre inversão de carga ao longo do perfil, o que altera a interação do pesticida ionizado com as cargas do solo.

Para avaliar o índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas será utilizado do método de Gustafon (1989), esse método calcula o índice de GUS - "Groundwater Ubiquity Score", através dos valores de meia-vida dos compostos no solo ( $DT_{50}$ ) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo ( $K_{oc}$ ), não levando em consideração outras propriedades como solubilidade em água.

Estabeleceu-se neste estudo um índice baseado em dados empíricos que permite discriminar entre os pesticidas sujeitos ou não a lixiviação (Equação 1).

GUS $\log (DT_{50} \text{ no solo}) (4 \log K_{OC})$	Equação 1
--	-----------

As faixas de classificação dos compostos de acordo com sua tendência à lixiviação são:

- $GUS < 1,8$  – Não sofre lixiviação
- $1,8 < GUS < 2,8$  – Faixa de transição
- $GUS > 2,8$  – Lixiviável

De acordo com os modelos matemáticos apresentados um princípio ativo foi considerado como um potencial contaminante quando a maioria das propriedades físico-químicas disponíveis

indicava uma possibilidade de contaminação e atendia aos dois modelos ou estava na faixa transição - levando em consideração o índice de GUS - e atendia aos critérios da EPA. Os compostos considerados não contaminantes não atendiam a nenhum dos modelos.

Foram considerados inconclusivos os princípios ativos em que não foram encontrados os dados necessários na literatura especializada para análises dos índices ou que se mostraram com resultados contraditórios quando analisados pelos dois métodos, sendo necessário assim a utilização de outros métodos exploratórios para confirmar seu potencial de contaminação de águas subterrâneas.

Com a utilização desses critérios foi possível elaborar uma lista dos potenciais contaminantes de água subterrânea da região estudada, subsidiando assim um futuro plano de monitoramento.

Os critérios propostos para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais, Método de Goss (1992), considera o potencial de transporte associado ao sedimento, o potencial de transporte dissolvido em água, à meia vida do agrotóxico no solo, o coeficiente de adsorção à matéria orgânica e a solubilidade em água. Esse método reúne um conjunto de cláusulas de regras, apresentadas em intervalos matemáticos para classificar o produto em "Alto Potencial", "Médio Potencial" e "Baixo Potencial" (Tabela 2).

**Tabela 2.** Regras de classificação para a avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais, segundo o Método de Goss (1992) -  $DT_{50}$ : meia-vida do composto; Koc: coeficiente de adsorção à matéria orgânica;

Potencial de transporte associado ao sedimento			
	$DT_{50 \text{ solo}}$	Koc ( $\text{mL.g}^{-1}$ )	Solubilidade em água ( $\text{mL.g}^{-1}$ )
<b>Alto Potencial</b>	$\geq 40$	$\geq 1000$	-
	$\geq 40$	$\geq 500$	$\leq 0,5$

<b>Baixo Potencial</b>	< 1	-	-
	≤ 2	≤ 500	-
	≤ 4	≤ 900	≥ 0,5
	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5
	≤ 40	≤ 900	≥ 2

**Potencial de transporte dissolvido em água**

	DT <sub>50 solo</sub>	Koc (mL.g <sup>-1</sup> )	Solubilidade em água (mL.g <sup>-1</sup> )
<b>Alto Potencial</b>	> 35	< 100000	≥ 1
	< 35	≤ 700	≥ 10 e ≤ 100
<b>Baixo Potencial</b>	-	≥ 100000	-
	≤ 1	≥ 1000	-
	< 35	-	< 0,5

Aquelas substâncias que não puderem ser enquadradas em algum dos critérios acima são consideradas como tendo potencial médio de contaminarem águas superficiais. A classificação do potencial de contaminação de águas superficiais em alto, médio e baixo é somente qualitativa, não existindo fronteiras claras entre essas classes (Dores, 2007). Potencial alto significa que existe elevada possibilidade dos agrotóxicos assim classificados atingirem as águas superficiais. Agrotóxicos classificados como de potencial baixo de contaminação apresentam probabilidade muito baixa de serem detectados em águas superficiais. Os de potencial médio poderão ser ou não contaminantes dependendo mais fortemente das características de solo relevo e clima do local onde forem utilizados.



### **2.3. Determinação das áreas susceptíveis à contaminação por agrotóxicos**

Para elaboração dos mapas das áreas susceptíveis à contaminação por agrotóxicos, foi utilizado a Base Cartográfica Digital Contínua do Estado do Tocantins, com processamento dos dados através do Sistema de Informações Geográficas – SIG através do software ArcGis, com aplicação do Modelo de Sobreposição e Cruzamento dos dados, como instrumento para obter análises para as questões supracitadas.

Foi realizado o cruzamento dos dados de susceptibilidade à contaminação por agrotóxicos por município com os mapas de uso e ocupação do solo, tipos de solo e classes de declividade. Diante disso, para águas subterrâneas foram definidas cinco faixas de classificação sendo elas:

- Muito baixa: Solos com baixa permeabilidade e declividade igual ou inferior a 5% e potencial de contaminação pelo índice de GUS de até 2,8.
- Baixa: Solos com permeabilidade moderada e declividade igual ou inferior a 5% e potencial de contaminação pelo índice de GUS de até 2,8.
- Moderada: Solos com a permeabilidade moderada e declividade maior que 5% e igual ou inferior a 10% e potencial de contaminação pelo índice de GUS maior que 2,8.
- Alto: Solos com alta permeabilidade, declividade maior que 10% e igual ou inferior a 15% e potencial de contaminação pelo índice de GUS maior que 2,8.
- Muito Alta: Solos com alta permeabilidade e declividade superior a 15% e potencial de contaminação pelo índice de GUS maior que 2,8.

Para as águas superficiais, com transporte dos contaminantes associado ao sedimento e dissolvido em água, também foram definidas cinco classes, apresentadas a seguir:

- Muito baixa: Solos com alta permeabilidade e declividade igual ou inferior a 5% e baixo potencial de contaminação pelo índice de Goss.
- Baixa: Solos com permeabilidade moderada e declividade

igual ou inferior a 5% e baixo potencial de contaminação pelo índice de Goss.

- Moderada: Solos com a permeabilidade moderada e declividade maior que 5% e igual ou inferior a 10% e médio potencial de contaminação pelo índice de Goss.
- Alto: Solos com baixa permeabilidade, declividade maior que 10% e igual ou inferior a 15% e alto potencial de contaminação pelo índice de Goss.
- Muito Alta: Solos com baixa permeabilidade e declividade superior a 15% e alto potencial de contaminação pelo índice de Goss.

Com isso foi possível definir as áreas com maior potencial de contaminação pelos princípios ativos de acordo com as práticas agrícolas de cada cidade estudada.

### **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

Os dados disponibilizados pela ADAPEC (Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins) até o ano de 2011 existiam 48 lojas licenciadas para venda de produtos agrotóxicos na região estudada, dessas 33 foram visitadas durante a pesquisa, além de outros 7 estabelecimentos comerciais que não pertenciam a esse cadastro.

Foram identificadas nas cidades visitadas um total de 188 diferentes marcas comerciais, sendo principalmente utilizados nas lavouras de abacaxi, arroz, banana, cana-de-açúcar, coco-da-baía, feijão, mandioca, milho, soja, sorgo, melancia, existindo também o cultivo de pastagens para fins agropecuários. Os principais princípios ativos comercializados na região estudada, e a classificação, de acordo com seu grupo químico, culturas em que são utilizados, classificação toxicológica e ambiental estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Principais princípios ativos comercializados na região estudada, grupo químico, culturas em que são utilizados, classificação toxicológica e ambiental

<b>Princípios Ativos</b>	<b>Grupo Químico</b>	<b>Classe</b>	<b>Culturas</b>	<b>Classe Ambiental</b>	<b>Classe Toxicológica</b>
2,4-D Sal Dime-tilamina	Ácido ariloxial-canóico	Herbicida	3, 12, 13, 14 e 5	III	I
Abamectina	Micro-organism derived	Acaricida	6	III	I
<b>Acefato</b>	Organofosforado	Inseticida	7,13 e 5	II	III
<b>Acetamiprido</b>	Neonicotinóide	Inseticida	7 e 16	II	II
<b>Acido Dodecil-benzeno Sul-fônico</b>	-	-	-	-	-
<b>Alfa-Cipermetrina</b>	Piretróide	Inseticida	12 e 13	I	II
<b>Ametrina</b>	Triazina	Herbicida	12,1,5,8 e 4	II	III
<b>Aminopirralide</b>	Ácido Piridino-carboxílico	Herbicida	18	II	I
<b>Atrazina</b>	Triazina	Herbicida	12,1,5 e 14	II	I
<b>Azoxistrobina</b>	Estrobilurina	Fungicida	3,4,16,12 e 13	III	III
<b>Ciproconazol</b>	Triazol	Fungicida	3,16,12,13 e 5	II	III
<b>Bentazona</b>	Benzotiodiazinona	Herbicida	3,7,12 e 13	III	III
<b>Beta-Ciflutrina</b>	Piretróide	Inseticida	1,3,7,8,12 e 13	II	II
<b>Bifentrina</b>	Piretróide	Fungicida	3,7,13,5 e 4	II	II
<b>Buprofezina</b>	Tiadiazinona	Inseticida	7 e 13	III	IV
<b>Captana</b>	Dicarboxina	Fungicida	1,16, 5,7, 12, 13 e 14	II	IV
<b>Carbendazim</b>	Benzimidazol	Fungicida	13 e 7	II	III

<b>Carbofurano</b>	Metilcarbamato de benzofurranila	Inseticida	15,3,4,5,7 e 12	II	I
<b>Carboxina</b>	Carboxanilida	Fungicida	3,7,12,13 e 18	II	III
<b>Carfentrazona-Etílica</b>	Triazolona	Herbicida	3,5,12 e 13	II	IV
<b>Casugamicina</b>	Antibiótico	Fungicida	3	III	III
<b>Cipermetrina</b>	Piretróide	Inseticida	3,12,13,7 e 16	III	II
<b>Cletodim</b>	Oxima Ciclohexanodiona	Herbicida	7,8,16,13 e 5	III	II
<b>Clomazona</b>	Isoxazolidinona	Herbicida	3,5,8,12 e 13	II	III
<b>Clorfluazurom</b>	Benzoluréia	Inseticida	12 e 13	II	IV
<b>Cloridrato de Cartape</b>	Bis(Tiocarbamato)	Inseticida/ Fungicida	7 e 16	II	III
<b>Clorimurom-E-tílico</b>	Sulfoniluréia	Herbicida	13	III	III
<b>Clorotalonil</b>	Isoftalonitrila	Fungicida	3,4,7,16 e 13	II	III
<b>Oxicloreto de Cobre</b>	Inorgânico	Fungicida	4,6,7,8,16 e 13	II	IV
<b>Clorpirifós</b>	Organofosforado	Fungicida/ Inseticida	12,13,7,14 e 4	II	II
<b>Cialofope Butílico</b>	Ácido Ariloxifenixopropiônico	Herbicida	3	II	III
<b>Deltrametrina</b>	Piretróide	Inseticida	1,3,7,16,12,18,13 e 14	III	III
<b>Difenoconazole</b>	Triazol	Fungicida	4,6,7,16 e 13	II	I
<b>Diflubenzuron</b>	Benzoiluréia	Inseticida	3,12 e 13	II	IV
<b>Dimetoato</b>	Organofosforado	Inseticida	2	II	II
<b>Diquate</b>	Bipiridílio	Herbicida	7,3 e 13	II	II
<b>Diurum</b>	Uréia	Herbicida	12,13,5 e 4	II	III
<b>Epoxiconazol</b>	Triazol	Fungicida	3,4,5,7,12 e 13	II	III
<b>Esfenvalerato</b>	Piretróide	Inseticida	3,7,12 e 13	II	II

<b>Espinosade</b>	Espinosinas	Inseticida	7,16,12 e 13	III	III
<b>Espirodiclofeno</b>	Cetoenol	Acaricida	6 e 10	III	III
<b>Éster metílico de óleo de soja</b>	-	-	-	-	-
<b>Etefom</b>	Etileno	Regulador de Crescimento	3,1,13 e 7	III	I
<b>Etoxissulfurom</b>	Sulfoniluréia	Herbicida	3 e 5	III	III
<b>Fenitrotona</b>	Organofosforado	Inseticida	13	II	II
<b>Fenoxaprope-P-Etílico</b>	Ácido ariloxofenoxipropiônico	Herbicida	3,7 e 13	IV	II
<b>Fenpropatrina</b>	Piretróide	Inseticida/Acaricida	7,12 e 13	II	II
<b>Fipronil</b>	Pirazol	Inseticida	5,12, 3,13 e 18	II	II
<b>Fluazifope-P-Butílico</b>	Ácido ariloxofenoxipropiônico	Herbicida	7,8,13 e 5	II	III
<b>Fluazinam</b>	Fenilpiridinilamina	Fungicida	7,13 e 5	I	I
<b>Fludioxonil</b>	Fenilpirrol	Fungicida	3,7,12,18,13,14 e 5	II	III
<b>Flumioxazina</b>	Ciclohexenodicarboximida	Herbicida	13,7,12 e 5	II	IV
<b>Fluroxipir</b>	Ácido Piridiniloxialcanóico	Herbicida	18	II	III
<b>Flutriafol</b>	Triazol	Fungicida	4,7,10 e 13	III	III
<b>Fosetil-Al</b>	Fosfanato	Fungicida	1	III	III
<b>Fosfeto de Alumínio</b>	Inorgânico	Inseticida	3,7,12,13 e 14	III	I
<b>Gamma-Cialotrina</b>	Piretróide	Inseticida	2,7,12 e 13	II	I
<b>Glifosato - sal de isopropilamina</b>	Glicina Substituída	Herbicida	3,12,13,10,2,6,4 e 5	II	IV
<b>Hexazinona</b>	Triazinona	Herbicida	5	III	I
<b>Hidróxido de Cobre</b>	Inorgânico	Fungicida	4,6 e 7	II	II
<b>Imazetapir</b>	Imidazolinona	Herbicida	3,7 e 13	III	III

<b>Imidacloprido</b>	Neonicotinóide	Inseticida	4,7, 3,14,16,12 e 13	III	III
<b>Lactofem</b>	<b>Éter</b> Difenílico	Herbicida	13	II	III
<b>Lambda-Cialotrina</b>	Piretróide	Inseticida	5,7,12,18,13 e 14	I	III
<b>Clorantraniliprole</b>	Antranilamida	Inseticida	3,5,7,12 e 13	I	III
<b>Lufenurom</b>	Benzoilúreia	Inseticida	5,6,7,12 e 13	II	III
<b>Mancozebe</b>	Alquilenobis	Fungicida	3,4,7 e 16	II	III
<b>Metamidofós</b>	Organofosforado	Inseticida	7 e 13	II	I
<b>Metomil</b>	Metilcarbamato de oxina	Inseticida	12 e 13	III	I
<b>Metoxifenoza</b>	Diacilhidrazina	Inseticida	12 e 13	III	IV
<b>Metsulforom-metilico</b>	Sulfoniluréia	Herbicida	3,18 e 5	III	III
<b>Nicosulfuron</b>	Sulfoniluréia	Herbicida	12	III	III
<b>Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol</b>	-	-	-	-	-
<b>Novalurom</b>	Benzoluréia	Inseticida	7,12 e 13	II	IV
<b>Óleo Mineral</b>	Hidrocarbonetos Alifáticos	Inseticida/ Fungicida/ Acaricida	4	IV	IV
<b>Paraquate</b>	Bipiridílio	Herbicida	1, 3,4, 5, 6,12 18, 13 e 14	II	I
<b>Paclobutrazol</b>	Triazol	Regulador de Crescimento	9	III	III
<b>Permetrina</b>	Piretróide	Inseticida	7,12 e 13	II	III
<b>Picloram, Sal Trietanolamina</b>	<b>Ácido</b> Piridino-carboxílico	Herbicida	3,18 e 5	III	I
<b>Piraclostrobina</b>	Estrobilurina	Fungicida	4,5,7,16,12 e 13	II	II
<b>Piriproxifem</b>	<b>Éter</b> piridiloxi-propílico	Inseticida	7,16 e 13	II	IV
<b>Procimidona</b>	Dicarboxina	Fungicida	7,16 e 13	II	IV

<b>Profenofós</b>	Organofosforado	Inseticida	7,8,16,12 e 13	II	II
<b>Quizalofop-P-Étilico</b>	Ácido Ariloxifenoxipropiônico	Herbicida	7 e 13	II	III
<b>Sulfluramida</b>	Sulfonamida fluoroalifática	Inseticida	18	II	IV
<b>Tebuconazol</b>	Triazol	Fungicida	1, 3, 4, 12, 7, 16,12 e 14	II	IV
<b>Teflubenzurom</b>	Benzoiluréia	Inseticida	12 e 13	II	IV
<b>Tetraconazol</b>	Triazol	Fungicida	3,4,7,16,12 e 13	II	II
<b>Tiametoxam</b>	Neonicotinóide	Inseticida	1,3,5,7,10,16,12,18,13 e 14	III	III
<b>Thiodicarb</b>	Metilcarbamato de oxina	Inseticida	12,13,3,7 e 14	II	II
<b>Tifluzamida</b>	Carboxanilida	Fungicida	8	III	III
<b>Tiofanato Metílico</b>	Benzimidazol	Fungicida	1,17, 3,4,13,7, 16 e 12	III	IV
<b>Triciclazole</b>	Benzotiazol	Fungicida	3	II	II
<b>Triclopir</b>	Ácido piridiniloxiacetônico	Herbicida	3 e 18	II	III
<b>Trifloxistrobina</b>	Estrobilurina	Fungicida	3,4,7,13, 16 e 12	II	II
<b>Metalaxil-m</b>	Acilalaninato	Fungicida	16,5,3,7,12,18,13 e 14	II	II
<b>Tiram</b>	Dimetilditiocarbamato	Fungicida	3,7,12,18,13 e 14	II	II
<b>Trifluralina</b>	Dinitroanilina	Herbicida	3,5,7,8,12 e 13	II	III

1 – Abacaxi ; 3 – Arroz; 4 – Banana; 5 – Cana-de-açúcar; 6 – Coco-da-baía; 7 – Feijão; 8 – Mandioca; 12 – Milho; 13 – Soja; 14 – Sorgo; 16 – Melancia; 18 – Pastagem;

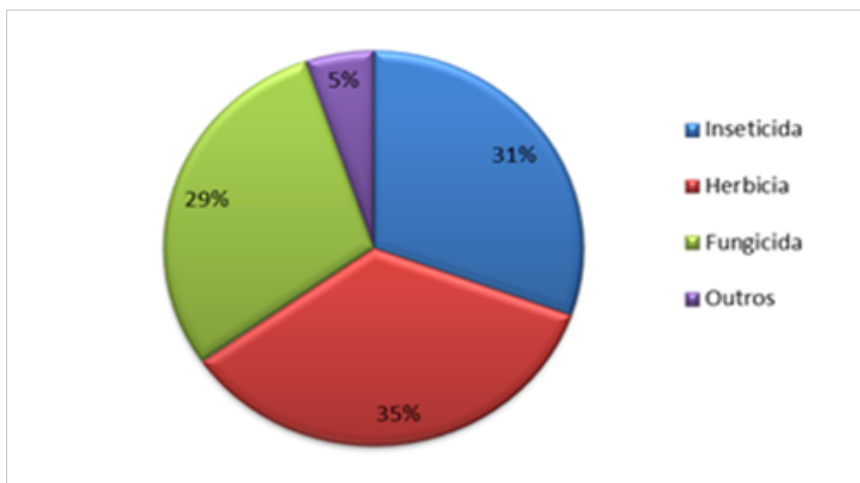
De acordo com o levantamento realizado, os agrotóxicos mais citados foram os herbicidas, em seguida vieram os inseticidas e os fungicidas (Figura 3).

Os inseticidas, principalmente os organoclorados, de largo uso agrícola e domiciliar, possuem características como a alta persistência no ambiente, além acumulam-se nas cadeias alimentares. Na região estudada predomina os inseticidas organofosforados que podem

ocasionar intoxicações acidentais em animais e humanos, causando insuficiência cardiorrespiratória por comprometimento do sistema nervoso, sendo um produto persistente no meio ambiente e altamente tóxico para organismos aquáticos. Os piretróides que são de moderada a praticamente não tóxico por via oral, ligeiramente tóxico por via dermica, causando irritação leve ao entrar em contato com a pele, se mostra altamente tóxico para peixes, artrópodes aquáticos e abelhas.

Atualmente, a agricultura brasileira possui uma elevada utilização de herbicidas, porém tem-se observado uma maior preocupação quanto a contaminação do ambiente, pois entre os efeitos diretos ocasionado pelo uso indiscriminado de herbicidas estão a intoxicação e a redução da produtividade das culturas ocasionados pela ação residual desse composto.

Figura 3. Distribuição percentual dos agrotóxicos aplicados na área de estudo de acordo com a classificação agrônômica.



Diversos herbicidas, principalmente os formulados a base do glifosato, tem sofrido uma revisão de seus aspectos quanto a segurança para a saúde humana e animal e para o meio ambiente, pois estudos científicos associaram a exposição a esse ingrediente ativo dos herbicidas a problemas de saúde, como defeitos de nascimento, inferência na produção de hormônios reprodutivos, câncer e problemas no sistema nervoso central.



Alguns dos fungicidas orgânicos podem persistir por décadas no ambiente no entanto a maioria dos fungicidas possuem meia-vida curta, apesar dos produtos gerados no processo de sua decomposição no ambiente poderem persistir por um longo período, pois as transformações sofridas no ambiente geram compostos, em algumas vezes, ainda mais danosos (Mizubuti; Maffia 2006).

Em relação a toxicidade, a maior parte é classificada como Classe III, Medianamente Tóxico, seguido da Classe II considerada Altamente Tóxico e das Classes I e V, Extremamente Tóxico e Pouco Tóxico, respectivamente (Figura 4).

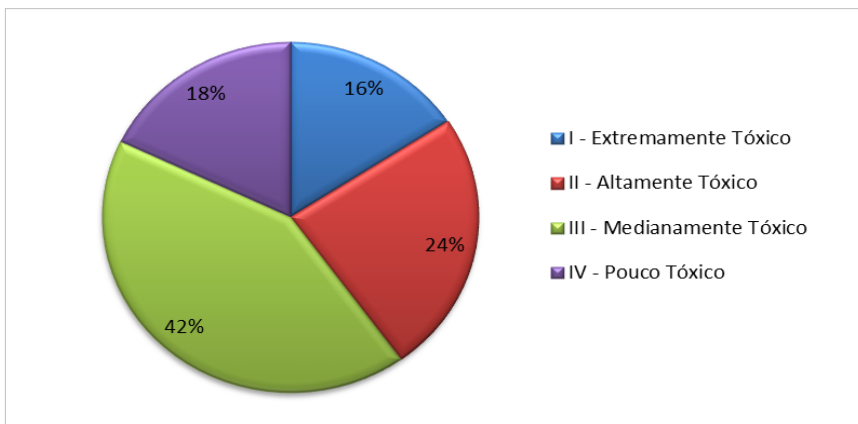


Figura 4. Distribuição percentual dos agrotóxicos aplicados na área de estudo de acordo com a classificação toxicológica.

Quando consideramos a classificação quanto ao potencial periculosidade ambiental, os agrotóxicos estudados apresentaram-se em sua maioria classificados como II- Muito Perigoso, seguido de III- Perigoso, e das classes I e IV, sendo elas Altamente Perigoso e Pouco Perigoso respectivamente (Figura 5). Essa classificação é feita baseada nos parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico

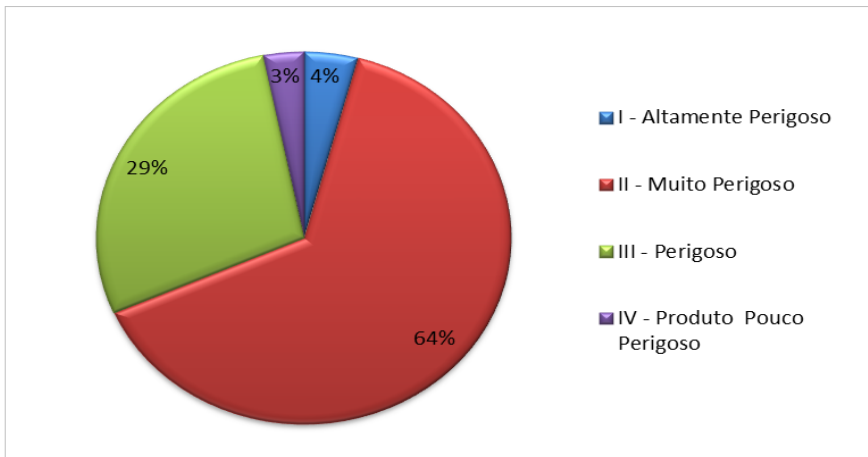


Figura 5. Distribuição percentual dos agrotóxicos aplicados na área de estudo de acordo com a classificação quanto a periculosidade ambiental.

Quando realizada a análise das propriedades físico-químicas dos princípios ativos utilizados na Bacia Tocantins-Araguaia, devido aos diversos processos que o agrotóxico pode sofrer se torna difícil avaliar os riscos associados à contaminação do meio ambiente, pois esses compostos podem ser persistentes, móveis e tóxicos no solo, água e no ar. Os resíduos podem chegar aos sistemas superficiais através do escoamento superficial e aos sistemas subterrâneos por lixiviação (Veiga et al, 2005). Quando um agrotóxico é liberado no meio ambiente ele será distribuído entre os diferentes componentes ambientais, tais como a água, o ar, solo e a biota, e a concentração em qualquer uma dessas fases será definida de acordo com a interação desses componentes com as propriedades físico-químicas desses produtos (Lavorenti, 2006).

As propriedades físico-químicas identificadas para as análises de risco de contaminação de ambientes aquáticos (solubilidade em água, coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo - Koc, meia-vida no solo e na água, constante da lei de Henry - Kh) dos princípios ativos estão demonstrados (Tabela 4), permitiram a avaliação do potencial de impacto dos agrotóxicos.

Tabela 4. Propriedades físico-químicas dos princípios ativos utilizados na região estudada

<b>Princípios Ativos</b>	<b>Solubilidade<sup>(a)</sup> (mg/L)</b>	<b>Koc<sup>(b)</sup> (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kh<sup>(c)</sup> (Pa.m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>)</b>	<b>T<sub>1/2</sub> Solo<sup>(d)</sup> (dias)</b>	<b>T<sub>1/2</sub> Água<sup>(e)</sup> (dias)</b>
2,4-D Sal Dimetilamina	796000	20	1,30x10 <sup>-05</sup>	10	E
Abamectina	5	5000	2,7x10 <sup>-03</sup>	28	E
Acefato	818000	2	5,1x10 <sup>-09</sup>	3	50
Acetamiprido	2950	107	5,3x10 <sup>-8</sup>	3	17
Acido Dodecilbenzeno Sulfônico	-	-	-	-	-
Alfa-Cipermetrina	0,004	57889	6,90x10 <sup>-02</sup>	35	101
Ametrina	200	316	4,10x10 <sup>-04</sup>	37	-
Aminopiralide	2480	8,3	9,61x10 <sup>-12</sup>	35	E
Atrazina	33	100	1,5x10 <sup>-04</sup>	60	86
Azoxistrobina	6,7	423	7,40x10 <sup>-09</sup>	78	E
Ciproconazol	93	364	5,0x10 <sup>-05</sup>	142	E
Bentazona	570	55,3	7,20x10 <sup>-05</sup>	13	E
Beta-Ciflutrina	0,0012	64300	8,10x10 <sup>-03</sup>	13	215
Bifentrina	0,001	236610	7,74x10 <sup>-05</sup>	26	E
Buprofezina	0,46	5363	2,8x10 <sup>-02</sup>	50	E
Captana	5,2	200	3,0x10 <sup>-04</sup>	0,8	0,6
Carbendazim	8	400	3,60x10 <sup>-03</sup>	120	350
Carbofurano	351	22	5,0x10 <sup>-05</sup>	50	37

Carboxina	195	195	$3,20 \times 10^{-05}$	3	E
Carfentrazona-E- tílica	22	866	$2,50 \times 10^{-04}$	0,5	13,7
Casugamicina	-	-	-	-	-
Cipermetrina	0,004	100000	$2,0 \times 10^{-02}$	30	179
Cletodim	5450	40	$1,4 \times 10^{-07}$	3	E
Clomazona	1102	300	$4,20 \times 10^{-03}$	24	E
Clorfluazurom	0,016	20800	$5,41 \times 10^{-04}$	90	E
Cloridrato de Cartape	200000	-	-	3	-
Clorimurom-E- tílico	1200	106	$1,7 \times 10^{-10}$	40	21
Clorotalonil	0,81	850	$2,50 \times 10^{-02}$	22	E
Oxicloreto de Cobre	1,19	-	-	10000	E
Clorpirifós	1,05	8151	0,478	50	25,5
Cyhalofop Butil	0,44	5247	$9,51 \times 10^{-02}$	0,2	27
Deltrametrina	0,0002	10240000	$3,10 \times 10^{-02}$	13	E
Difenoconazole	15	3760	$9 \times 10^{-07}$	130	E
Diflubenzuron	0,08	10000	$4,0 \times 10^{-04}$	10	96
Dimetoato	39800	20	$1,42 \times 10^{-06}$	7	68
Diquate	718000	1000000	$5,0 \times 10^{-12}$	1000	-
Diurom	42	480	$2,0 \times 10^{-06}$	90	E
Epoxiconazol	7,1	1073	$4,71 \times 10^{-04}$	354	E
Esfenvalerato	0,002	5300	$4,9 \times 10^{-04}$	44	192
Espinosade	235	36400	$1,9 \times 10^{-07}$	14	200
Espirodiclofeno	0,05	31037	$2,0 \times 10^{-02}$	7	3,2

Éster metílico de óleo de soja	-	-	-	-	-
Etefom	1239000	100000	$1,45 \times 10^{-07}$	10	2,5
Etoxissulfurom	5000	134	$1,94 \times 10^{-02}$	18	259
Fenitrotiona	30	2000	$9,9 \times 10^{-03}$	4	183
Fenoxaprope-P-Etílico	0,8	9490	$2,74 \times 10^{-04}$	9	23,2
Fenpropatrina	0,33	5000	18	5	1130
Fipronil	3,78	825	$2,31 \times 10^{-04}$	142	E
Fluazifope-P-Bu-tílico	2	5700	0,056	15	78
Fluazinam	0,135	16430	25,9	11	3,6
Fludioxonil	1,8	145600	$5,4 \times 10^{-05}$	164	E
Flumioxazina	1,79	889	$6,36 \times 10^{-04}$	20	1
Fluroxipir	6500	194,7	$1,69 \times 10^{-10}$	1	223
Flutriafol	95	205	$1,27 \times 10^{-06}$	1358	E
Fosetil-Al	120000	20	$3,20 \times 10^{-10}$	0,1	E
Fosfeto de Alumínio	260	8	$3,3 \times 10^{-04}$	0,2	0
Gamma-Cialotrina	0,000002	59677	-	24,1	136
Glifosato - sal de isopropilamina	900000	24000	$2,1 \times 10^{-07}$	47	E
Hexazinona	33000	54	$1,10 \times 10^{-07}$	105	-
Hidróxido de Cobre	0,506	1200	$2,00 \times 10^{-06}$	10000	E
Imazetapir	200000	10	$1,30 \times 10^{-02}$	90	E
Imidacloprido	610	225	$1,7 \times 10^{-10}$	191	E

Lactofem	0,1	10000	$4,56 \times 10^{-03}$	4	10
Lambda-Cialo-trina	0,005	180000	$2,0 \times 10^{-2}$	25	7
Clorantraniliprole	1,02	328	$3,2 \times 10^{-09}$	210	E
Lufeniurum	0,046	41,182	$3,4 \times 10^{-02}$	16,3	E
Mancozebe	6,2	2000	$5,9 \times 10^{-04}$	70	13
Metamidofós	1000000	5	$1,6 \times 10^{-06}$	6	5
Metomil	58000	72	$2,1 \times 10^{-06}$	30	83
Metoxifenoza	3,3	402	$1,64 \times 10^{-04}$	146	E
Metsulfuram-metilico	9500	35	$4,50 \times 10^{-11}$	30	E
Nicosulfuron	7500	30	$1,5 \times 10^{-11}$	26	16
Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol	-	-	-	-	
Novaliurum	0,003	9598	2	72	E
Óleo Mineral	-	-	-	-	
Paraquate	620000	1000000	$4,0 \times 10^{-12}$	1000	E
Paclobutrazol	22,9	164	$2,9 \times 10^{-05}$	112	164
Permetrina	0,006	100000	$1,89 \times 10^{-1}$	30	31
Picloram, Sal Trietanolamina	200000	16	$3,0 \times 10^{-07}$	82,8	2
Piraclostrobina	1,9	9304	$5,3 \times 10^{-06}$	32	E
Piriproxi-fem	0,37	21175	$1,16 \times 10^{-02}$	10	E
Procimidona	4,5	1500	$2,65 \times 10^{-03}$	7	24,7
Profenofós	28	2016	$1,65 \times 10^{-03}$	7	E

Quizalofope-P-E- tílico	0,61	510	$6,70 \times 10^{-05}$	60	112
Sulfluramida	0,00007	1000000	-	3000	-
Tebuconazole	36	769	$1,0 \times 10^{-05}$	62	E
Teflubenzurom	0,01	26062	$6,9 \times 10^{-3}$	92	E
Tetraconazole	156,6	1152	$3,60 \times 10^{-04}$	83	E
Thiamethoxam	4100	56,2	$4,7 \times 10^{-10}$	50	-
Thiodicarb	19	350	$4,31 \times 10^{-2}$	7	30,8
Tifluzamida	7,6	734	-	1145	E
Tiofanato Metí- lico	3,5	1830	$8,1 \times 10^{-05}$	10	36
Triciclazole	1600	1000	$5,86 \times 10^{-07}$	21	E
Triclopir	2100000	48	$2,50 \times 10^{-03}$	46	24,8
Trifloxistrobina	0,61	2377	$2,3 \times 10^{-03}$	7	40
Metalaxyl-m	8400	50	$3,50 \times 10^{-05}$	70	E
Tiram	30	670	$3,30 \times 10^{-02}$	15,2	3,5
Trifluralina	0,3	8000		60	13

(a) solubilidade em água, determinada à 20 °C; (b) coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo; (c) constante da lei de Henry à 25°C; (d) tempo de meia-vida no solo; (e) tempo de meia-vida na água, (-) dado não encontrado na literatura.

Destaca que existe uma grande variabilidade de resultados obtidos para as propriedades físico-químicas dos princípios ativos levantados, devido as diferentes características do ambiente onde foram desenvolvidos, o que é característico (Wauchope et al., 1992).

O clima da região possui dois períodos bem definidos com um inverno seco e um verão chuvoso e a precipitação em determinados

períodos do ano é bastante superior aos critérios sugeridos pela EPA, com isso o período de maior aplicação de agrotóxico nas lavouras coincide com os meses mais chuvosos do ano (outubro a abril). De acordo com os dados levantados, estabeleceu-se que quanto maior a persistência (meia-vida) e solubilidade em água e menor o coeficiente de adsorção à matéria orgânica e constante da lei de Henry para um princípio ativo, maior será seu transporte no ambiente e, conseqüentemente, maior sua probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais.

Para a análise da susceptibilidade à contaminação por agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas foram utilizadas somente as propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos agrotóxicos aplicados na região (Tabela 5).

Tabela 5. Análise da susceptibilidade à contaminação de águas subterrâneas pelo índice GUS e critérios da EPA e superficiais pelo método de GOSS.

	Águas Subterrâneas			Águas Superficiais	
Princípio Ativo	GUS <sup>(a)</sup>	EPA <sup>(b)</sup>	Resultado <sup>(c)</sup>	Goss - Se-d <sup>(d)</sup>	Goss - Dis. <sup>(e)</sup>
<b>2,4-D Sal Dimetilamina</b>	2,70 - FT <sup>(f)</sup>	PC <sup>(g)</sup>	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Abamectina	0,44 - NL <sup>(i)</sup>	NC <sup>(h)</sup>	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Acefato	1,76 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Acetamiprido	0,94 - NL	PC	Inconclusivo	Baixo	Médio
Acido Dodecilbenzeno Sulfônico	-	-	-	-	-
Alfa-Cipermetrina	-1,18 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Ametrina	2,35 - FT	PC	Provável Contaminante	Baixo	Alto
Aminopiralde	4,76 - L <sup>(j)</sup>	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Atrazina	3,56 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Azoxistrobina	2,60 - FT	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto



Ciproconazol	3,10 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Bentazona	2,51 - FT	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Beta-Ciflutrina	-0,90 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Bifentrina	-1,94 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Buprofezina	0,46 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio
Captana	-0,16 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Carbendazim	2,91 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Carbofurano	4,52 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Carboxina	0,82 - NL	PC	Inconclusivo	Baixo	Médio
Carfentrazona-E-tílica	-0,32 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Casugamicina	-	-	-	-	-
Cipermetrina	-1,48 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Cletodim	1,14 - NL	PC	Inconclusivo	Baixo	Médio
Clomazona	2,10 - FT	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Clorfluazurom	-0,62 - NL	NC	Não WContaminante	Alto	Médio
Cloridrato de Cartape	-	-	-	-	-
Clorimurom-E-tílico	3,16 - L	PC	Provável Contaminante	Baixo	Alto
Clorotalonil	1,44 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Oxicloreto de Cobre	-	-	-	-	-
Clorpirifós	0,15 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Alto
Cyhalofop Butil	-0,20 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Deltrametrina	-3,35 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo

Difenoconazole	0,90 - NL	PC	Inconclusivo	Alto	Alto
Diflubenzuron	0,00 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Baixo
Dimetoato	2,28 - FT	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Diquate	-6,00 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Baixo
Diurum	2,58 - FT	PC	Provável Contami- nante	Mé- dio	Alto
Epoxiconazol	2,47 - FT	NC	Não Contaminante	Alto	Alto
Esfenvalerato	0,45 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio
Espinosade	-0,64 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Médio
Espirodiclofeno	- 0,4 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Baixo
Éster metílico de óleo de soja	-	-	-	-	-
Etefom	-1,00 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Baixo
Etoxissulfurom	2,35 - FT	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Fenitrotona	0,42 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Médio
Fenoxaprop-P- -Etílico	0,02 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Médio
Fenpropatrina	0,21 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Baixo
Fipronil	2,33 - FT	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Alto
Fluazifope-P-Bu- tílico	0,29 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Médio
Fluazinam	-0,22 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Baixo
Fludioxonil	-2,58 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Baixo
Flumioxazina	1,37 - NL	NC	Não Contaminante	Mé- dio	Médio
Fluroxipir	0,00 - NL	PC	Inconclusivo	Baixo	Médio
Flutriafol	5,29 - L	PC	Provável Contami- nante	Mé- dio	Alto

Fosetil-Al	-2,70 - NL	PC	Inconclusivo	Baixo	Médio
Fosfeto de Alumínio	-2,16 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Gamma-Cialotrina	-1,07 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Glifosato - sal de isopropilamina	-0,64 - NL	PC	Inconclusivo	Alto	Alto
Hexazinona	4,58 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Hidróxido de Cobre	0,32 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio
Imazetapir	5,86 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Imidacloprido	3,76 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Lactofem	0,00 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Lambda-Cialotrina	-1,75 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Clorantiranilprole	3,45 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Lufenurum	-0,75	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Mancozebe	1,29 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Alto
Metamidofós	2,57 - FT	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Metomil	3,16 - L	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Metoxifenoza	3,02 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Metsulforom-metilico	3,63 - L	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Nicosulfuron	3,57 - L	PC	Provável Contaminante	Baixo	Médio
Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol	-	-	-	-	-
Novalurum	0,03 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio
Óleo Mineral	-	-	-	-	-

Paraquate	-6,00 - NL	PC	Inconclusivo	Alto	Baixo
Paclobutrazol	2,86 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Permetrina	-1,48 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Picloram	5,36 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Piraclostrobina	0,05 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Piriproxifem	-0,33 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Baixo
Procimidona	0,70 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Profenofós	0,59 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Quizalofope-P-Etílico	0,22 -NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Sulfluramida	-6,95 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Baixo
Tebuconazole	2,00 - FT	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Teflubenzurom	-0,82 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio
Tetraconazole	1,80 - FT	PC	Provável Contaminante	Alto	Alto
Thiamethoxam	3,82 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Thiodicarb	1,23 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Alto
Tifluzamida	3,47 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Tiofanato Metílico	0,74 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Triciclazole	1,32 - NL	NC	Não Contaminante	Mé-dio	Médio
Triclopir- amine salt	3,69 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Trifloxistrobina	0,53- NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Médio
Metalaxyl-m	4,25 - L	PC	Provável Contaminante	Mé-dio	Alto
Tiram	1,39 - NL	NC	Não Contaminante	Baixo	Alto
Trifluralina	0,17 - NL	NC	Não Contaminante	Alto	Médio

(a) análise pelo índice de GUS; (b) análise pelos critérios da EPA; (c) Resultado das duas análises (GUS e EPA); (d) análise pelo método de GOSS: p.a. associado ao sedimento; (e) análise pelo método de GOSS: p.a. dissolvido em água; (f) faixa de transição; (g) contaminante em potencial; (h) não contaminante; (i) não sofre lixiviação; (j) lixiviável.

Em relação às águas subterrâneas observa-se que 31% dos princípios ativos estudados foram classificados como prováveis contaminantes, 55% não contaminantes, 8% foram inconclusivos quando analisados pelos dois métodos e para 6% não foram encontradas os parâmetros necessários para serem avaliados pelos modelos matemáticos empregados no trabalho (Figura 6).

Os princípios ativos classificados como prováveis contaminantes de águas subterrâneas segundo os critérios analisados foram: 2,4-D, Ametrina, Aminopiralde, Atrazina, Azoxistrobina, Ciproconazol, Bentazona, Carbendazim, Carbofurano, Clomazona, Clorimurom-Etílico, Diurom, Flutriafol, Hexazinona, Imazetapir, Imidacloprido, Clorantraniliprole, Metomil, Metoxifenoza, Metsulfurom-Metílico, Metalaxyl-m, Nicosulfurom, Paclobutrazol, Picloram, Tebuconazole, Tetraconazole, Thiametoxam, Tifluzamida, Triclopir.

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (Brasil, 2010), no estado do Tocantins a maior parte dos municípios é abastecida por poços tubulares profundos. Dentre as 139 cidades estudadas, todos inseridos na região da bacia Tocantins-Araguaia, 84 utilizam exclusivamente água subterrânea para abastecimento urbano e em 10 utilizam o sistema misto (superficial/subterrânea). De acordo com a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, (Brasil, 2021), dentre os agrotóxicos estudados apenas o 2,4 – D, Atrazina e Bentazona constam valores máximos permitidos para os padrões de potabilidade de água para consumo humano, aliada a falta de normas quem regulem a quantidade dessas substâncias estão a ineficiência dos sistemas de tratamento de água para remoção desse tipo de poluente.

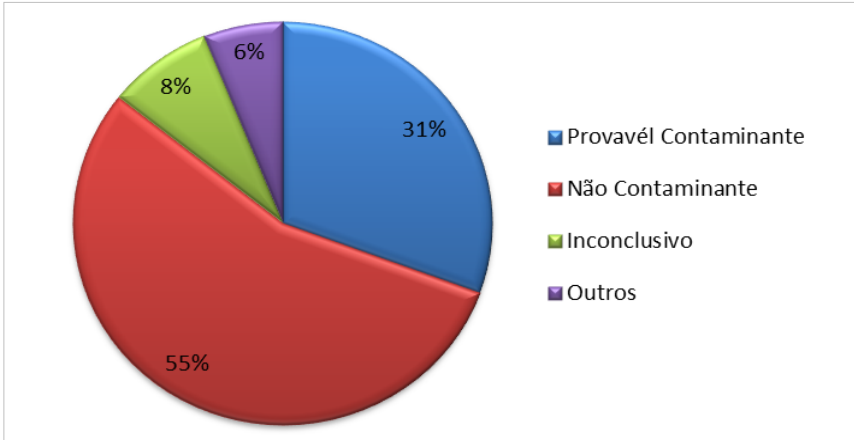


Figura 6. Classificação dos princípios ativos de acordo com os critérios GUS/EPA.

De acordo com os critérios de Goss (1992) usados para avaliar se um agrotóxico pode atingir águas superficiais ao ser usado na agricultura, eles que podem ser transportados dissolvidos em água e transportados associados ao sedimento em suspensão. Observa-se que dos princípios ativos utilizados na região do estudo, 31% apresentaram alto potencial de contaminação dissolvido em água, 43% um médio potencial e 20% em baixo potencial, e quando analisados em relação a associação ao sedimento 17% foi considerado alto, 51% médio e 26% baixo. 6% dos princípios não puderam ser analisados de acordo com os critérios de Goss, devido a insuficiências dos parâmetros (Figura 7 e 8).

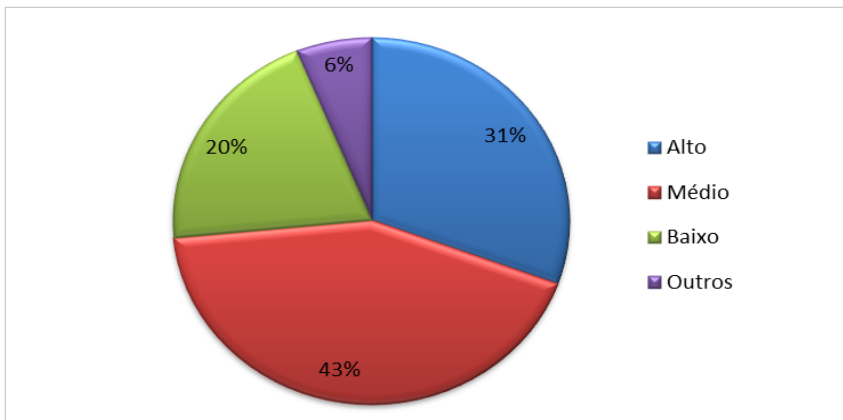


Figura 7. Classificação dos princípios ativos de acordo com os critérios de Goss – Dissolvido em água

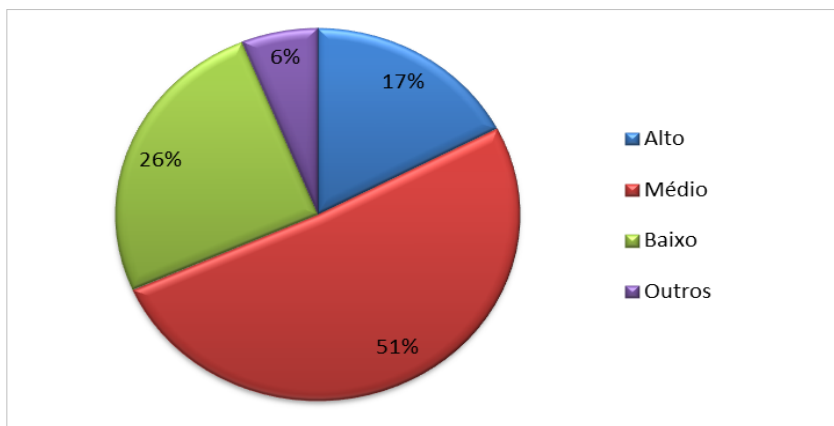


Figura 8. Classificação dos princípios ativos de acordo com os critérios de Goss – Associado ao Sedimento

A buprofezina, clorfluazurom, clorpirifós, difenoconazole, diquate, epoxiconazol, esfenvalerato, fludioxonil, glifosato, hidróxido de cobre, mancozebe, novalurom, sulfluramida, teflubenzurom, tetraconazole e trifluralina foram considerados como de alto potencial de contaminação das águas superficiais, quando transportados associados ao sedimento.

A ametrina, atrazina, azoxistrobina, ciproconazol, carbendazim, carbofurano, clorimurom-etílico, clorpirifós, difenoconazole, diurom, epoxiconazol, fipronil, glifosato, hexazinona, imazetapir, imidacloprido, clorantraniliprole, mancozebe, metoxifenoazida, paraquate, picloram, tebuconazole, tetraconazole, thiamethoxam, thiodicarb, tipluzamida, triclopir, metalaxyl-m e tiram apresentaram um alto potencial de contaminação das águas superficiais, quando transportados dissolvidos em água.

Ao analisar os princípios ativos em relação aos dois meios de transporte, sendo eles dissolvido em água e associado ao sedimento, observa-se que os princípios ativos Clorpirifós, Difenoconazole, Epoxiconazol, Glifosato, Mancozebe e Tetraconazole possuem um alto potencial de serem transportados e com isso de contaminarem as águas superficiais. Diante disso, os mesmos devem ter seu uso restringido, bem como serem priorizados em um plano de monitoramento de contaminação das águas da região estudada.

A avaliação do potencial de contaminação dos recursos hídricos

por resíduos agrotóxicos pelos métodos anteriormente citados uma ferramenta útil, pois permite a um baixo custo e em um pequeno espaço de tempo que se analise previamente quais os pesticidas devem ter seu uso restringido, evitando assim riscos ao meio ambiente e a população exposta a esses produtos (Dores, 2004). Além disso pode orientar futuros estudos de monitoramento de princípios ativos e locais mais susceptíveis a contaminação.

As áreas susceptíveis a contaminação por agrotóxicos na bacia Tocantins-Araguaia foram definidas baseadas nas características do solo, declividade da região e índice de contaminação para cada município estudado. A contaminação por água subterrânea é considerada de baixa a moderada na maior parte da região do estudo, apresentando valores de alta e muito alta em regiões que apresentam um alto teor de contaminantes e solos com alta permeabilidade, o que favorecem a dispersão do contaminante pelo horizonte do solo (Figura 9).



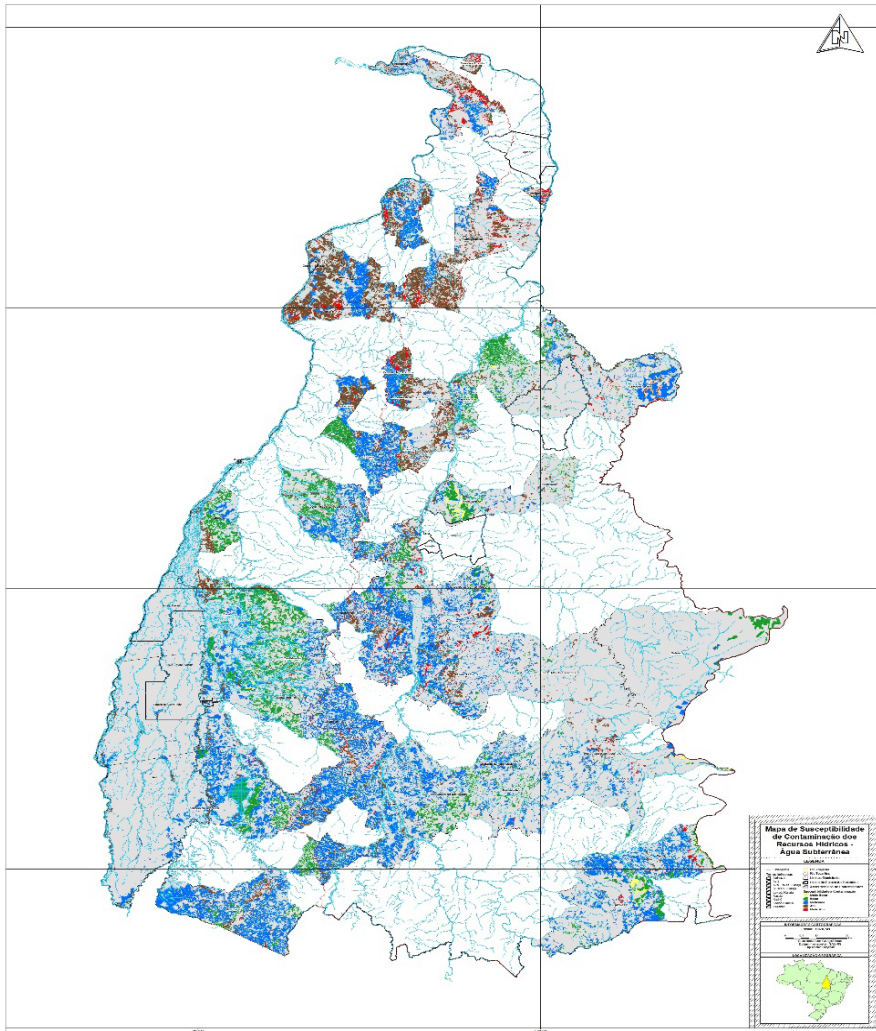


Figura 9. Mapa de Susceptibilidade de Contaminação dos Recursos Hídricos - Água Subterrânea.

Em relação a contaminação das águas superficiais com transporte do contaminante dissolvido em água, apresentam-se de moderada a alta, com diversos pontos considerados de susceptibilidade muito alta, devido a maior parte da agricultura tocantinese ser desenvolvida em regiões de latossolo, sendo que esse tipo de solo apresenta porções de argila dificultando a passagem do contaminante pelo horizonte do solo, ficando o mesmo durante mais

tempo disponível na superfície ou nos horizontes superiores, que em situações de ocorrência de precipitação acabam sendo carreados para os recursos hídricos mais próximos (Figura 10).

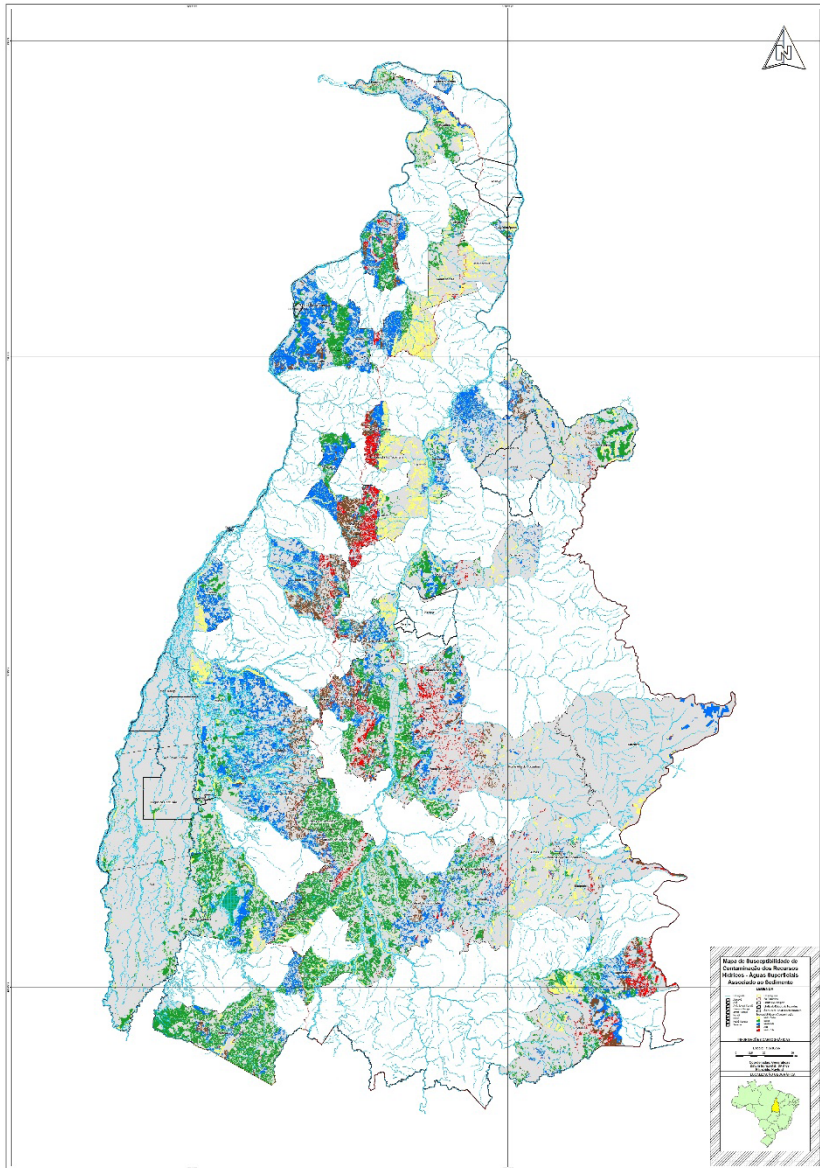


Figura 10. Mapa de Susceptibilidade de Contaminação dos Recursos Hídricos - Água Superficiais: Associado ao Sedimento.

A susceptibilidade a contaminação das águas superficiais, com transporte do contaminante associado ao sedimento apresentam-se de baixa a moderada com pontos alta em algumas regiões, isso se deve a características de alguns contaminantes utilizados na região que possuem a capacidade de se ligarem a matéria orgânica ou serem adsorvidos às partículas de sedimento presentes nos corpos d'água, com isso eles têm a mobilidade e disponibilidade reduzidas, no entanto podem sofrer transformações, originando formas mais ou menos tóxicas (Figura 11).

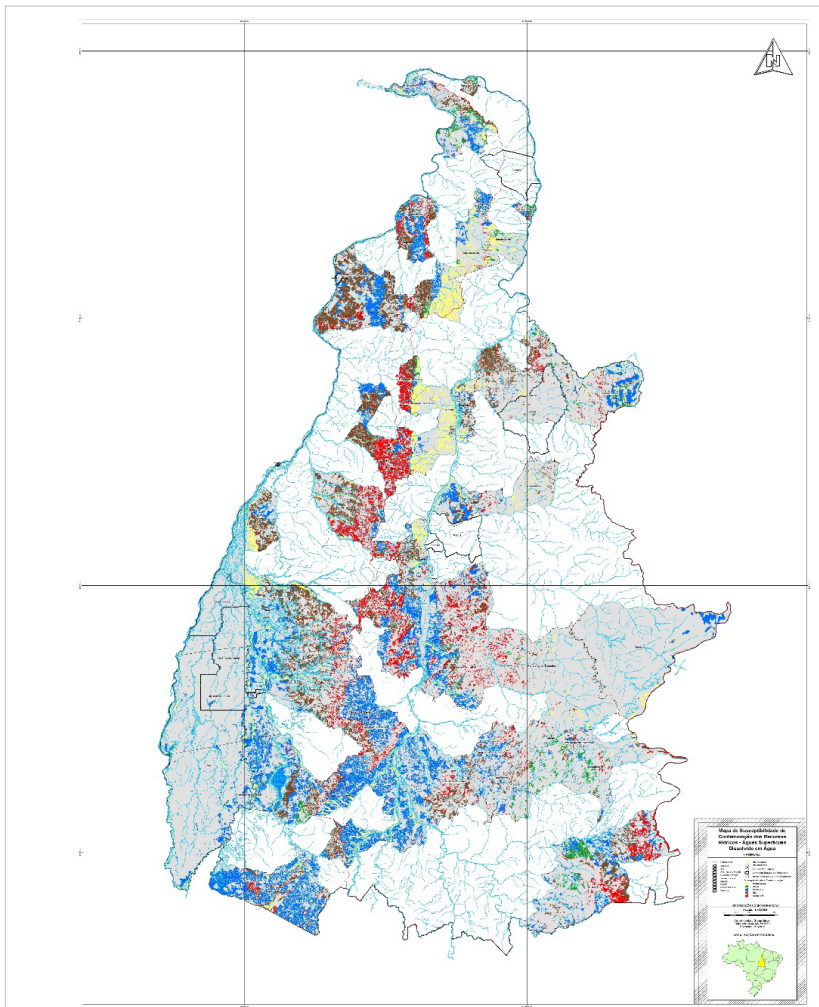


Figura 11. Mapa de Susceptibilidade de Contaminação dos Recursos Hídricos - Água Superficiais: Dissolvido em água

A expansão das fronteiras agrícolas na região do cerrado, tem uma visão direcionada ao aumento da produtividade, sem considerar dos danos ao meio ambiente e a saúde, leva a eliminação da vegetação natural, que exercem papel fundamental na conservação da qualidade da água, pois minimizam os processos erosivos, reduzem o volume de sedimentos nos corpos d'água e atuam ainda como filtro que retém diversos poluentes de atingirem águas superficiais e subterrâneas.

#### **4.CONCLUSÕES**

Em relação aos dois meios de transporte, água e associado ao sedimento, foram encontrados princípios ativos que possuem um alto potencial de serem transportados (Clorpirifós, Difenoconazole, Epoxiconazol, Glifosato, Mancozebe e Tetraconazole), com probabilidade de contaminação das águas superficiais.

As áreas susceptíveis a contaminação por agrotóxicos na bacia Tocantins-Araguaia, quando avaliadas a água subterrânea, foi considerado de baixa a moderada na maior parte da região do estudo, apresentando valores de alta e muito alta em regiões que apresentam solos com alta permeabilidade, o que favorece a dispersão do contaminante pelo horizonte do solo

A contaminação das águas superficiais com transporte do contaminante dissolvido em água, revelou-se de moderada a alta, com diversos pontos considerados de susceptibilidade muito alta, em parte atribuído às características do solo, que apresenta porções de argila, que dificulta a passagem do contaminante pelo horizonte do solo, ficando disponível na superfície ou nos horizontes superiores, que permite maior carreamento.

A susceptibilidade a contaminação das águas superficiais, com transporte do contaminante associado ao sedimento apresentou-se de baixa a moderada, com suscetibilidade alta em algumas regiões, o que se deve às características de alguns princípio ativos empregados, com elevada capacidade de se ligarem a matéria orgânica ou serem adsorvidos às partículas de sedimento presentes nos corpos d'água, inibindo a mobilidade e a disponibilidade.

## 5.REFERÊNCIAS

BURATINI, S. V.; BRANDELLI, A. **Bioacumulação**. In: ZAGATTO, P.A.;

BERTOLETTI, E. Ecotoxicologia aquática. São Carlos: **Rima**, 2006. p. 55-87.

CORBI, J. J.; et al. Diagnóstico ambiental de metais e organolclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial, Brasília, DF, ed. 85, seção 1, p. 127, mai. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. AGROFIT (Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários). Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/defesa-agropecuaria-agrotoxicos/agrotoxicos-registrados-no-agrofit>. (Acesso em: 22 de agosto de 2018).

BRASIL. Agência Nacional de águas. Plano Estratégico de Recursos Hídricos das bacias do Rio Tocantins e Araguaia. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: [https://biblioteca.ana.gov.br/sophia\\_web/Acervo/Detail/3357](https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detail/3357). (Acesso em: 20 de out. 2020).

BRASIL. Monografias de agrotóxicos. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias>. (Acesso em: 17 dez. 2018)

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Departamento Nacional da Produção de Minerais. Projeto RADAMBRASIL (Rio de Janeiro, RJ). Folhas SC.22 e SD.22: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. v. 22 e 25, 524p.

COHEN, S.Z.; WAUCHOPE, R.D.; KLEIN, A.W.; EADSFORTH, C.V.; GRANEY, R. Offsite transport of pesticides in water: mathematical models of pesticides leaching and runoff. **Pure & Applied Chemistry**. v. 67, n. 12, p. 2109-2148, 1995.

DORES, E. F. G. C. **Contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em Primavera do Leste, Mato Grosso**. 2004. 282 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do Ambiente Aquático por Pesticida: Vias de Contaminação e Dinâmica dos Pesticidas no Ambiente Aquático. Pesticidas: **Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, p. 1-18, 1999.

FARIA, N.M.X; FASSA, A.C.G; FACCHINI, L.A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informações e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência e Saúde coletiva**. v.12, n.1, p. 25-38, 2007.

FOOTPRINT. Pesticide Properties Database. University of Hertfordshire. Disponível em:< <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>>. (Acessado em: 01 ago. 2020).

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

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**. **Elmsford**, v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores do Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2012. 775p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, 2011. 443p.

LAVORENTI, A. **Comportamento dos herbicidas no meio ambiente**. In: Workshop sobre Biodegradação, 1., 1996, Campinas-SP. Anais... Jaguariúna-SP: Embrapa, CNPMA, 1996. p.81-115

MIZUBUTI, E.S.G.; MAFFIA, L.A. **Controle Químico: os fungicidas e o meio ambiente.** In: MIZUBUTI, E.S.G.; MAFFIA, L.A. (Ed.). Introdução a Fitopatologia. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, p. 146-147.

TOCANTINS. SECRETARIA DA AGRICULTURA, DA PECUARIA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Projetos Agrícolas do Tocantins**, 2012. Disponível em:< <http://seagro.to.gov.br/>>. (Acesso em: 28 de ago. 2020).

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **O Biológico**. São Paulo, v.64, n.2, p.135-142, 2003.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. 384 p.

SILVA, J. M.; SANTOS, J. R. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **A ecologia Brasiliensis**. 2007, v. 11, n. 4, p. 565-573.

WAUCHOPE, R. D.; et al. Review: Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. *Pest Management Science*. v. 58, n. 5, p. 419-445, 2002.



