



**GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO**  
**CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM**  
**GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**



# **SOFTWARE DE INFORMAÇÕES GEOESPACIALIZADAS DE DADOS DE OUTORGA E CADASTRO DE POÇOS DO ESTADO DE MATO GROSSO**

**GISELLE CRISTINA DA COSTA R. PSENDZIUK**

Cuiabá/MT  
2021

GISELLE CRISTINA DA COSTA R. PSENDZIUK

**SOFTWARE DE INFORMAÇÕES GEOESPACIALIZADAS DE DADOS DE  
OUTORGA E CADASTRO DE POÇOS DO ESTADO DE MATO GROSSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - Unidade UNEMAT, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Amintas Nazareth Rossete

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Ricardo Keichi Umetsu  
UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso  
(Membro Titular)

---

Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Júnior  
UNIC - Universidade de Cuiabá  
(Membro Titular)

Cuiabá/MT  
2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

PSENDZIUK, Giselle Cristina da Costa R..

P974s Software de Informações Geoespacializadas de Dados de Outorga e Cadastro de Poços do Estado de Mato Grosso / Giselle Cristina da Costa R. Psendziuk – Cuiabá, 2022.

86 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso

(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Profissional) Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal Cuiabá e Cidade Universitária Celbe Campus Univers. de Cáceres., Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Amintas Nazareth Rossete

1. Mapas. 2. Internet 3. Recursos Hídricos. 4. Software Livre.

I. Giselle Cristina da Costa R. Psendziuk. II. Software de Informações Geoespacializadas de Dados de Outorga e Cadastro de Poços do Estado de Mato Grosso: .

CDU 556.3:004.42(817.2)

“Em toda tarefa de educação exemplificar é explicar.”  
(Emmanuel)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, Matildes, Jesus Gonzaga, Justino, irmãos, cunhadas, sobrinhos, filhos, por todo apoio, em especial agradeço ao marido, Jorge Felipe, a Laura Costa, e a Todos que sei que me orientam, vocês são bênçãos. Agradeço especialmente a minha Mani, por me ensinar o que é mais importante na vida. Agradeço ao Prof. Dr. Amintas Nazareth Rossete, pela orientação, e a todos os Professores e Colegas do programa e ao PPG. Agradeço a banca examinadora, Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Júnior e Prof. Dr. Prof. Dr. Ricardo Keichi Umetsu por conceder um tempo no auxílio desta pesquisa. Agradeço aos coordenadores e amigos do trabalho, especialmente Laura Garcia, Adriana Xavier e Carlos Alexandre que apoiaram em todas as etapas deste processo. Agradeço a CAPES, a UNEMAT, e a ANA pela oportunidade concedida. E agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

## RESUMO

PSENDZIUK, Giselle Cristina da Costa R. **Software de informações geoespecializadas de dados de outorga e cadastro de poços do estado de Mato Grosso**. Cuiabá-MT. 2021. Defesa do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, UNEMAT, Cuiabá.

Existem lacunas no conhecimento sistemático da situação das águas subterrâneas no Brasil que dificultam identificar e delimitar a extensão dos problemas que afetam os aquíferos e seus usuários. Dentre estas, uma se refere a falta de mecanismos para sistematizar, armazenar e principalmente difundir os dados referente as águas subterrâneas nos Estados, o que dificulta a organização e produção de informações na definição de estratégias para implementação dos instrumentos técnicos e legais de suas respectivas políticas de recursos hídricos. Esta pesquisa se propõe a elaborar um sistema de mapeamento digital e online que possa ser utilizado como ferramenta de apoio à gestão pelos órgãos públicos, através do acesso a um conjunto de informações técnicas do poço subterrâneo submetido ao licenciamento ambiental de estado de Mato Grosso. Para a elaboração utilizou-se os dados dos poços cadastrados, autorizados e outorgados no Estado, cedidos pela Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso. Os dados foram padronizados e inseridos em uma interface pública de dados espacializados na forma de mapas interativos, acessíveis via navegador de internet, construído com ferramentas e serviços livres e gratuitos (Leaflet e GitHub) que permitem o uso e colaboração pela comunidade. Obteve-se então um software com um mapa dinâmico contendo as informações de bacias hidrográficas, sistemas viários e os sistemas aquíferos existentes no estado de Mato Grosso e a localização dos poços cadastrados e outorgados, demonstrando o uso das águas subterrâneas, de acesso livre para utilização dos órgãos governamentais e usuários. Espera-se que através da publicação online e pública de dados dos poços subterrâneos cadastrados e outorgados pela SEMA–MT, até então de acesso restrito, possa servir como uma ferramenta de informação ao público geral e auxiliar na gestão de recursos hídricos aos organismos públicos, privados, organizações e demais interessados, além de prover um repositório colaborativo que permite a utilização e atualização dos dados de cadastro e outorga de águas subterrâneas.

Palavras-chave: Mapas, Internet, Recursos Hídricos, Software Livre.

## ABSTRACT

PSENDZIUK, Giselle Cristina da Costa R. **Geospatial information software of the well granting data and registration of wells in the state of Mato Grosso**. Cuiabá-MT. 2021. Defense of Professional Master's Degree in the Water Resources Management – ProfÁgua, UNEMAT, Cuiabá.

There are gaps in the systematic knowledge of the groundwater situation in Brazil that make it difficult to identify and delimit the extent of the problems affecting aquifers and their users. Among these, one refers to the lack of mechanisms to systematize, store and mainly disseminate the data related to groundwater in the states, which hinders the organization and production of information in the definition of strategies for the implementation of technical and legal instruments of their respective hydric resources policies. This research if considers to elaborate a system of digital and online mapping that can be used as tool of support to the management for the public agencies, through the access to a set of technical information of the underground well submitted to the environmental licensing of the state of Mato Grosso. For the elaboration it was used the data of the wells registered, authorized and granted in the state, provided by the Superintendence of Hydric Resources of the Secretariat of Environment of Mato Grosso. The data were standardized and inserted in a public interface of spatialized data in the form of interactive maps, accessible via web browser, built with free tools and services (Leaflet and GitHub) that allow the use and collaboration by the community. A software with a dynamic map containing information about hydrographic basins, road systems and existing aquifer systems in the state of Mato Grosso and the location of registered and authorized wells, demonstrating the use of groundwater, is freely accessible for use by government agencies and users. It is expected that through the online and public publication of data of the underground wells registered and granted by SEMA – MT, until then of restricted access, it can serve as an information tool for the general public and assist in the management of water resources for public and private bodies, organizations and other interested parties, besides providing a collaborative repository that allows the use and updating of the data of registration and granting of groundwater.

**Keywords:** maps, internet, water resource, free software.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática do ciclo hidrológico: E = evaporação; ET = evapotranspiração; I=infiltração; R = escoamento superficial. ....	17
Figura 2: Caracterização esquemática das zonas não saturada e saturada no subsolo.....	18
Figura 3: Aquíferos livres e suspensos.....	20
Figura 4: Estresse hídrico por país, cenário de 2040 .....	23
Figura 5: Perfil de usuários de água subterrânea no país. ....	25
Figura 6: Mapa Hidrogeológico de Mato Grosso. ....	32
Figura 7: Localização do estado de Mato Grosso e mesorregiões.....	41
Figura 8: Funcionalidade de controle de camadas. ....	52
Figura 9: Funcionalidade de zoom aplicada com mapa base de imagem de satélite.....	53
Figura 10: Mapas base de ruas e imagens de satélite.....	55
Figura 11: Janela com informações dos poços. ....	56
Figura 12: Configuração de visualização do mapa de outorga de poços subterrâneos.....	58
Figura 13: Configuração de visualização do mapa de outorga de poços subterrâneos com camada Bacias Hidrográficas. ....	59
Figura 14: Informações de um item da camada Bacias Hidrográficas. ....	60
Figura 15: Configuração de visualização do mapa com camada Hidrogeologia habilitada. ....	61
Figura 16: Informações de um item da camada Hidrogeologia.....	62
Figura 17: Configuração de visualização do mapa com camada Localidades habilitada. ....	63
Figura 18: Informações de um item da camada Localidades. ....	64
Figura 19: Configuração de visualização do mapa com camada Sistema Viário habilitada.....	65
Figura 20: Informações de um item da camada Sistema Viário. ....	66



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de Aquíferos. ....	19
Quadro 2: Principais funções das águas subterrâneas.....	21
Quadro 3: Sistemas de gestão de outorgas nos órgãos ambientais dos estados do Brasil. ....	38
Quadro 4: Processo de revisão de leitura. ....	44
Quadro 5: Campos da tabela de cadastro e outorga cedida pela SEMA/MT. ....	45
Quadro 6: Descrição dos campos do banco de dados de águas subterrâneas da SEMA/MT.....	56

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Perfil de usuários de água subterrânea no país.....	26
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AC – Acre  
AL – Alagoas  
AM – Amazonas  
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
AP – Amapá  
BA – Bahia  
CE – Ceará  
CEHIDRO – Conselho Estadual de Recursos Hídricos  
CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos  
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CSV – Comma-Separated-Values  
DF – Distrito Federal  
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas  
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral  
ES – Espírito Santo  
ESRI – Environmental Systems Research Institute  
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations  
GASUB – Gerência de Água Subterrânea  
GO – Goiás  
H/DIA – Hora/Dia  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IFOCS – Inspetoria Federal de Obras contra as Secas  
INTERMAT – Instituto de Terras de Mato Grosso  
JSON – JavaScript Object Notation  
LAT.GRAUS (S) – Latitude Graus  
LAT. MÍN. (S) – Latitude Minutos  
LAT. SEG. (S) – Latitude Segundos  
LONG.GRAUS (S) – Longitude Graus  
LONG. MÍN. (S) – Longitude Minutos  
LONG. SEG. (S) – Longitude Segundos  
ND – Nível Dinâmico  
NE – Nível Estático  
MA – Maranhão  
MG – Minas Gerais  
MIT – Instituto de Tecnologia de Massachusetts  
MS – Mato Grosso do Sul  
MT – Mato Grosso  
PA – Pará  
PB – Paraíba  
PE – Pernambuco  
PI – Piauí  
PIN – Plano de Integração Nacional  
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos  
PR – Paraná  
RHN – Rede Hidrometeorológica Nacional

RJ – Rio de Janeiro  
RN – Rio Grande do Norte  
RO – Rondônia  
RR – Roraima  
RS – Rio Grande do Sul  
SAS – Sistema de Águas Subterrâneas  
SC – Santa Catarina  
SE – Sergipe  
SP – São Paulo  
SEMA/MT – Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso  
SGB – Serviço Geológico do Brasil  
SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SIMLAM – Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental  
SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos  
SIRH – Sistema de Informações de Recursos Hídricos  
SUDENE – Superintendência do desenvolvimento do Nordeste  
SURH/SEMA – Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Meio Ambiente  
TO – Tocantins  
UPG – Unidade de Planejamento e Gerenciamento  
URL – Uniform Resource Locator  
ZIP – Formato de compactação de arquivos

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
2.1	OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	17
2.2	IMPORTÂNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	20
2.3	HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL	24
2.4	A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL	28
2.5	AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MATO GROSSO	31
2.5.1	<i>Características das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso</i>	31
2.5.2	<i>Uso das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso</i>	35
2.5.3	<i>Legislação e gestão das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso</i>	36
2.6	SISTEMAS DE GESTÃO DE OUTORGAS DE RECURSOS HÍDRICOS NOS ORGÃOS ESTADUAIS BRASILEIROS	38
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>41</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO	41
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.2.1	<i>Classificação da pesquisa</i>	42
3.2.2	<i>Etapas da pesquisa</i>	43
3.2.3	<i>Procedimentos da pesquisa bibliográfica</i>	43
3.2.4	<i>Organização dos dados e definição da ferramenta</i>	44
3.2.5	<i>Dados dos poços cadastrados e outorgados</i>	45
3.2.6	<i>Repositório dos dados</i>	47
3.2.7	<i>Sistema de Informação</i>	48
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>68</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas vêm se tornando cada vez mais utilizado em todo o mundo, sendo fonte de abastecimento para múltiplos usos, em especial os usos: doméstico, industrial e agrícola, sendo que no Brasil mais de 50% do abastecimento público é feito por água subterrânea (CONICELLI, HIRATA, 2016). No entanto, a percepção da importância das águas subterrâneas no mundo, em geral, e no Brasil, em especial, se torna difícil à medida que sua utilização é relativamente mais barata e feita, em regra geral, pelo próprio usuário. Ao contrário das obras para utilização da água dos rios que são construídas com investimentos públicos, o seu uso é quase sempre menos comprometido com uma gestão das demandas, o que poderia por exemplo impedir a extrapolação dos recursos disponíveis (REBOUÇAS, 2008).

Há uma lacuna no conhecimento sistemático da situação das águas subterrâneas no Brasil que dificulta identificar e delimitar a extensão dos problemas que afetam os aquíferos e seus usuários. A contaminação antropogênica e a superexploração de aquíferos são descritos pontualmente pelo território, mas sem uma sistematização que permita extrapolar suas reais dimensões ou identificar outras áreas com igual potencialidade (HIRATA, ZOBY, OLIVEIRA, 2010).

Com o crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico observado no país a pressão sobre os recursos hídricos aumenta a cada dia, provocando escassez de água e conflitos de uso, em várias regiões do país (CAMPOS, FRACALANZA, 2010, GARCIA, MORENO, FERNANDES, 2015, OROSCO, 2018). A Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 visa enfrentar os complexos desafios relativos à gestão dos recursos hídricos, tendo entre os seus principais instrumentos, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos que tem por objetivo gerar dados, consisti-los e divulgá-los, mantendo atualizadas as informações sobre as disponibilidades e demandas de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

O principal sistema de informações para as águas subterrâneas no país é o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, desenvolvido e mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, com atribuições de Serviço Geológico do Brasil – SGB. Esse sistema gerencia o Cadastro Nacional de Poços, tratando-se de uma ferramenta de planejamento e gestão dos recursos hídricos, constituindo como a principal base de informações sobre o perfil dos usuários das águas subterrâneas (VILLAR, GRANZIERA, 2019).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA desenvolveu o Sistema de Águas Subterrâneas – SAS, no setor do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos

Hídricos – SNIRH, visando apoiar os estados na gestão de águas subterrânea. Consiste em um cadastro de poços e de informações relacionadas a outorga de direito de uso e licença de perfuração, além de um pacote de aplicativos técnicos com a finalidade dar suporte aos gestores estaduais, na tomada de decisão com relação aos planejamentos e gerenciamentos dos recursos hídricos subterrâneos (GONÇALVES, et al., 2012, MMA, 2015).

De acordo com a Superintendência de Recursos Hídricos, no estado de Mato Grosso não está implementado o Sistema de Informação Estadual para águas subterrâneas. O SIMLAM Hídrico é utilizado apenas para gerenciamento da outorga superficial. E como auxílio ao gerenciamento são utilizados ainda o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH, que consiste em um banco de dados criado pela ANA, contendo os registros dos usuários de recursos hídricos, sendo de responsabilidade dos órgãos gestores a inserção de informações no CNARH para mantê-lo atualizado. E é utilizada também o Portal Hidroweb, o Sistema de Telemetria da ANA, que oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional - RHN, reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos (informação verbal)<sup>1</sup>.

Os sistemas SAS e SIAGAS são empregados de formato nacional, no entanto, em Mato Grosso o SAS não é utilizado, e o SIAGAS foi empregado até o ano de 2013, e hoje em dia encontra-se em desuso. Atualmente não há um sistema online de informações dos poços outorgados no estado de Mato Grosso.

Em 2004, o Governo de Mato Grosso institui a Lei Estadual nº 8.097 criada com fins específicos de normatizar a administração e conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado. Revogada pela Lei Estadual nº 9.612, de 12 de setembro de 2011, dispõe sobre a administração e conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado (outorga subterrânea), onde no artigo 4 do capítulo II preconiza que para a promoção do gerenciamento eficaz das águas subterrâneas se faz necessário a implantação de sistemas de outorga e de consulta permanente, de forma a otimizar o atendimento aos usuários de produtos e serviços (MATO GROSSO, 2011).

A inadequada gestão, associada à dependência crescente da sociedade sobre recursos hídricos subterrâneos, têm exposto à riscos cada vez maiores a estes mananciais (TEDESCO, 2018). Especialistas brasileiros indagam que a crise hídrica no Brasil não está relacionada

---

<sup>1</sup> Notícia fornecida pelo Superintendente de Recursos Hídrico do Estado, Luiz Henrique Noquelli em videoconferência na disciplina de Governança e Regulação de RH em julho de 2020.

apenas à redução da disponibilidade de água devido às mudanças nos padrões de chuvas, mas também à falta de planejamento dos recursos hídricos e gestão territorial em áreas sensíveis à conservação da água, como áreas próximas a mananciais, áreas de nascentes e áreas propícias à recarga de aquíferos (SERAPHIM, 2018).

A implementação de um sistema de informações sobre a utilização de água subterrânea é essencial para o conhecimento hidrogeológico do país e para permitir a realização da gestão de recursos hídricos, sejam em projetos públicos ou privados de água. A implantação de um sistema de informação no estado de Mato Grosso pode cooperar com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que visa o fornecimento de informação constantemente atualizada sobre a disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional (ANA, 2021). Visto que no estado de Mato Grosso as informações referentes ao uso da água subterrânea não se encontram disponíveis de forma sistematizada e dinâmica aos usuários, sendo estes proprietários privados, órgãos ou empresas públicas, este trabalho se justifica pela contribuição na gestão desse recurso hídrico, buscando promover uma melhoria no acesso as informações do sistema estadual de outorga de poços subterrâneos do Mato Grosso.

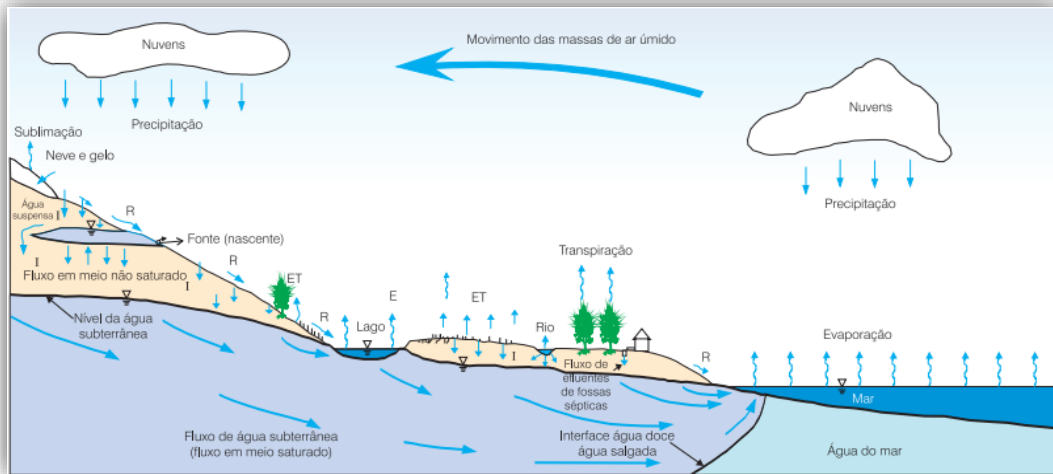
Sendo assim o objetivo geral deste trabalho foi criar uma plataforma digital de acesso aos dados georreferenciados do sistema de licenciamento ambiental de poços subterrâneos outorgados e cadastrados no estado de Mato Grosso.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Fomentada pela energia da radiação solar, a água muda de fase e percorre continuamente diferentes reservatórios no ciclo hidrológico, ou seja, um sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde regressa, superficial e subterraneamente, ao oceano (Figura 1), (FITTS, 2015).



**Figura 1: Representação esquemática do ciclo hidrológico: E = evaporação; ET = evapotranspiração; I=infiltração; R = escoamento superficial.**

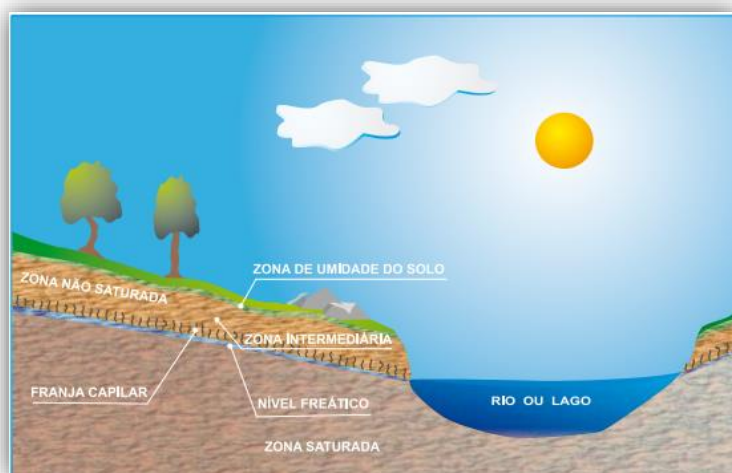
Fonte: Manoel Filho (2008b)

Abaixo da superfície do terreno, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical, basicamente, em duas zonas horizontais, zona saturada e zona não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água. Define-se como água subterrânea aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas, e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas (MANOEL FILHO, 2008b). O escoamento dentro do solo ocorre em duas camadas principais chamadas de:

(a) meio não-saturado ou zona de aeração ou zona não saturada, próximo da superfície onde o solo não está saturado de água e a água escoar por percolação até o meio saturado (aquífero não confinado) ou de volta para a superfície. Este escoamento é geralmente denominado de escoamento sub-superficial;

(b) meio saturado ou zona saturada ou zona de saturação: é a parcela do solo saturada de água que se encontra imediatamente abaixo da zona não saturada, ou que se encontra abaixo de algumas camadas de solo permeáveis ou semipermeáveis. O escoamento que ocorre neste

sistema é denominado de escoamento subterrâneo e o volume saturado é chamado de aquífero (Figura 2).



**Figura 2: Caracterização esquemática das zonas não saturada e saturada no subsolo.**

Fonte: Boscardin Borghetti et al., (2004)

A rocha que tem porosidade e permeabilidade passa a chamar de aquífero sendo saturado ou não, permitindo que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais, no limite entre as duas zonas (MMA, 2015). De acordo com Boscardin Borghetti et al., (2004) aquífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que contém água em seus poros ou fraturas. Os aquíferos possuem duas características fundamentais: capacidade de armazenamento e capacidade de escoamento da água subterrânea, capaz de armazenar e suprir com água poços e nascentes (FOSTER et al., 2003).

A constituição geológica do aquífero (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e a sua qualidade como reservatório. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando os diferentes tipos de aquíferos (BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004). Conforme Diniz, et al., (2014) a origem da rocha, o seu grau de consolidação e fraturamento têm um papel primário na presença e no tipo de aquífero existente.

Os aquíferos, portanto, são classificados quanto ao tipo de formação geológica: em porosos, nas rochas sedimentares, fraturados nas rochas ígneas ou metamórficas e, cársticos nas rochas solúveis (BRAGA, 2007). Os tipos mais comuns são:

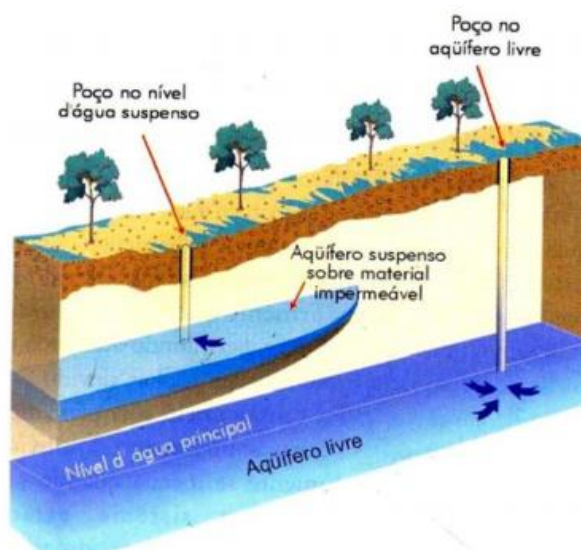
**Quadro 1: Tipos de Aquíferos.**

<b>Rocha sedimentar</b>	Os chamados arenitos, formadas pela compactação e cimentação de areias, formam aquíferos regionais que armazenam grandes quantidades de água potável. A condutividade hidráulica em geral é grande, garantindo condições de um bom aquífero. Se o arenito se apresentar fraturado, a contribuição das fraturas para o armazenamento e o transporte da água, aumentam suas propriedades aquíferas.
<b>Aluvião</b>	São sedimentos não-consolidados, os depósitos de aluvião formados pelos sedimentos erodidos e transportados nas chuvas torrenciais localizam-se em locais favoráveis a recarga nos talvegues e nos leitos de rios, riachos e lagoas.
<b>Dunas</b>	Também são sedimentos não-consolidados, formadas por sedimentos como areia fina e silte que são transportados e depositados pelos ventos. É o caso das formações arenosas nas regiões costeiras, muito comuns no Rio Grande do Norte e no Ceará. Os aquíferos formados por sedimentos não-consolidados são fáceis de serem perfurados ou escavados, são pouco profundos, possuem alta capacidade de infiltração potencial e conseqüentemente são altamente vulneráveis.
<b>Cristalino</b>	As rochas ígneas e metamórficas apresentam porosidade primária extremamente baixa. No entanto, em regiões com rocha fraturada, o acúmulo de água é significativo formando o aquífero fissural. O sucesso na locação de um poço, em região cristalina, depende de se conseguir localizar domínios fraturados. No cristalino do semiárido brasileiro a produção dos poços é de ordem de 2m <sup>3</sup> /h. O cristalino, nas regiões úmidas do Sudeste brasileiro, apresenta-se recoberto por um manto de intemperismo e por conta de pluviosidade mais abundante é melhor distribuída, o manto de intemperismo e a zona fissurada são capazes de fornecer vazões bem maiores, com médias de 20m <sup>3</sup> /h.
<b>Rochas carbonáticas</b>	Ocorrem nas formas de calcário ou dolomitas. Apresentam significativa condutividade hidráulica produzida por fraturas resultantes de movimentos tectônicos, ao longo das quais a circulação de água subterrânea atua dissolvendo a calcita e a dolomita, formando os aquíferos cársticos, com grandes vazios que acumulam bastante água.

Fonte: Tucci, (2003), Manoel Filho, (2008b).

Os aquíferos também podem ser classificados em livre e confinado. Aquífero livre é aquele que está submetido à pressão atmosférica. Seu limite superior é a superfície freática, na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica. Geralmente nos aquíferos livres a área de recarga é toda a área do aquífero (FEITOSA et al., 2008). Iritani e Ezaki (2012), relatam a existência de caso especial de aquífero livre, denominado de aquífero suspenso, formado sobre

uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada. Esses aquíferos às vezes existem em caráter temporário, na medida em que drenam para o nível freático subjacente. Neste caso, um aquífero livre é encontrado abaixo desta unidade (Figura 3).



**Figura 3: Aquíferos livres e suspensos.**

Fonte: Teixeira et al., (2000)

Aquíferos confinados, também chamados de aquíferos sob pressão, são aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Toda espessura da camada do aquífero é saturada e há uma camada de confinamento acima, constituída por um material impermeável (FITTS, 2015). Ao ser perfurado um poço num aquífero confinado o nível d'água se eleva até a superfície piezométrica do aquífero. Os aquíferos confinados geralmente são de grande produção, pelo fenômeno chamado de artesianismo (TUCCI, 2004).

De acordo com Silva (2008) as formações permeáveis, como as areias e os arenitos, são exemplos de aquíferos, já um aquicludo é uma formação que pode conter água, até mesmo em quantidades expressivas, mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais, são praticamente impermeáveis, como as camadas de argila. Um aquitardo é uma camada ou formação semipermeável, tem o comportamento de uma membrana semipermeável através da qual pode ocorrer uma filtração vertical ou drenança. E, o chamado aquifugo, sendo uma formação impermeável que nem armazena nem transmite água.

## **2.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

A denominação de águas subterrâneas para as águas disponíveis dos subsolos foi considerada apropriada desde que a abordagem evoluiu das vazões de produção das obras de

captação ou dos poços tubulares para uma análise mais abrangente das suas condições de uso e proteção. Foi então considerado água que ocorre abaixo da superfície da terra como água do solo, da camada não saturada do subsolo e da sua zona não saturada. Quando uma camada aquífera apresenta grande espessura saturada, a sua função principal poderá ser de produção de água, a qual poderá ser extraída por meio de poços tubulares escavados ou qualquer obra de captação. Quando a camada aquífera apresenta espessura não saturada, torna-se possível praticar recarga artificial com excedentes de água de enchentes ou de estação de tratamento, para reuso urbano ou industrial não potável ou para constituir ofertas de estoque de água durante períodos de escassez. A água subterrânea da zona saturada constitui o manancial subterrâneo propriamente dito, objeto de estudos hidrogeológicos tradicionais (REBOUÇAS, 2006). As principais funções da água subterrânea podem ser observadas no Quadro 2:

**Quadro 2: Principais funções das águas subterrâneas.**

<b>Função Produção</b>	Corresponde à mais tradicional e consiste na perfuração de poços para extração de água subterrânea para consumo humano industrial ou irrigação.
<b>Função Transporte</b>	Consiste em utilizar os aquíferos para transportar água de zonas de recarga para compensar os efeitos da super extração noutras áreas, onde o uso da água subterrânea é intensivo.
<b>Função Estratégica</b>	Corresponde ao gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas de áreas metropolitanas, inclusive mediante práticas de recargas artificiais com excedentes da capacidade das estações de tratamento, os quais ocorrem durante os períodos de menor consumo, com infiltração de águas pluviais e esgotos tratados.
<b>Função Filtro</b>	Corresponde à utilização da capacidade filtrante e de depuração biogeoquímica do maciço natural permeável. Para tanto, os poços são implantados a distâncias adequadas dos rios, lagos reservatórios para extrair água naturalmente clarificada e purificada reduzindo substancialmente os custos dos processos convencionais de tratamento.
<b>Função Energética</b>	Corresponde a utilização de água subterrânea aquecida pelo gradiente geotermal como fonte de energia elétrica ou termal.
<b>Função Estocagem - Regularização</b>	Corresponde a utilização do aquífero para estocar excedentes de água que ocorrem durante as enchentes dos rios. Muito

	usada nas regiões de clima árido, onde é possível injetar excedentes sazonais de água de enchentes dos rios, de estações de tratamento de água, de reuso não potável de água nas cidades, indústrias e agricultura.
--	---

Fonte: Rebouças, (2006, 2008).

O uso da água subterrânea tem apresentado índices muito elevados em face das crescentes demandas e, também, por razões econômicas e estratégicas. Em todo o mundo, a captação de água triplicou nos últimos cinquenta anos. Estima-se que 20% das reservas subterrâneas são exploradas acima de sua capacidade de produção natural (CEBDS, 2015).

De acordo com Costa (2008) nos Estados Unidos, estimou-se entre 800 e 900 mil o número de poços perfurados por ano nesse período. Dados de 2009, apontavam que cerca de cento e quatro milhões, mais de um terço da população norte americana, utilizavam água potável de cento e trinta e nove mil sistemas públicos de abastecimento, cuja fonte de origem era água subterrânea (TOCCALINO et al., 2012).

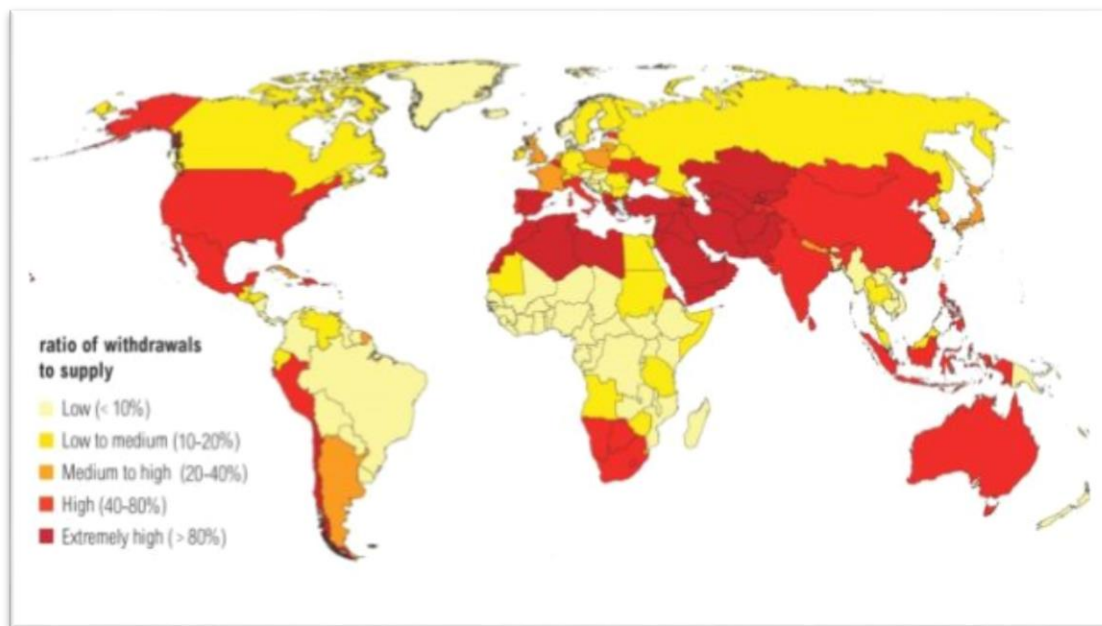
Muitos países da União Européia (70% a 80%) utilizam água subterrânea como fonte primária de abastecimento público (SANTOS, 2016). Alguns países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta usam exclusivamente água subterrânea para abastecimento humano. Em Baden-Württemberg, na Alemanha, 75% do abastecimento provém de água subterrânea; nos Estados Unidos, 50% da população utiliza água subterrânea como fonte primária no abastecimento e, na China, o uso chega até 72% na região Norte e a 66% na parte Noroeste, apesar de o uso ser de 20% no computo geral (ZHU; BALKE, 2008). Segundo a UNESCO (2012), os dez países que mais exploram água subterrânea são Paquistão, Irã, Bangladesh, México, Arábia Saudita, Indonésia, Itália e os três primeiros lugares são ocupados pela Índia, China e Estados Unidos.

Quando se trata de aquíferos transfronteiriços, as águas subterrâneas se tornaram objeto de disputa entre países devido à sua importância. Knechtel (2015) comenta que na década de 80, já ocorria dificuldades de negociação entre México e os Estados Unidos pelo uso e conservação dos aquíferos compartilhados por ambos os países. Com o aumento de casos de contaminação em águas superficiais e a tendência cada vez maior à escassez guiada pelas mudanças climáticas globais, esse tipo de conflito tende a ficar cada vez mais comum (HOUGHTON et al., 1996).

Estudos realizados por Freire (2002), apontaram que metade da Índia enfrentava graves problemas do excesso de bombeamento, com muitos lavradores sendo obrigados a abandonar

seus poços, ou perfurar cada vez mais fundo, elevando assim os custos e tornando a agricultura inviável para muitos, devido os agricultores retirar água mais rapidamente do que a natureza é capaz de repor. A exemplo de Gujarat que em certas partes, o lençol freático chegou a afundar até 6 metros por ano. O excesso de exploração dos lençóis subterrâneos vem ocorrendo em todo o mundo, para usos agrícolas, urbanos ou industriais. Foram executadas grandes retiradas a um ritmo insustentável no imenso reservatório subterrâneo no aquífero Ogallala pelos fazendeiros americanos. No Texas, uma terça parte dessa reserva já está praticamente esgotada. No norte da China, o lençol freático sob a planície na região agrícola está baixando sem cessar e o contínuo esgotamento das águas subterrâneas pode reduzir a produção de cereais da China e da Índia de 10 a 20% nas próximas décadas.

Estudos com projeções futuras estão sendo realizados, como o demonstrado na Figura 4, onde ilustra o cenário para o ano de 2040 com os países que terão maiores dificuldades de conferir segurança hídrica aos seus respectivos sistemas de abastecimento.



**Figura 4: Estresse hídrico por país, cenário de 2040.**

Fonte: World Resources Institute (2015)

A situação de estresse hídrico se caracteriza quando o consumo médio por habitante supera a oferta. O estresse hídrico é maior nas regiões que concentram maior população, não necessariamente nas mais secas (CARVALHO, 2018). De acordo com Rocha (2005) as principais atividades que demandam água são irrigação, abastecimento urbano e uso industrial.

### **2.3 HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL**

No Brasil, a captação da água subterrânea para abastecimento das populações vem sendo realizada desde os primórdios dos tempos coloniais, visto a existência dos cacimbões nos fortes militares, conventos, igrejas e outras construções dessa época. Entretanto, pelo fato das regiões economicamente mais desenvolvidas do Brasil terem abundantes recursos de água fluindo na superfície, desenvolveu-se uma cultura tecnológica que tem dado preferência às obras de captação nos rios (MANZIONE, 2015).

As ações desenvolvidas, em termos de hidrologia de águas subterrâneas no Brasil, se deram na metade do século XX concentraram-se na região Nordeste e ficaram praticamente restritas à perfuração de poços (MANOEL FILHO, 2008a). De acordo com o autor essa atividade esteve geralmente atrelada a programas ditos emergenciais de combate às secas e, contava-se com pouco conhecimento técnico e sem muita preocupação com a execução de estudos básicos para avaliação de recursos disponíveis e planejamento de uma política permanente de administração e uso da água a médio e longo prazo.

Os primeiros estudos foram conduzidos pelo IFOCS – Inspeção Federal de Obras Contra as Secas, posteriormente transformado de DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, esses órgãos conseguiram implantar infraestruturas de observações pluviométricas e hidrométricas que muito contribuí para o planejamento e a execução das grandes obras que foram realizadas (Dubreuil, 1964 citado por Manoel Filho 2008a).

Ainda segundo Manoel Filho (2008a) em 1960 com a criação do SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, começou estudos dos recursos naturais, dando início ao desenvolvimento da hidrogeologia brasileira. Os trabalhos de perfuração e a execução de produção de poços passou a ser conduzidas por especialistas na área, obedecendo a uma metodologia universal.

A descrição sobre a água subterrânea no Brasil é baseada, principalmente, nos resultados obtidos na elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil, na escala 1:5.000.000, publicado pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, em 1983, que por sua vez, foi elaborado com base nas análises de aproximadamente 20.000 poços tubulares. Os diferentes graus de investigação hidrogeológica no Brasil, para a década de 90 e até os dias atuais, indicaram que as áreas de cobertura de mapas hidrogeológicos não aumentaram substancialmente, porém, com relação ao conhecimento hidrogeológico nacional, houve certo progresso no grau geral e no de detalhe. Nesse estudo, constatou-se a concentração das informações hidrogeológicas na metade oriental do país, o que estaria de acordo com o quadro

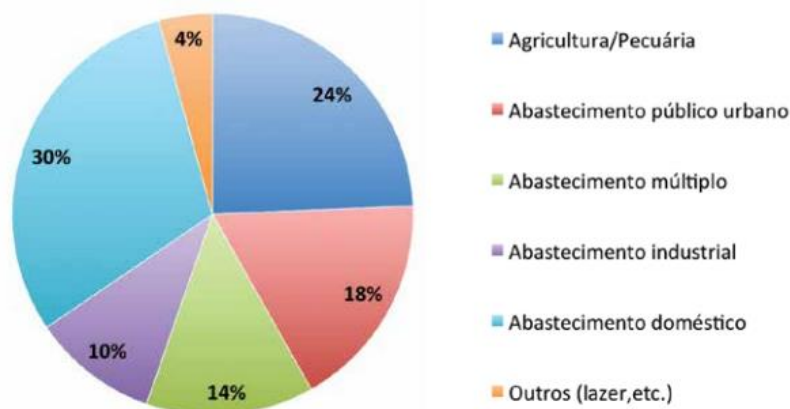


de ocupação do território nacional por seus habitantes. A metade ocidental – regiões Centro Oeste e Norte – estaria praticamente desprovida de dados hidrogeológicos (MENTE, 2008).

No Brasil, são perfurados entre 8.000 e 10.000 poços por ano, sendo a grande maioria para o abastecimento de indústrias. Nas últimas décadas a procura para o abastecimento público no país tem aumentado, sendo o estado de São Paulo o seu maior usuário, tendo cerca de 65% dos seus núcleos urbanos e 90% das suas indústrias abastecidas total ou parcialmente por poços. A cidade de São Sebastião no Distrito Federal, com 60.000 habitantes, é totalmente abastecida por água subterrânea através de poços profundos. No Vale do Guruguia/PI e em Mossoró/RN existem importantes plantações irrigadas com água de poços profundos nas culturas de uva e cítricos que são exportados para diversos países da Europa (FREIRE, 2002).

De acordo com Hirata et al., (2019) em regra geral as águas subterrâneas no Brasil continuam sendo extraídas por meio de poços tubulares (popularmente conhecidos como artesianos ou semiartesianos), poços escavados e de nascentes. Infelizmente, o número real de poços no país é desconhecido. Apesar da obrigatoriedade por lei do registro e/ou de autorização de extração (outorga) de água, o número de captações regulares é de pouco mais de 1%, no caso dos poços tubulares. A quantidade de água extraída ou o seu valor são mascarados por essa condição de clandestinidade e qualquer estudo que busque identificar o papel do recurso hídrico subterrâneo deve superar a falta de dados oficiais.

A partir de dados disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2018), foram estimadas as diversas atividades econômicas que mais necessitam utilizar as águas subterrâneas no país (Figura 5), sendo o seu uso distribuído entre atendimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%) e abastecimento múltiplo (14%), cujo destino é em grande parte diversificado para a prestação de serviços urbanos, (HIRATA et al., 2019).



**Figura 5: Perfil de usuários de água subterrânea no país.**

Fonte: CPRM (2018)

Dados de poços escavados e de nascentes são praticamente inexistentes. Por possuírem vazões baixas, essas captações foram desconsideradas nesse levantamento, embora seu número seja bastante expressivo. De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE (2017), somente para a zona rural brasileira, reporta que há aproximadamente 3 milhões de captações por poços escavados e nascentes. Esses tipos de captações constituem a principal fonte de água em regiões periurbanas sem rede de água, em povoados nas montanhas e serras e pequenas propriedades rurais. O número de poços tubulares foi baseado em projeções entre dados do Censo Agropecuário, que reporta que há pelo menos 1,03 milhão de propriedades rurais com pelo menos um poço tubular, e a conjuntura apresentada no SIAGAS, que mostra que há mais poços nas cidades do que no campo (CPRM, 2018). O valor considera a soma entre 1,5 milhões de poços tubulares urbanos, de vazões médias de 4 m<sup>3</sup>/h, 6 horas de operação (24 m<sup>3</sup>/dia) por 12 meses de funcionamento e 1 milhão de poços tubulares rurais, de vazões médias de 4 m<sup>3</sup>/h, 6 horas de operação e 6 meses de funcionamento, pois são usados para a irrigação preponderantemente (HIRATA et al., 2019).

A pesquisa elaborada (Tabela 1), demonstra que o total de água bombeada para os mais variados fins pelos mais de 2,5 milhões de poços tubulares supera os 17.580 Mm<sup>3</sup> /ano (557 m<sup>3</sup>/s) <sup>2</sup>, ou seja, volume que seria suficiente para abastecer a cada ano a população atual brasileira ou 10 regiões metropolitanas do porte de São Paulo, o equivalente a 217 milhões de pessoas (HIRATA et al., 2019).

**Tabela 1: Perfil de usuários de água subterrânea no país**

<b>Atividade econômica</b>	<b>% Uso</b>	<b>M<sup>3</sup>/ano</b>	<b>M<sup>3</sup>/s</b>
Agricultura/Pecuária	24%	4.219.200.000	134
Abastecimento público urbano	18%	3.164.400.000	100
Abastecimento múltiplo	14%	2.461.200.000	78
Abastecimento industrial	10%	1.758.000.000	56
Abastecimento doméstico	30%	5.274.000.000	167
Outros	4%	703.200.000	22
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>17.580.000.000</b>	<b>557</b>

Fonte: CPRM (2018).

Hirata et al., (2019) relata que alguns estados são mais dependentes das águas subterrâneas. Para o uso urbano, destacam-se os estados de São Paulo, Piauí, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Paraná. Já para o uso rural, o principal estado usuário de águas subterrâneas é

Minas Gerais, seguido de São Paulo, Bahia, Tocantins e Rio Grande do Sul. Essa estimativa evidencia que no Brasil inúmeras atividades econômicas utilizam e dependem das águas subterrâneas para suprir suas necessidades.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2013), o Brasil é um dos dez países com maior área equipada para irrigação, a prática é utilizada em 8,2 milhões de hectares. Essa área é preenchida por cultivo de arroz, café e cana, entre outros. Apesar do destaque mundial, a irrigação no País é considerada modesta frente ao potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica. O papel da irrigação no incremento da produção agrícola brasileira ainda é subestimado frente às potencialidades e aos resultados positivos que apresenta. Ocasionalmente desconhecimento se deve à carência de dados e informações e à falta de disseminação da atividade na sociedade brasileira (ANA, 2021).

Conforme o atlas da irrigação da ANA (2021), os métodos de irrigação podem ser agrupados de acordo com a forma de aplicação da água, destacando-se quatro métodos principais: irrigação por superfície, subterrânea, por aspersão e localizada. No método subterrâneo, a água é aplicada abaixo da superfície do solo, formando ou controlando o lençol freático, na região em que pode ser aproveitada pelas raízes das plantas.

Praticamente metade da água disponível em reservatórios no Brasil vai para irrigação. A ela se destinam 49,8% das águas brasileiras que estão nos em reservatórios e disponíveis para uso. Isso permite o plantio o ano todo em áreas carentes de água, como o melão no semi-árido brasileiro e a cana-de-açúcar no Centro-Oeste, onde a seca é sazonal (ANA, 2021).

Ainda consoante o atlas da irrigação (ANA, 2021), a expansão da agricultura irrigada em bacias hidrográficas com baixa implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e com vulnerabilidade entre oferta e demanda de recursos hídricos aumenta a possibilidade de que os usos se aproximem ou superem a oferta em determinado período do ano. Se agravando quando a disponibilidade de água ocorre abaixo do esperado, podendo transformar-se em situações de crise hídrica, provocando incertezas e tensionando a relação dos usuários estabelecidos na região e potencializando usos competitivos entre irrigantes e desses com outros setores usuários. Como resultado, já se observa que a maior parte das bacias hidrográficas com indicadores de criticidade quantitativa no Brasil tem como maior uso consuntivo a agricultura irrigada. Os conflitos ocorrem de forma intrassetorial (entre os irrigantes) ou com outros setores tais como o abastecimento urbano e a geração de energia. A criticidade ocorre devido às altas demandas da irrigação, mas também em regiões com

demandas moderadas, mas com baixa disponibilidade hídrica. Com elevado potencial de expansão e com a perspectiva de relevante aumento do uso da água para irrigação nos próximos 20 anos, é necessário um esforço crescente de planejamento e gestão.

As anomalias de evapotranspiração potencial e precipitação nos cenários de referência apontam para mudanças importantes na geografia do clima no Brasil em 2040, com tendência de impactos negativos sobre a agricultura (irrigada e de sequeiro). A perspectiva da ANA (2021) para o futuro é a de que até 2040 os números de hectares irrigados tenham um aumento de 4,2 milhões, o que representa 76% a mais de área. Porém, o uso da água crescerá somente 66%, não havendo espaço para o desperdício de água. A tendência para o futuro é ter o uso da água cada vez mais eficiente pela irrigação, ou seja, da modernização do setor.

## **2.4 A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL**

A importância das águas subterrâneas, e dos aquíferos, ficou mais evidenciada com o aumento da demanda e a diminuição da disponibilidade das águas superficiais, gerando o aparecimento de inúmeros conflitos relacionados a sua gestão e ao seu gerenciamento. A demanda é variável local e regionalmente, mostrando a necessidade de gestão e gerenciamento (HAGER et al., 2002).

De acordo com Garduño et al., (2006), a gestão das águas subterrâneas terá mais sucesso quanto maior for a participação do usuário. Adicionado a isso, outro importante fator é que esse usuário tenha também acesso à informação adequada dirigida a ele, para ser inserido em um ciclo no gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, onde o conhecimento se transforma em consciência e a conscientização por sua vez traz a ação que gera conhecimento (CONICELLI, 2014).

Segundo Kemper (2007), o usuário de água subterrânea que não tem o conhecimento sobre o seu recurso está menos disposto a abrir mão da sua vazão, mesmo que isso acarrete em problemas de superexploração. Para isso, são necessárias informações compreensíveis e confiáveis, promovendo assim a conscientização.

Conforme Costa (2001), existem especificidades na exploração das águas subterrâneas visando a necessidade de sua preservação, que mesmo sendo renovável, não apresenta uma recarga com a mesma velocidade da retirada. Dentre as especificidades o autor cita o licenciamento e outorga, que exige conhecimentos hidrogeológicos para se ter domínio da disponibilidade hídrica do aquífero, o controle da exploração, o controle dos desperdícios dos poços jorrantes, o controle da qualidade da água, tais como medidas para a proteção sanitária.

E para evitar a contaminação dos aquíferos, seria importante utilizar a cobrança pelo uso da água, operação e manutenção de poços, estabelecimentos de regras rígidas evitando assim a degradação do aquífero, e o monitoramento dos aquíferos iniciando com uma contínua atualização do cadastro de poços implantando um sistema de observação contínua em níveis e vazões de poços. E ainda fiscalização e sanções devem ser elaboradas a fim de garantir o cumprimento da lei específica (COSTA, 2001).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, art. 26 cabe aos Estados gerenciar de maneira integrada as águas superficiais e subterrânea. No âmbito federal a estrutura legal da gestão de recursos hídricos e o arranjo institucional para a sua operacionalização, estão em avançado estágio de implementação, tal fato não se reproduz nos Estados federados, pois embora tenham uma política de recursos hídricos aprovada em lei estadual, não dispõem em determinados aspectos, de um quadro regulamentar e um arranjo institucional adequado para a sua implementação (BOHN, et al., 2014).

Conforme Hirata et al., (2019), o uso das águas subterrâneas está condicionado à obediência de diversas formalidades legais que incluem:

- ✓ O registro do poço e a obtenção de autorizações no âmbito dos órgãos públicos (outorga de direito de uso de recursos hídricos, declaração de uso isento, licença de perfuração etc.);
- ✓ A possibilidade de cobrança pelo uso do recurso hídrico, se esse instrumento estiver implantado na bacia, e
- ✓ A necessidade de realizar monitoramento da qualidade da água. A inobservância das exigências legais pode gerar a responsabilidade ambiental do usuário, implicando, por exemplo, no pagamento de multas ou até no fechamento do poço. Por isso, antes de perfurar um poço, deve-se verificar as condicionantes legais com o órgão responsável pela gestão de recursos hídricos estadual.

Segundo a lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 a outorga é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (BRASIL, 1997), sendo ato administrativo mediante o qual o poder público, outorgante, faculta ao outorgado, o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato e deve ser obtida para todos os usos de recursos hídricos.

A exceção é para algumas formas de uso da água que podem ser consideradas de pouca expressão, no tocante à quantidade de água demandada frente à disponibilidade existente no local. Nesses casos, exclui-se a obrigatoriedade da outorga, mas não a responsabilidade de computar os usos e, portanto, de informar ao poder público federal ou estadual os valores

utilizados. Essas informações repassadas ao poder público são necessárias para a correta gestão dos recursos hídricos, pois o controle feito a partir das outorgas permite evitar conflitos entre usuários de recursos hídricos e assegurar o efetivo direito de acesso à água (ANA, 2011).

De acordo com o Atlas da Irrigação (ANA, 2021) a maior parte dos irrigantes capta água em mananciais gerenciados pelos Estados e o Distrito Federal (76% das interferências). Dentre os aspectos mais relevantes de aprimoramento das outorgas e cadastros para os irrigantes, pode-se destacar: automatização e digitalização do processo, sazonalidade da autorização, outorgas coletivas e preventivas, alocação e marcos regulatórios. A outorga procura ainda garantir que a quantidade de água requerida pelo irrigante seja compatível com a disponibilidade hídrica existente e com os demais usos atuais e futuros, tanto em escala local quanto de bacia hidrográfica. Sabe-se, por outro lado, que há grande espaço para melhorias e maior avanço na implementação desses instrumentos, bem como no fomento e na conscientização dos produtores.

Segundo Freire (2002), as atividades dos órgãos gestores são muitas, como administrar os múltiplos agentes utilizadores da água, conhecer a dinâmica muito distinta dos aquíferos, posicionar-se em relação aos conflitos existentes entre usuários e com a proteção ambiental e, principalmente, programar investimentos a médio e longo prazo para disponibilizar os recursos necessários de forma sustentada. O órgão gestor dos recursos hídricos necessita ter um conhecimento a respeito do comportamento hidrogeológico dos aquíferos e um banco de dados, com o cadastro de todos os poços existentes, abandonados ou em funcionamento, para facilitar a outorga.

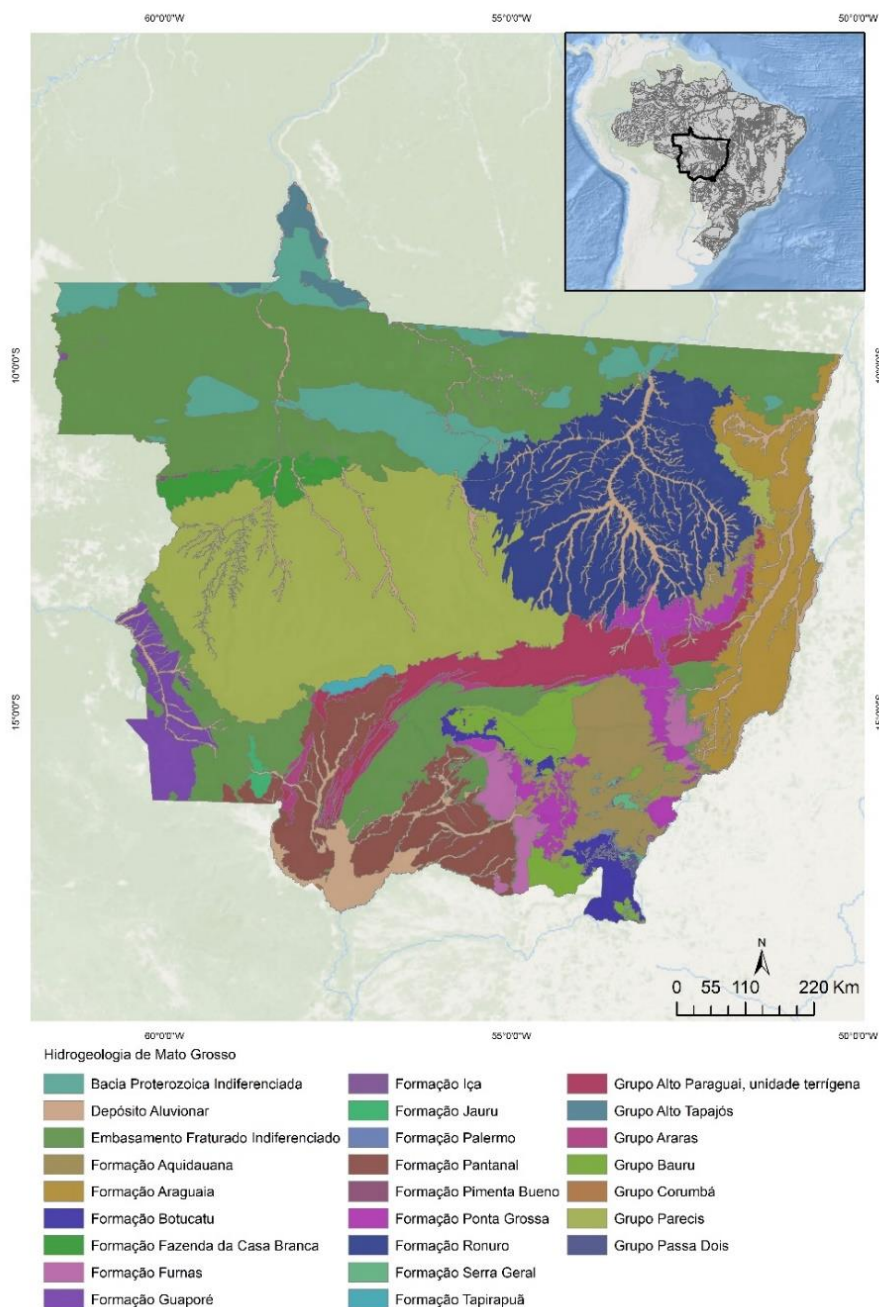
De uma maneira geral, o usuário que pretende solicitar a outorga para a construção de um poço por exemplo, deverá fornecer todos os dados referentes ao mesmo, como localização, aquífero explorado, profundidade, vazão, análise físico-química e bacteriológica, possíveis interferências com poços vizinhos, empresa perfuradora, etc. Estas informações são necessárias para análise do pedido pelo órgão gestor, ao qual caberá deferir ou não, após averiguar as condições da solicitação no âmbito da qualidade e da quantidade da água solicitada. O órgão gestor poderá solicitar alguma outra informação que julgar necessária para o encaminhamento da análise do pleito. Em alguns casos, já está previsto o período de tempo em que o órgão deverá responder à solicitação, sendo dado um prazo médio de sessenta dias contados a partir do pedido ou do fornecimento da última informação que eventualmente tenha sido pedida (FREIRE, 2002).

## **2.5 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MATO GROSSO**

### **2.5.1 Características das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso**

Entre os fatores que contribuem para a definição de uma província hidrogeológica destacam-se o geológico e o fisiográfico. O fator geológico é o mais importante, visto que a litologia, a estrutura e a tectônica controlam as condições de ocorrência, movimento e qualidade das águas subterrâneas. Em seguida vem o fisiográfico, compreendendo o clima, a morfologia, a hidrografia, os solos e a vegetação, os quais podem operar mudanças radicais nas condições da água do subsolo, favorecendo ou não a produtividade hídrica de uma determinada região (MENTE, 2008).

De acordo com Rebouças (2006), no contexto hidrogeológico do Brasil, Mato Grosso se insere na província Centro Oeste, onde compreende o domínio de aquíferos formados no manto das rochas cristalinas e metamórficas – entre 10 e mais de 100 m de espessura (Figura 6).



**Figura 6: Mapa Hidrogeológico de Mato Grosso.**

Fonte: CPRM (2014)

Ainda conforme o autor, local e ocasionalmente, as potencialidades hidrogeológicas desse setor são sensivelmente ampliadas pela ocorrência de zonas de rochas fraturadas em profundidade. Nesse contexto, poços bem localizados e construídos captam águas subterrâneas das zonas de rochas fraturadas e as águas são de excelente qualidade para consumo, salvo a presença ocasional e local de teores de ferro ligeiramente superiores aos limites de potabilidade.

Segundo Bomfim (2006), a região centro norte do Mato Grosso pertence aos domínios das Bacias Sedimentares (subdomínio - Bacia dos Parecis) e das formações Cenozoicas



Indiferenciadas (subdomínio - Ronuro), ambas consideradas como contendo unidades geológicas de alta a média favorabilidade hidrogeológica.

De acordo com Magalhães (2015), o Estado divide-se em dois Domínios Aquíferos: o Domínio Poroso (Granular e Dupla Porosidade) com porosidade intergranular e o Domínio Fraturado (Fissural e Físsuro-Cárstico) com porosidade fissura.

Migliorini et al., (2006), propôs a divisão hidrogeológica do estado de Mato Grosso em Províncias Hidrogeológicas, onde o Grupo Parecis é denominado de Província Parecis. O Grupo Parecis aflora entre as cidades de Vilhena-RO (oeste), Brasnorte-MT (leste) e Alto Paraguai-MT (centro sul). Ocupa uma área aproximada de 160.201 km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 17,7% da área total do estado de Mato Grosso (CPRM, 2012). A Província Parecis constitui um aquífero livre em meio poroso com volume estocado estimado em 2.731.080 m<sup>3</sup> e vazão específica média de 2 m<sup>3</sup> /h/m. As rochas desta unidade, possuem idade juro-cretácea e contém os seguintes aquíferos: Formação Salto das Nuvens e Formação Utiariti.

O aquífero Salto das Nuvens representa a seção basal do Grupo Parecis, é um aquífero do tipo livre em meio poroso, possui extensão regional e espessura variada, onde as melhores condições de exploração estão geralmente associados aos conglomerados e aos arenitos (MIGLIORINI et al., 2006). Estende-se pela porção central do estado de Mato Grosso. O município de Nova Mutum detém a maioria dos poços instalados, com 29,6%, seguido por Feliz Natal, com 14,0% Estes poços apresentam profundidades desde 10 a 152 m (CPRM, 2012). Os poços apresentam vazões que variam entre 18 e 50 m<sup>3</sup>/h, com rebaixamentos de 25 metros (MIGLIORINI et al., 2006). As maiores vazões concentram-se nos municípios de São José do Rio Claro e Tapurah, e as menores, em Sorriso. Os níveis estáticos variam entre 2 e 51 m, com média regional de 17 m (CPRM, 2012).

O aquífero Utiariti corresponde à seção superior do Grupo dos Parecis. Geralmente está coberto por sedimentos inconsolidados. É considerado um dos principais aquíferos do estado, caracterizado como do tipo livre em meio poroso, de extensão regional, sua litologia proporciona boas condições de armazenamento e circulação das águas subterrâneas (MIGLIORINI et al., 2006). Distribui-se pela porção centro oeste do Mato Grosso, entre os municípios de Juína, Brasnorte, Sapezal, Campos de Júlio, Comodoro, Tangará da Serra, Campo Novo do Parecis, Nova Lacerda, Barra do Bugres e Pontes e Lacerda. Registram-se ainda ocorrências na porção leste do estado, nos municípios de São José do Rio Claro, Diamantino e até Paranatinga, este já mais próximo das cabeceiras do rio Xingu (CPRM, 2012).

Em levantamentos elaborados pelo SIAGAS (CPRM, 2012) demonstram que os poços da região apresentam profundidades entre 55 e 180 m e conforme Ribeiro (2009) apresentam

vazão de máxima e mínima de 1,12m<sup>3</sup>/h a 13,8m<sup>3</sup>/h, com rebaixamento de 0,44 m a 13 m. Os níveis estáticos variam entre 6 e 78 m, com média de 31 m. As maiores vazões se concentram na região sudoeste da formação (Campos de Júlio), enquanto as menores estão nas regiões de São José do Rio Claro e Campo Novo do Parecis (CPRM, 2012). Com base em seus estudos Lussi (2013), conclui que o Aquífero Utiariti é capaz armazenar e liberar grandes volumes de água.

A posição estratigráfica da unidade aquífera Ronuro garante a importante função de recarga dos aquíferos subjacentes, além da alimentação do sistema hidrológico do alto Xingu. Segundo informações do banco de dados do SIAGAS, os poços instalados na região, apresentam profundidades variando entre 18 e 140 m, totalizando mais de 6000 m perfurados no aquífero. As vazões de exploração variam entre 1 e 105 m<sup>3</sup>/h e média de 10,42 m<sup>3</sup> /h, com vazão específica regional em torno de 1,5 m<sup>3</sup>/h/m. As maiores vazões concentram-se na região de Sinop, enquanto as menores concentram-se nas regiões dos municípios de Querência e Cláudia. Os níveis estáticos variam entre 1 e 32 m, com média por volta de 13 m de profundidade. Em 2010, pesquisas feitas pelo SIAGAS dos poços que estão na da área do aquífero, estimou que 59,3% estão voltados ao abastecimento doméstico, 18,6% ao abastecimento urbano, e 17,0% ao abastecimento industrial (CPRM, 2012).

Ainda de acordo com CPRM (2012), pela indefinição das espessuras do aquífero Ronuro, não é possível afirmar que todos os poços posicionados na área de ocorrência deste realmente aproveitam suas águas. É provável que poços com profundidades acima de 100 m tenham interceptado outras unidades aquíferas, como aquelas associadas ao Sistema Aquífero Parecis.

A Formação Furnas é a unidade basal da Bacia Sedimentar do Paraná, possui uma considerável extensão, iniciando-se a oeste da cidade de Chapada dos Guimarães indo até a divisa dos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, com espessura média de 337 metros (MIGLIORINI et al., 2006). Essa formação é um dos principais aquíferos do estado de Mato Grosso, possui excelentes condições de armazenamento e circulação das águas subterrâneas, por apresentar porosidade primária (porosidade intergranular) e porosidade secundária (porosidade nas fraturas). Predominam condições de aquífero do tipo confinado, de extensão regional, porém, na porção sul do estado de Mato Grosso, entre os municípios de Itiquira e Rondonópolis, onde ocorrem suas áreas de afloramento, e conseqüentemente, recarga direta, caracteriza-se com o aquífero do tipo livre e de extensão regional (MIGLIORINI et al., 2006).

Os poços perfurados nesta formação são parcialmente penetrantes, apresentam vazões de média a alta, e com rebaixamento de 30m. As águas subterrâneas são de boa qualidade físico-

química, podendo ocorrer concentrações de ferro. Possui importância hidrogeológica alta no Estado (MIGLIORINI et al., 2006). E é conhecida por apresentar os fenômenos de termalismo e artesianismo, que representam divisas econômicas em torno do turismo, utilizando as águas quentes para prática de lazer e recreação. Essas atividades poderão ser inviabilizadas, como já acontece em alguns casos, pela redução do termalismo ou artesianismo, principalmente em função do desperdício, onde poços jorram 24 horas por dia, levando o aquífero a sofrer contínuo rebaixamento potenciométrico (SILVA, MIGLIORINI, 2014).

### **2.5.2 Uso das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso**

O crescimento populacional do estado de Mato Grosso ocorreu a partir da utilização de recursos naturais, predominou no início do extrativismo mineral, e posteriormente, o extrativismo vegetal. E vem passando por um processo de ocupação sustentado principalmente pela agricultura e pecuária (MIGLIORINI, 2000). O modo de ocupação desta região favoreceu a instalação de grandes latifúndios que possuíam condições econômicas para desenvolver a tecnologia necessária para a exploração do cerrado cujas principais características eram a topografia plana, que favorecia a mecanização, e os solos ácidos deficientes em nutrientes, que necessitavam de produtos químicos. Assim, o rápido crescimento das áreas de agricultura em Mato Grosso introduziu a monocultura com lavouras altamente dependentes de insumos químicos, incluindo pesticidas. Devido aos processos naturais de movimento das águas superficiais é provável que resíduos destes produtos sejam transportados para compartimentos de acumulação no ambiente, contaminando recursos hídricos importantes, dentre elas as águas subterrâneas (DORES, DE-LAMONICA-FREIRE, 2001).

Deste modo, a demanda por recursos hídricos subterrâneos na região cresceu exponencialmente na última década, contudo pouco se investiu em pesquisas neste seguimento. Algumas projeções sobre a capacidade do Sistema Aquífero Parecis por exemplo, o apontam, quanto ao aspecto produtivo, como o de melhor potencial hidrogeológico no estado de Mato Grosso, porém pouco se conhece realmente acerca deste sistema (SILVA, 2013).

No estado de Mato Grosso, a partir do ano de 2000, a responsabilidade pela prestação dos serviços de abastecimento de água e pelo saneamento foi transferida do estado para os municípios. No novo cenário descentralizado, cada município do estado de Mato Grosso absorveu, à sua maneira, os novos serviços, e cada qual optou pelo modelo que julgou mais conveniente às suas necessidades: concessão ao setor privado, prestação pela administração direta do município, criação de autarquias, companhias municipais, dentre outros (CPRM, 2012).

Levantamentos feitos nesse período a partir dos poços cadastrados no SIAGAS, demonstrou a presença de muitas prefeituras dentre a diversidade de proprietários de poços. Do total de 275 poços perfurados na região de ocorrência dos aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti, 64% estão voltados ao abastecimento doméstico, 17% ao abastecimento urbano, e 13% ao abastecimento industrial, destacados como os três principais usos. Os usos minoritários correspondem a abastecimento múltiplo (1,09%) e pecuária (0,36%), sendo que 0,72% dos poços estão desativados ou abandonados. Desse percentual regional, verificou-se que o aquífero Salto das Nuvens é o mais explorado, seguido pelo Utiariti (CPRM, 2012).

O planejamento e a gestão de uso e ocupação do solo, por meio da restrição e fiscalização das atividades antrópicas, é uma das estratégias de proteção das águas subterrâneas e pode ser focada na proteção geral de um aquífero, identificando áreas mais vulneráveis à contaminação, de forma a promover um controle regional do uso do solo em toda a sua extensão, sobretudo na zona de afloramento. Portanto, no planejamento de uso do solo e na gestão ambiental de territórios, diante das mais diversas atividades antrópicas, a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos à poluição apresenta-se como um importante subsídio (MINGOTI, SPADOTTO, 2016).

### **2.5.3 Legislação e gestão das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso**

De acordo com a lei estadual n. 9612 de 12 de setembro de 2011 (MATO GROSSO, 2011), é de responsabilidade da Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA promover o gerenciamento das águas subterrâneas, realizando o cadastramento dos poços, implantação de sistemas de outorga e a implantação de programas permanentes de conservação e proteção dos aquíferos. Cabe à SEMA, juntamente com o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CEHIDRO, o estabelecimento da escala de prioridades de atendimento quando houver restrição à extração de águas subterrâneas oriundo da escassez ou prejuízos causados pelos aproveitamentos. O Plano Estadual de Recursos Hídricos foi lançado em setembro de 2009 e quanto às águas subterrâneas traz, em suas diretrizes, projetos para realização de campanhas de adequação técnica das obras de captação de águas subterrâneas (poços tubulares) e implantação do programa de monitoramento da qualidade desse recurso (RAMOS, 2015).

Desta forma, dependem de outorga para águas subterrâneas aqueles usuários que necessitam a captação de água acima de 10m<sup>3</sup>/dia. Independem de outorga os usuários que necessitam retirar até 10m<sup>3</sup>/dia, consideradas como captações insignificantes (cadastros) e pequenos núcleos populacionais rurais (SALGADO, COSTA, 2017). De acordo com a

Resolução SEMA Nº 90 de 13 de abril de 2017 (SEMA, 2017), as captações subterrâneas escavadas manualmente, tais como cacimbas, cisternas, poços caipiras ou amazonas, estão dispensados de cadastro e outorga. E de acordo com lei estadual nº 10669 de 16 de janeiro de 2018, estão isentos de outorga de água subterrânea as captações utilizadas pra piscicultura com até 5 ha de lâmina de água. A outorga em Mato Grosso é solicitada na Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SURH/SEMA, quando se refere aos rios de domínio estadual e às águas subterrâneas, que direciona à Gerência de Água Subterrânea – GASUB, responsáveis pelas análises das solicitações de Autorização de Perfuração de Poços, Outorga e Cadastro de Captação Insignificante na secretaria.

Conforme a Lei Estadual nº 9.612 de 12/09/2011 (MATO GROSSO, 2011), quem pretender perfurar poço tubular no estado de Mato Grosso, deverá protocolar na SEMA projeto de perfuração que conterà obrigatoriamente os dados solicitados no termo de referência disponibilizados pela SEMA. Os poços e outras obras de captação de águas subterrâneas deverão ser dotados de dispositivos que permitam a coleta de água na boca do poço, tubo guia para medida de nível da água e laje de proteção sanitária. O projeto de obra de captação passará por uma análise técnica com vistas à autorização da perfuração. Após a análise do projeto, a SEMA publicará no Diário Oficial do Estado o deferimento ou não da autorização de perfuração. Concluída a obra, o responsável técnico deverá solicitar à SEMA a outorga do direito de uso da água subterrânea. Juntamente com o requerimento de solicitação da outorga, deverá ser apresentado o relatório hidrogeológico, conforme modelo específico a ser fornecido pela SEMA, de forma a possibilitar a emissão ou não da respectiva outorga. O requerimento para renovação da outorga deverá ser apresentado com antecedência mínima de 90 (noventa) dias do término de sua validade. Para que a SEMA possa monitorar a vazão outorgada das águas subterrâneas, fica o outorgado obrigado a instalar e manter dispositivo de medição de vazão na saída da tubulação redutora do poço tubular.

E de acordo com a Instrução Normativa SEMA nº. 5 de 22 de agosto de 2017 (SEMA, 2017), em cumprimento ao princípio previsto em lei, o empreendedor dará publicidade aos pedidos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, por meio de publicação no Diário Oficial do Estado de Mato Grosso e deverão ser publicados em forma de extrato.

O Decreto Estadual nº 336/2007, regulamenta a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, dispõe dos usos sujeitos à outorga, e cita a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo (MATO GROSSO, 2007).

A Política Estadual de Recursos Hídricos através da Lei Estadual nº 6945, de 05 de novembro de 1997, foi reeditada pela Lei nº 11.088, de 09 de março de 2020 onde dispõe sobre as diretrizes básicas da Política Estadual de Recursos Hídricos, e gerenciamento dos recursos hídricos, particularmente a integração das águas superficiais e subterrâneas. E ainda dispõe sobre os objetivos do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos, que visa reunir, dar consistência e divulgar dados e informações sobre as situações qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos do Estado, e são princípios básicos para o seu funcionamento, a descentralização da obtenção e da produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e a garantia de acesso a dados e informações a toda a sociedade (MATO GROSSO, 2020).

## 2.6 SISTEMAS DE GESTÃO DE OUTORGAS DE RECURSOS HÍDRICOS NOS ORGÃOS ESTADUAIS BRASILEIROS

As legislações estaduais no que se referem à gestão de recursos hídricos de uma forma geral são semelhantes entre si em muitos aspectos como, por exemplo, no que diz respeito aos usos que dependem e independem de outorga. E, no que diz respeito às águas subterrâneas, cada Estado dispõe de procedimentos e formulários próprios, com diferentes ferramentas para viabilizar essas outorgas, conforme exposto no Quadro 3:

**Quadro 3: Sistemas de gestão de outorgas nos órgãos ambientais dos estados do Brasil.**

Estados	Sistema de gestão			Sistema de informação	
	Sistema online	Cadastro de uso insignificante de água	Autorização para novos poços	Acesso público aos dados de outorgas	Sistema de informações geográficas de outorgas
RS	X	X	X	X	X
PR	X	X	X	X	X
SC					
SP	X	X	X		X
MG	X	X	X	X	X
RJ	X		X	X	
ES	X	X	X	X	
DF					X
GO	X	X	X		
MS	X	X	X		X
MT				X	
BA	X	X	X		
SE					
AL				X	
PB	X	X	X		X
PE					

<b>RN</b>					
<b>CE</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>MA</b>					
<b>PI</b>					
<b>PA</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>AM</b>					
<b>TO</b>					
<b>AC</b>					
<b>RO</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	
<b>RR</b>					
<b>AP</b>					

Fonte: Produção própria (2021).

Analisando a documentação existente para os diferentes estados podemos afirmar que os estados que possuem um sistema online são: Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Ceará, Pará. Estados que ainda não possuem sistema online são Santa Catarina, Distrito Federal, Mato Grosso, Sergipe, Alagoas, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Maranhão, Piauí, Amazônia, Tocantins, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá,

Com relação ao Cadastro de uso insignificante e Autorização de perfuração de novos poços, as solicitações via sistema são realizados nos estados de Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Paraíba, Ceará, Pará e Roraima. Nos demais estados são feitos de forma presencial, com exceção dos estados de Pernambuco que são feitas através de solicitação via e-mail, e do Rio de Janeiro tendo as solicitações do cadastro de uso insignificante feita através do e-mail mas a solicitação para Autorização de perfuração é feita via sistema.

Os acessos públicos aos dados de outorga são disponibilizados em formato CSV (texto) nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. No Rio de Janeiro, Espírito Santo, Alagoas, Rondônia, são em formato de planilhas (XLS). Em Minas Gerais são disponibilizados em KLM/Shapefile e XLS. Em Mato Grosso está disponibilizado como Portarias em PDF no site da Secretaria. E no Pará está disponibilizado via web. Nos demais estados não foi encontrado a informação de acesso a esses dados.

Verificou-se que os estados que possuem os dados de outorga de águas subterrâneas disponíveis em um sistema de informações geográficas, são Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Paraíba e Pará.

Mato Grosso é um dos estados ainda não tem um sistema online de cadastramento e solicitação de outorgas, devido não ter implementado o Sistema de Informação. De acordo com

o termo de referência disponibilizados pela secretaria, o tramite inicial do processo é a publicação em diário oficial da solicitação da autorização, ou da outorga, em atendimento ao princípio legal da publicidade. Após o protocolo dos demais documentos necessários no órgão, o processo é enviado para análise e publicado posteriormente em Diário Oficial, quando se tratar da outorga este estará disponibilizado em PDF no sistema da SEMA chamado de Atos de Outorgas. Para captação de uso insignificante, a outorga é dispensada, mas é necessário realizar o cadastro. De acordo com o termo de referência este é um procedimento mais simplificado, onde é protocolado o requerimento, que posteriormente será analisado no setor e após, também será publicado em Diário Oficial. Todos os requerimentos devem ser protocolados presencialmente no órgão, seguindo a orientação dos termos de referências.

Nos congressos promovidos pela ANA (2019), diferentes entes federados relatam acerca das dificuldades encontrados pelo órgão gestor, e afirmam a necessidade de estruturar o Sistema de Informações de Recursos Hídricos – SIRH, congregando os inúmeros bancos de dados existentes no estado, e destacam a necessidade de um sistema que vise automatizar a análise de outorgas e disponibilizar online os dados sobre o sistema. Verificou-se que na atualidade somente oito Estados possuem os dados de outorga de águas subterrâneas disponíveis de forma visualmente dinâmica, como em um sistema de informações geográficas. Apesar disso, a maioria dos entes federados que não possuem um SIG ou que não possuem camadas representando os dados de uso de águas subterrâneas estão mobilizando-se para construir as ferramentas, demonstrando assim uma tendência.

Entre os principais desafios apontados durante as oficinas, (ANA 2021), estão a necessidade de um banco de dados organizado e bem estruturado com padronização, previamente à implantação de um sistema de decisão para a outorga, e a unificação das bases de dados hidrológicas e geoespaciais, visando gerar informações mais harmônicas entre os entes, União e Estados.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Mato Grosso situa-se na região Centro-Oeste do Brasil, com uma superfície de 903.357 km<sup>2</sup> equivalente a 10,55% da área do território nacional e a população estimada é de 3.567.234 (IBGE, 2021). O clima da região é tropical. A característica desse tipo de clima é uma estação bem definida, com invernos secos e verões chuvosos, que podem durar até seis meses (MATO GROSSO, 2020).

De acordo com IBGE (2021), o estado de Mato Grosso possui 141 municípios distribuídos em cinco mesorregiões: Norte composto por 55 municípios, Nordeste composto por 25 municípios, Sudoeste composto por 22 municípios, Centro Sul composto por 17 municípios e Sudeste composto por 22 municípios (Figura 7).

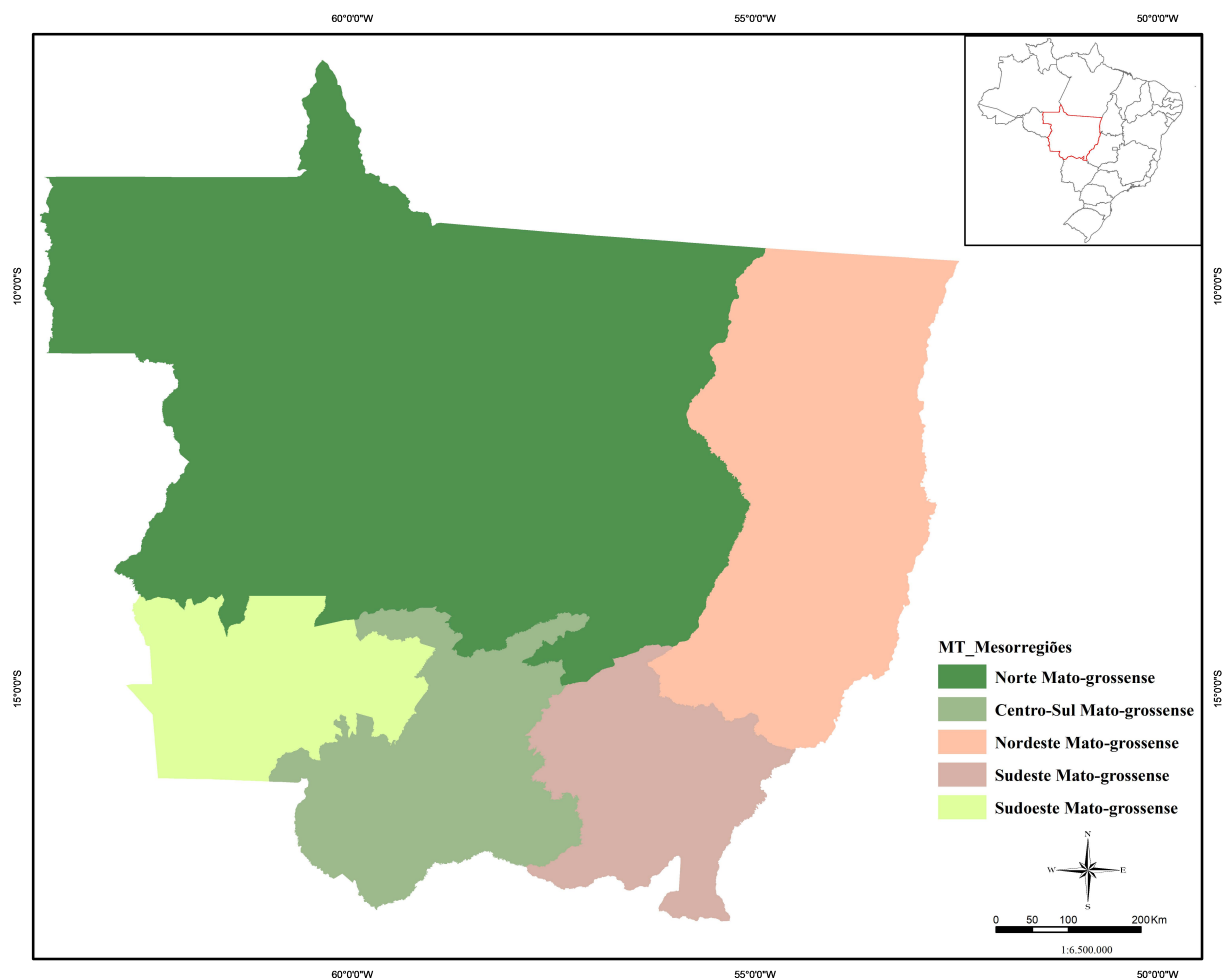


Figura 7: Localização do estado de Mato Grosso e mesorregiões.

Adaptado de: IBGE (2020)

O estado de Mato Grosso apresenta uma grande diversidade de fauna e flora. O relevo apresenta planaltos, chapadas e planícies (PEREIRA, SANTOS, NEVES, 2020). Possui três dos principais biomas do país: Floresta 52,16%, com 472.990,47 km<sup>2</sup>, Cerrado 40,80% com 369.977,22 km<sup>2</sup> e Pantanal 07,04% com 63.839,20 km<sup>2</sup>. É caracterizado por ser um exportador de águas e abriga dentro dos seus limites uma grande disponibilidade hídrica, onde se situam as importantes nascentes das três maiores bacias hidrográficas brasileiras, a Região Hidrográfica Amazônica (65,7%), a Região Hidrográfica do Paraguai (19,6%) e a Araguaia-Tocantins com (14,7 %) (SEMA/MT, 2019).

Com o desmembramento da parte Sul do estado de Mato Grosso para a criação do estado de Mato Grosso do Sul em 1977, o estado do Mato Grosso passou a ganhar notoriedade a partir da década de 1970, com a inserção do Plano de Integração Nacional – PIN, realizado pelo governo militar cujo objetivo visava integrar o interior ao restante do país, incentivando a colonização dirigida e a agricultura. As características de clima, relevo, solo e vegetação são fatores que contribuíram de forma direta para a expansão da cultura do plantio de soja no Estado. A apropriação de tecnologias que permitiram o uso dos solos dos cerrados para a atividade agrícola em larga escala e adaptação de variedades a fotoperíodo de baixas latitudes (dias longos), criaram um novo potencial agrícola para região. Isto possibilitou que o Estado se desenvolvesse nos setores da agricultura e pecuária ganhando destaque no cenário nacional. Atualmente, o Estado é o líder em produção de commodities agrícolas, tendo a soja como um dos principais produtos de exportação, fazendo Mato Grosso manter uma liderança na produção e de qualidade de grãos a frente das outras regiões do país (FERNÁNDEZ, 2007, PEREIRA, SANTOS, NEVES, 2020).

## **3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **3.2.1 Classificação da pesquisa**

A pesquisa é de natureza aplicada, pois possibilita a aplicação do método para a gestão das águas subterrâneas no estado de Mato Grosso. É classificada como exploratória, e apresenta abordagem quantitativa-qualitativa, pois as informações e resultados empregados foram medidas padronizadas e sistemáticas, facilitando a comparação e a análise dos dados, ao mesmo tempo que permitiu-se compreender a complexidade e os detalhes das informações obtidas (LAKATOS, MARCONI, 2001, NASCIMENTO, SOUSA, 2016). Já os procedimentos de pesquisa basearam-se na pesquisa experimental, pois de acordo com Gil (2017), inclui

essencialmente a determinação do objeto de pesquisa, a seleção de variáveis que podem afetá-lo e a definição da forma de controlar e observar o impacto das variáveis no objeto.

### **3.2.2 Etapas da pesquisa**

Visando entender o problema, verificar as premissas e atingir os objetivos propostos a pesquisa se organizou em três grupos de procedimentos metodológicos: a exploração, por meio de revisão bibliográfica, dos conceitos sobre água subterrânea, a sua utilização no mundo e no país, com o intuito de obter conhecimento a respeito da função, importância e exploração dos aquíferos e construir um arcabouço teórico/metodológico capaz de contribuir para um planejamento sensível a função de gestão das águas; organização dos dados e a definição da ferramenta mais adequada para o desenvolvimento do software; elaboração do software propriamente dito a partir de um conjunto de dados geoespaciais, apresentação das principais etapas, conclusões e análises da pesquisa.

### **3.2.3 Procedimentos da pesquisa bibliográfica**

A primeira abordagem metodológica da pesquisa, inclui a construção do referencial teórico-metodológico, inicialmente buscou-se conhecer o estado da arte em relação à gestão das águas subterrâneas no mundo, no Brasil e em Mato Grosso, nos mais diversos artigos científicos, teses, dissertações e em livros de autores especializados na área das águas subterrâneas.

Para a construção de um levantamento bibliográfico estruturado e pesquisável centrado no tema abordado, as pesquisas acadêmicas foram elaboradas visando encontrar fundamentos teóricos confiáveis. Para tanto utilizou-se os sites de pesquisas acadêmicas Scielo, Portal da CAPES, Academia.Edu, Science.gov, E-journals, Redalyc, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e Google acadêmico, utilizando como palavras chaves: recursos hídricos, águas subterrâneas, Mato Grosso, legislação sobre recursos hídricos, mapas, internet, software livre.

A revisão bibliográfica foi elaborada a partir de um processo que incluiu análise preliminar, seleção dos artigos e análise bibliográfica e de conteúdo, obtendo o seguinte portfólio descrito no Quadro 4:

**Quadro 4: Processo de revisão de leitura.**

<b>Artigos encontrados</b>	540 ARTIGOS
<b>Artigos eliminados</b>	320 ARTIGOS
<b>Leitura dos títulos</b>	220 ARTIGOS
<b>Leitura dos resumos</b>	130 ARTIGOS
<b>Leitura e análise de conteúdo</b>	71 ARTIGOS
<b>63 ARTIGOS SELECIONADOS</b>	

Fonte: Produção própria (2021)

### **3.2.4 Organização dos dados e definição da ferramenta**

Durante a etapa da revisão da literatura fez se também a requisição junto a secretaria do Estado dos dados das outorgas dos poços, onde foi possível confirmar a viabilidade do trabalho, uma vez que o órgão exige ao empreendedor a localização geográfica do poço.

A partir dos dados de outorgas recebidos do órgão ambiental foram analisados a quantidade de registros, a qualidade dos dados e a possibilidade de espacialização dos registros individuais presentes.

Nas planilhas de dados foram identificadas as entidades que devem ser mapeadas e os campos que deveriam ser inseridos ou descartados, e utilizando o próprio software Excel foi possível realizar a primeira transformação dos dados tabulares de latitude e longitude em um formato padronizado para o sistema de informação geográfica.

Tendo as planilhas de dados padronizadas com os campos de espacialização foi possível a importação para um software especializado em informações geográficas (QGIS) que permitiu a primeira visualização dos dados em formato espacial, já dando uma ideia de como poderia ser apresentado na solução final.

A idealização de mapeamento de águas subterrâneas do estado de Mato Grosso se deu a partir da informação de que no estado ainda não existe plataformas digitais referente ao recurso hídrico subterrâneo. Em contato com uma empresa que tem experiência em projetos de geotecnologias foi apresentada o problema e então foi pensando em soluções de como poderia ser feito o produto.

Foi desenvolvida uma ferramenta genérica de publicação de mapas, que foi usada como base para o desenvolvimento do software de mapeamento de poços, utilizando os dados de outorga e cadastro de poços da SEMA/MT.

### 3.2.5 Dados dos poços cadastrados e outorgados

Constatou-se que no estado de Mato Grosso, o licenciamento ambiental não é integrado com a solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Assim sendo, mesmo que os pedidos desses processos sejam realizados em um balcão único do setor de protocolo da SEMA, os diferentes processos são encaminhados para diferentes superintendências e equipes distintas. Os processos de outorga de direito de uso de recursos hídricos são analisados pela Superintendência de Recursos Hídricos. Para captação de recursos hídricos subterrâneos, o usuário deve solicitar a autorização de perfuração de poço com antecedência, já que a autorização é necessária para solicitar a outorga de direito do uso de recursos hídricos subterrâneos (MMA, 2018).

No Estado os dados dos poços perfurados estão sob a responsabilidade da Gerência de Águas Subterrâneas – GASUB vinculado a Superintendência de Recursos Hídricos da SEMA, responsável por promover o controle das atividades que demandam a utilização de recursos hídricos, na forma do regulamento, e emissão da outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado.

Em resposta a requisição dos dados de outorga de recursos hídricos subterrâneos à SEMA, a Superintendência de Recursos Hídricos proveu uma planilha no formato Excel (.xls) contendo os dados de cadastro e outorga de águas subterrâneas de sua competência. Inicialmente foi obtido os dados em dezembro de 2019 e posteriormente foi solicitado novamente e obtido os dados de outubro de 2020, sendo este último escolhido por conter informações mais atualizadas, com 10.182 registros.

Foram retiradas algumas das colunas da planilha em que os dados eram escassos ou em sua maioria vazios para manter a consistência e permitir um maior controle da informação na criação do protótipo do software. Também foram retiradas as colunas que possam explicitar os dados de outorga dos poços assim como os dados dos analistas responsáveis do órgão ambiental a fim de preservar a privacidade e evitar quaisquer vazamentos de dados pessoais não autorizados. A estrutura da planilha, descrevendo as colunas, tipos de dados e a indicação da publicação ou supressão das informações na versão definitiva planilha é demonstrada no Quadro 5:

**Quadro 5: Campos da tabela de cadastro e outorga cedida pela SEMA/MT.**

COLUNA	TIPO	PUBLICADO
EMPREENDEDOR	TEXTO	NÃO
CPF/CNPJ	TEXTO	NÃO
PROTOCOLO SAD Nº	TEXTO	NÃO

PROTOCOLO DATA	DATA	SIM
PROTOCOLO ENTRADA GASUB	DATA	NÃO
PROTOCOLO ANO	DATA	NÃO
CATEGORIA	TEXTO	SIM
CAPTAÇÃO	TEXTO	SIM
FINALIDADE	TEXTO	SIM
MUNICIPIO	TEXTO	SIM
REGIÃO	TEXTO	NÃO
PORTARIA Nº	TEXTO	SIM
DATA DA PUBLICAÇÃO	DATA	SIM
VALIDADE	DATA	SIM
VAZÃO (m³/h)	NÚMERO	SIM
H/DIA	NÚMERO	SIM
PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	NÚMERO	SIM
TIPO	TEXTO	SIM
NE (m)	NÚMERO	SIM
ND (m)	NÚMERO	SIM
PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA	TEXTO	SIM
UPG	TEXTO	SIM
RELATÓRIO DE MONITORAMENTO	TEXTO	NÃO
VISTORIADO	TEXTO	NÃO
IDOSO/PRIORIDADE	TEXTO	NÃO
SITUAÇÃO / LOCALIZAÇÃO	TEXTO	SIM
LAT.GRAUS (S)	NÚMERO	NÃO
LAT. MÍN. (S)	NÚMERO	NÃO
LAT. SEG. (S)	NÚMERO	NÃO
LATITUDE COMPLETA	TEXTO	NÃO
LONG GRAUS (W)	NÚMERO	NÃO
LONG. MÍN. (W)	NÚMERO	NÃO
LONG SEG. (W)	NÚMERO	NÃO
LONGITUDE COMPLETA	TEXTO	NÃO
DATA DISTRIBUIÇÃO	DATA	NÃO
ANALISTA	TEXTO	NÃO
SITUAÇÃO DO PROCESSO	TEXTO	NÃO
OBSERVAÇÕES	TEXTO	NÃO

Adaptado de: SEMA/MT (2020).

Para a inserção dos dados recebidos em um sistema de informações geográficas, uma versão simplificada da planilha foi salva no formato CSV, excluindo quaisquer formatações personalizadas e mantendo os dados tabulares em um padrão reconhecível para a maioria dos softwares SIG.

Registros sem dados de localização como latitude e longitude ou com dados incompletos e/ou incorretos a ponto de resultar em resultados divergentes foram excluídos, restando para uso no protótipo do sistema 10.081 registros completos, contendo as informações marcadas

com o valor na coluna DUPLICADO como SIM. A localização geográfica dos registros aparece na planilha no conjunto das colunas "LAT.GRAUS (S)", "LAT. MÍN. (S)", "LAT. SEG. (S)", "LONG GRAUS (W)", "LONG. MÍN. (W)" e "LONG SEG. (W)". Para possibilitar a inserção dos dados em um sistema de informação geográfica como o QGIS são necessários campos contendo as coordenadas x e y dos registros (GANDHI, 2019). Foram criados os campos latitude e longitude utilizando uma fórmula no Excel que soma os graus à divisão correspondente dos minutos e segundos por 60 e 3600 respectivamente, gerando assim uma coordenada geográfica no formato de grau decimal (FOREST GIS, 2011).

O arquivo CSV foi inserido no sistema de informação geográfica de código aberto QGIS, permitindo a visualização espacial dos dados exportados. O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades (QGIS, 2020).

Além disso, o QGIS permitiu que o arquivo tabular adicionado como camada geográfica fosse exportado no formato GeoJSON. O GeoJSON é um formato de arquivos para armazenar dados geográficos como pontos, linhas e polígonos. É um banco de dados um arquivo de texto, é um formato comum sendo utilizado em diferentes softwares. O GeoJSON é um formato de intercâmbio de dados geoespaciais baseado no formato JSON – JavaScript Object Notation. É um recurso muito interessante para quem trabalha com dados espaciais, principalmente pelo vasto uso do JSON para comunicação entre sistemas. É possível, por exemplo, disponibilizar recursos geográficos simples numa URL, (que é basicamente o endereço virtual de uma página ou website), com atualização regular para aplicações e usuários que precisam do dado atualizado (FREITAS, 2020).

### **3.2.6 Repositório dos dados**

Para tornar públicas as informações de águas subterrâneas do estado de Mato Grosso, foi definido a disponibilização no formato de intercâmbio de dados geográficos GeoJSON em um repositório de acesso público e que permitisse a utilização e colaboração na manutenção deles.

A plataforma escolhida para a publicação foi o *GitHub*, que utiliza o conceito de versionamento *Git* em um ambiente de alta disponibilidade sem custos de hospedagem e que possui ferramentas de colaboração da comunidade.

Segundo Soares (2019), o *Git* é um sistema que foi desenvolvido em 2005 por Linus Torvalds com o principal objetivo de oferecer um controle de versionamento distribuído. O *GitHub* é uma plataforma de hospedagem de código para controle de versão e colaboração, com mais de 40 milhões de usuários e 100 milhões de repositórios em todo o mundo, é amplamente considerado o centro do controle da versão *Git* e é a maior hospedagem de código fonte do planeta (LI, 2021).

O *GitHub* disponibiliza a ferramenta de gestão de repositórios *GitHub Desktop*, que realiza a conexão com o servidor do GitHub e mantém o controle de versão e a sincronização de arquivos locais com o repositório remoto. Usando essa ferramenta, usuários registrados no *GitHub* podem adicionar alterações ao seu repositório, adicionar coautores, clonar repositórios, comparar alterações nos arquivos e realizar as demais alterações seguindo os padrões do protocolo Git (GITHUB DOCS, 2021).

Além do software GitHub Desktop, os arquivos podem ser inseridos nos repositórios através da interface web do próprio GitHub pelo comando Add File/Upload Files, na janela que se abre, em Choose your files adiciona-se o arquivo ZIP que se quer no repositório, finalizando com o comando Commit changes. Os arquivos inseridos num repositório possuem um endereço (*URL*) que será utilizado para a inserção no sistema como uma camada no mapa.

A criação de repositórios e o envio de arquivos é gratuita e sem limite de tamanho de arquivos para repositórios públicos. Um arquivo enviado a um repositório público fica disponível para utilização do público em geral e através das ferramentas de colaboração membros com permissões especiais podem realizar a manutenção dos arquivos. Isso possibilita que um arquivo publicado que use um padrão geográfico como o GeoJSON sirva como fonte de dados para sistemas ou softwares SIG como o QGIS diretamente através do seu endereço (*URL*).

Sobre essa visualização básica, porém, não há controle da exibição, não permitindo a personalização do mapa, das informações exibidas, das camadas de fundo nem a inclusão de fontes de dados secundárias.

### **3.2.7 Sistema de Informação**

Para a criação de um *website* com um mapa personalizado foi utilizado como base o código do software livre *romaps*, que é uma implementação simples da biblioteca de criação de mapas na web *Leaflet*. *Leaflet* é uma biblioteca *JavaScript* de código aberto para mapas



interativos, ou seja, mapas que processam os comandos realizados pelo usuário em dispositivos móveis ou em *desktop* (AGAFONKIN, 2019).

O software *romaps* foi desenvolvido pela ROMAN Engenharia e Consultoria como uma implementação genérica de bibliotecas de código aberto de maneira que pessoas e organizações não especializadas no ramo de desenvolvimento de software pudessem basear-se em um código para a criação de visualizações cartográficas a partir de dados tabulares, com um nível de personalização (ROMAN ENGENHARIA, 2020).

A ideia do desenvolvimento do software surgiu como sugestão ao problema apresentado neste projeto durante o estágio profissional na empresa ROMAN. No estágio que aconteceu no período de novembro a dezembro de 2020 foram apresentados os dados tabulares fornecidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e em contrapartida foi desenvolvido um protótipo de software para a visualização desses dados.

Os trabalhos do estágio ocorreram no setor de desenvolvimento, mobilizando nos períodos presenciais toda a equipe multidisciplinar que trabalhou em conjunto discutindo os objetivos, necessidades e melhores práticas para o desenvolvimento da solução.

O software desenvolvido foi disponibilizado em repositório público no GitHub e o código completo consiste em um arquivo com a implementação das bibliotecas, carregadas dinamicamente de outros repositórios, assim como a fonte de dados, também carregada de um repositório próprio no GitHub.

Para a criação do sistema de gestão de outorgas de águas subterrâneas o repositório do software *romaps* foi clonado para um repositório próprio, onde ocorrem as personalizações das fontes de dados e configurações de exibição.

A seção *GitHub Pages* nas opções do repositório clonado foi configurada permitindo assim publicar o repositório como uma página web. *GitHub Pages* é uma ferramenta do GitHub que permite publicar um repositório como um website, sem custos de hospedagem e preocupação com tecnologias de servidores. Depois de configurado o repositório base do website, em alguns minutos a publicação é concluída e é disponibilizado um endereço fixo para acesso, no formato *usuario.github.io/projeto*.

O software *romaps* permite a customização das camadas através da inserção de arquivos Shapefile compactados. A inserção de camadas é feita pela atualização de seu único arquivo de código fonte, onde são adicionados os endereços (*URLs*) dos arquivos publicados em repositórios no GitHub ou em outros lugares na Internet. Para obter-se o endereço de um arquivo enviado a um repositório no GitHub, pela interface do repositório seleciona-se o

arquivo na lista e clicando em Download obtêm-se o endereço do link, que se refere à localização exata do arquivo.

É possível atualizar o arquivo do código-fonte para realizar a inserção de novas camadas usando esse endereço do arquivo enviado. No repositório do sistema clonado, seleciona-se o arquivo `index.html` (arquivo que contém a programação e formatação do sistema *romaps*) e selecionando a opção `Edit this file` abre-se o editor de texto para a atualização. O arquivo de texto contém, além dos códigos que fazem o software desenhar um mapa com dados interativos, comentários que orientam as possíveis personalizações através da inserção de endereços e parâmetros.

Para inserir uma camada no mapa, deve-se primeiramente referenciar o arquivo através de seu endereço, seguindo o exemplo contido no comentário, criando assim uma variável para inserção em uma camada que será criada. Para criar uma camada, segue-se o exemplo citado no comentário através do comando `new L.Shapefile` seguido do endereço e parâmetros de configuração da nova camada.

Depois de criadas, as camadas devem ser referenciadas, no final do código, na listagem das camadas para serem exibidas no comando de controle de camadas, onde é possível para o usuário final habilitar ou desabilitá-las. Para finalizar a edição executa-se o comando `Commit changes`, e a página será atualizada com a nova camada adicionada.

Esta pesquisa utilizou principalmente fontes de dados oficiais e de acesso público. As camadas vetoriais de bacias hidrográficas e localidades foram baixadas no website da SEMA, a malha viária foi obtida do INTERMAT e a camada de dados hidrogeológicos do website do CPRM, todas no formato Shapefile. Os arquivos dessas camadas vetoriais complementares foram inseridos no repositório do GitHub utilizando os mesmos procedimentos citados na metodologia, porém no formato original Shapefile, que é um tipo de arquivo otimizado para informações geográficas complexas e em maior quantidade preservando assim o desempenho no carregamento e funcionamento do sistema.

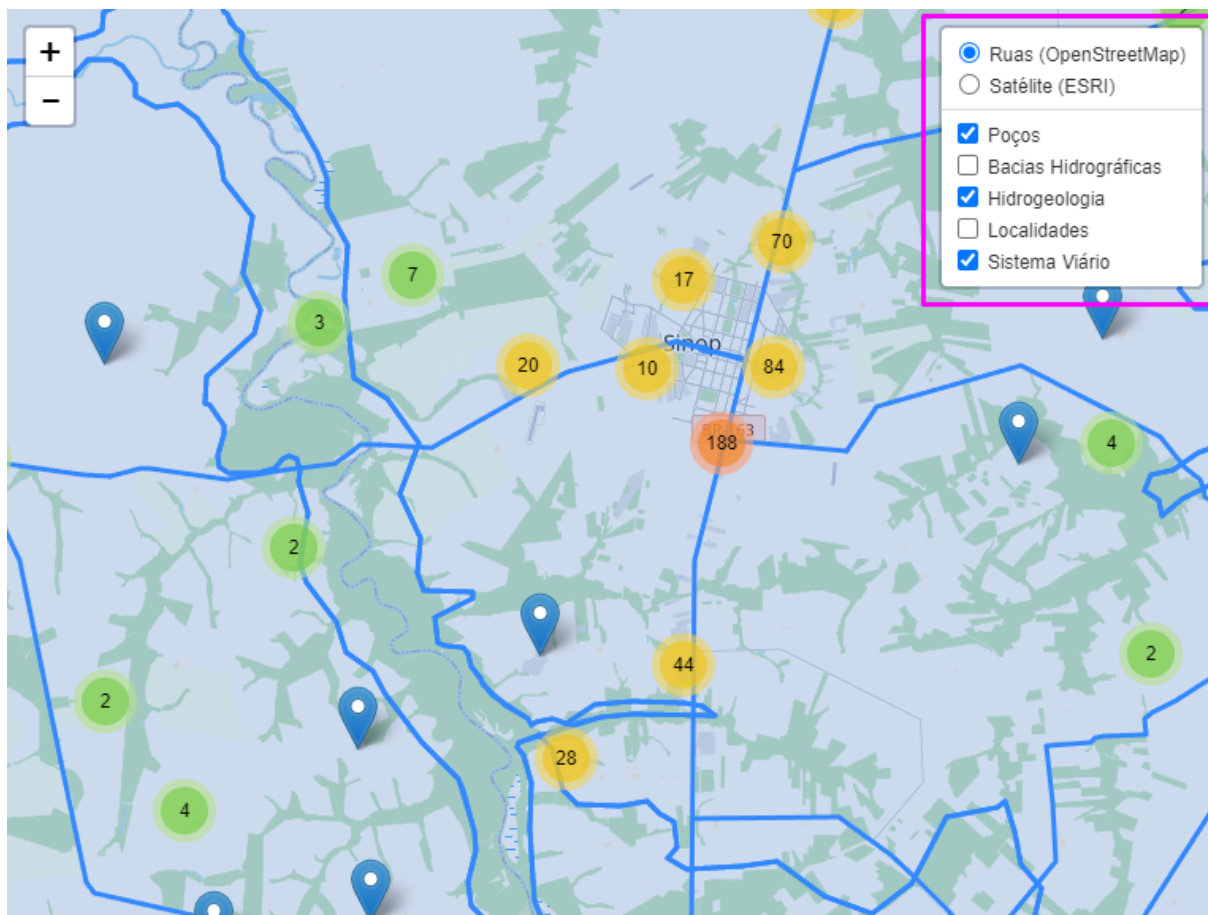
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a SEMA (2019), os principais desafios enfrentados pelo órgão é a necessidade de se obter um Sistema Digital de Processos, de desenvolver mapa hidrogeológico em escala compatível para gestão, com objetivo de fornecer ferramentas de tomada de decisões mais robusta, tornado maias céleres e eficiente as análises técnicas e ainda fiscalizar os usuários de água outorgados pela secretaria. Bem como trabalhar com um sistema que possibilite a integração das águas superficiais e subterrâneas, com objetivo de maior segurança nas outorgas de grandes vazões (ex: irrigação, indústria de etanol, geração de energia e abastecimento humano) visando o acesso ao uso múltiplo da água.

O Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas – Progestão, é um programa de incentivo financeiro aos sistemas estaduais para aplicação exclusiva em ações de fortalecimento institucional e de gerenciamento de recursos hídricos, mediante o alcance de metas definidas a partir da complexidade de gestão, e vem promovendo diversos eventos e oficinas de capacitação. Entre os principais desafios relatados nos eventos, estão a necessidade de um banco de dados organizado e bem estruturado com padronização, antes da implantação de um sistema de decisão para a outorga, e a unificação das bases de dados hidrológicas e geoespaciais, a fim de gerar informações mais harmônicas entre entidades, União e Estados (ANA, 2021).

O software resultante é um sistema online de informações geográficas que contém mapas base de localização (mapas de ruas e imagem de satélite), camadas vetoriais com feições da hidrogeologia e os dados de cadastro e outorga de poços subterrâneos do estado de Mato Grosso. O sistema tem como funcionalidade principal um mapa interativo com ferramentas de controle das camadas de mapas base e das camadas vetoriais e consulta das informações de cada feição geométrica adicionada.

A função de controle de exibição das camadas pode ser acessada pelo quadro no canto superior à direita, onde é possível escolher qual o mapa base exibido e habilitar ou desabilitar a visualização das camadas inseridas. O mapa base pode ser escolhido entre as opções Ruas ou Satélite, enquanto as camadas sobrepostas podem ser habilitadas em conjunto, conforme exemplificado na Figura 8, onde as camadas de Poços, Hidrogeologia e Sistema Viário compõem um mapa temático sobre o mapa base de Ruas fornecido por OpenStreetMap.



**Figura 8: Funcionalidade de controle de camadas.**

Fonte: Produção própria (2021)

A função de controle de *zoom* pode ser acessada pelo quadro no canto superior à esquerda, onde é possível aproximar (+) ou afastar (-) o enquadramento da tela. Essa função em conjunto com o controle de camadas e de mapas base permite a visualização dos locais de poços outorgados de forma precisa ou generalizada e com a referência de localização espacial em relação às camadas escolhidas, como exemplificado na Figura 9, em que o enquadramento mais aproximado e a imagem de satélite permitem analisar padrões de concentração de poços outorgados em áreas distintas.



**Figura 9: Funcionalidade de zoom aplicada com mapa base de imagem de satélite.**

Fonte: Produção própria (2021)

O sistema é acessível via navegador de internet e possui compatibilidade com os browsers modernos sem a necessidade de download de fontes de dados ou instalação de softwares e complementos de terceiros.

A biblioteca de mapeamento Leaflet e o código do software implementado são livres e de código aberto e as ferramentas e serviços de hospedagem utilizados são gratuitos. O acesso, uso e alteração dos códigos utilizados no desenvolvimento desse software e dos dados carregados são livres e estão sob a licença de software criada no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), que permite todo tipo de alteração e distribuição desde que mantido a referência ao código original e seus autores. O código do software consta no Anexo 1 e encontra-se disponível no endereço <https://github.com/giselleccosta/sig-gasub>.

O software em que foi baseado possui o seu código fonte comentado explicando as funcionalidades inseridas linha a linha e conta com marcações nas linhas onde devem ocorrer as alterações como a inserção do caminho da fonte de dados, a inserção de camadas base,

configuração de agrupamento dos marcadores e configuração das janelas (*pop-ups*) que exibem as informações de cada feição ao selecioná-las.

Para a construção do sistema de informação geográficas de cadastro e outorga de águas subterrâneas foram inseridas no software as camadas:

Mapas base:

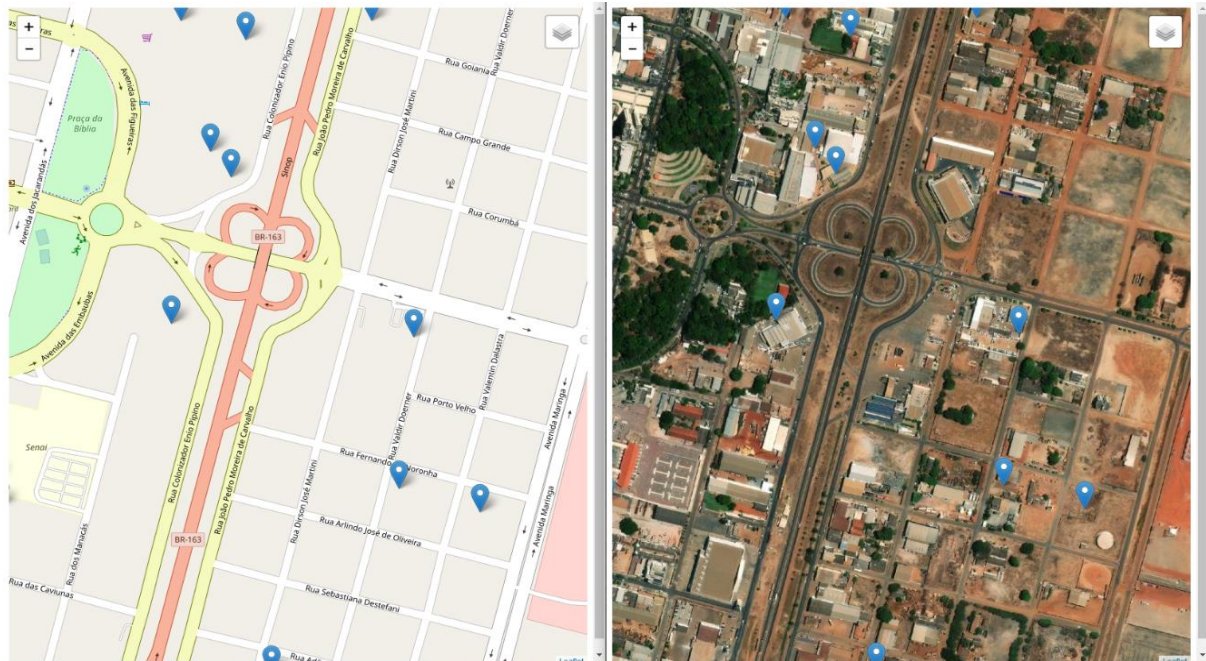
- OpenStreetMap (mapa de ruas colaborativo)
- ESRI World Imagery (mapa de satélite)

Camadas Vetoriais:

- Poços cadastrados e outorgados
- Bacias hidrográficas
- Sistema viário
- Dados hidrogeológicos de Mato Grosso
- Localidades (pontos de interesse)

Os recursos como camadas de dados podem ser adicionados de fontes distintas. Nessa implementação, o sistema hospedado no GitHub carrega as fontes de dados de poços e demais camadas vetoriais dos repositórios nos servidores do GitHub. Por questão de segurança, a hospedagem do GitHub permite o carregamento de recursos somente de seus repositórios, porém em uma implementação do sistema em um órgão ou empresa é possível adicionar recursos de outras fontes.

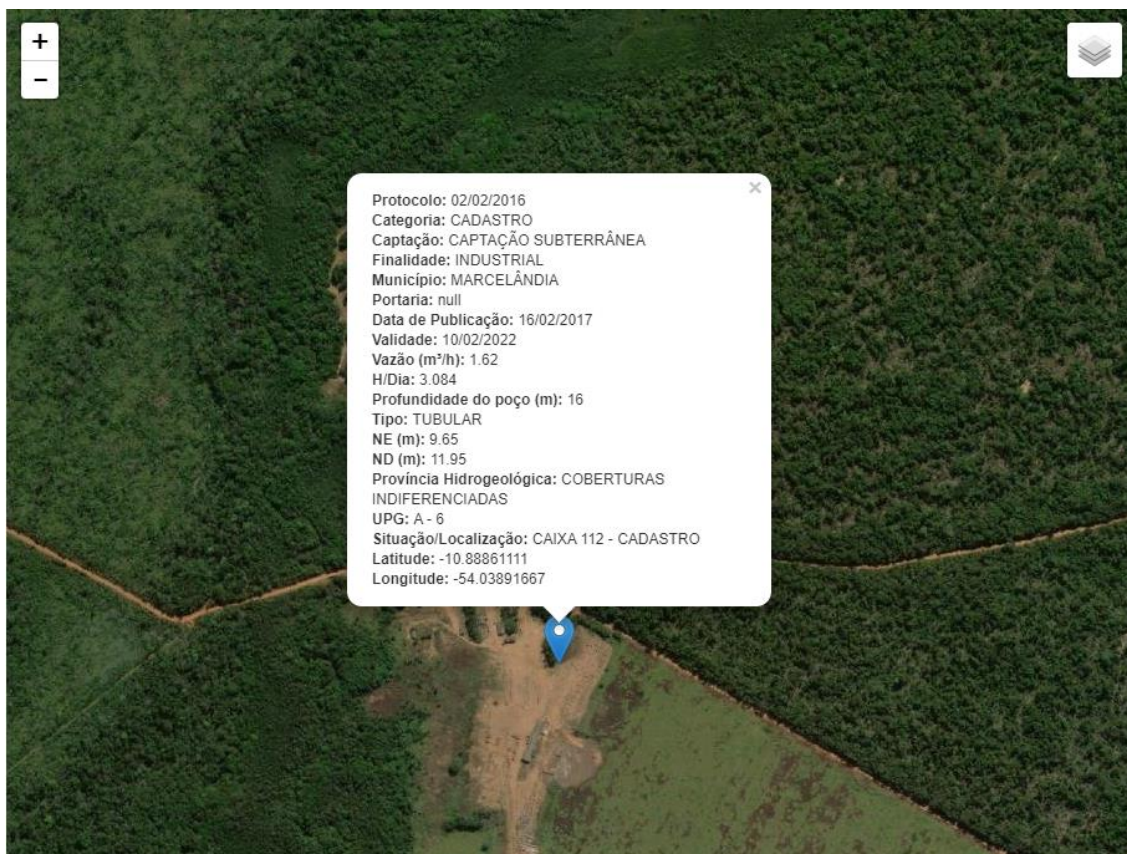
Os mapas base são configurados através da inserção do endereço dos servidores de mapas das respectivas instituições ou empresas, no caso o mapa de ruas do projeto colaborativo e gratuito OpenStreetMap e o mapa com imagens de satélite fornecido gratuitamente pela ESRI. Os mapas base no formato de ruas e satélite foram escolhidos para aprimorar a funcionalidade de localização e entendimento do contexto geográfico das demais fontes de dados inseridas, conforme demonstrado na Figura 10.



**Figura 10: Mapas base de ruas e imagens de satélite.**

Fonte: Produção própria (2021)

A camada de poços cadastrados e outorgados é uma camada vetorial formada por pontos com a localização fornecida na planilha fornecida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso. As informações de cada item cadastrado estão disponíveis em janela *pop-up* que se abre ao clicar o mouse no marcador no mapa, conforme demonstrado na Figura 11.



**Figura 11: Janela com informações dos poços.**

Fonte: Produção própria (2021)

Ao todo foram selecionados 19 campos do banco de dados da SEMA para serem adicionadas ao mapa, estas podem ser consultadas na Quadro 6.

**Quadro 6: Descrição dos campos do banco de dados de águas subterrâneas da SEMA/MT.**

CAMPO	DESCRIÇÃO
PROTOCOLO DATA	DATA DO PROTOCOLO
CATEGORIA	"ALTERAÇÃO", "ALTERAÇÃO E RENOVAÇÃO", "ALTERAÇÃO E TRANSFERÊNCIA", "ALTERAÇÃO, RENOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA", "CADASTRO", "OUTORGA", "RENOVAÇÃO", "RENOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA", "TRANSFERÊNCIA"
CAPTAÇÃO	"SUBSUPERFICIAL", "CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA", "CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA E DILUIÇÃO"
FINALIDADE	"DESSEDENTAÇÃO ANIMAL", "INDUSTRIAL", "ABASTECIMENTO", "SANEAMENTO", "AQUICULTURA", "IRRIGAÇÃO", "MINERAÇÃO", "OUTROS USOS",
MUNICIPIO	MUNICÍPIOS DE MT
PORTARIA Nº	NÚMERO DA PORTARIA
DATA DA PUBLICAÇÃO	DATA
VALIDADE	VALIDADE DO PROCESSO
VAZÃO (m³/h)	VAZÃO EM M³/H

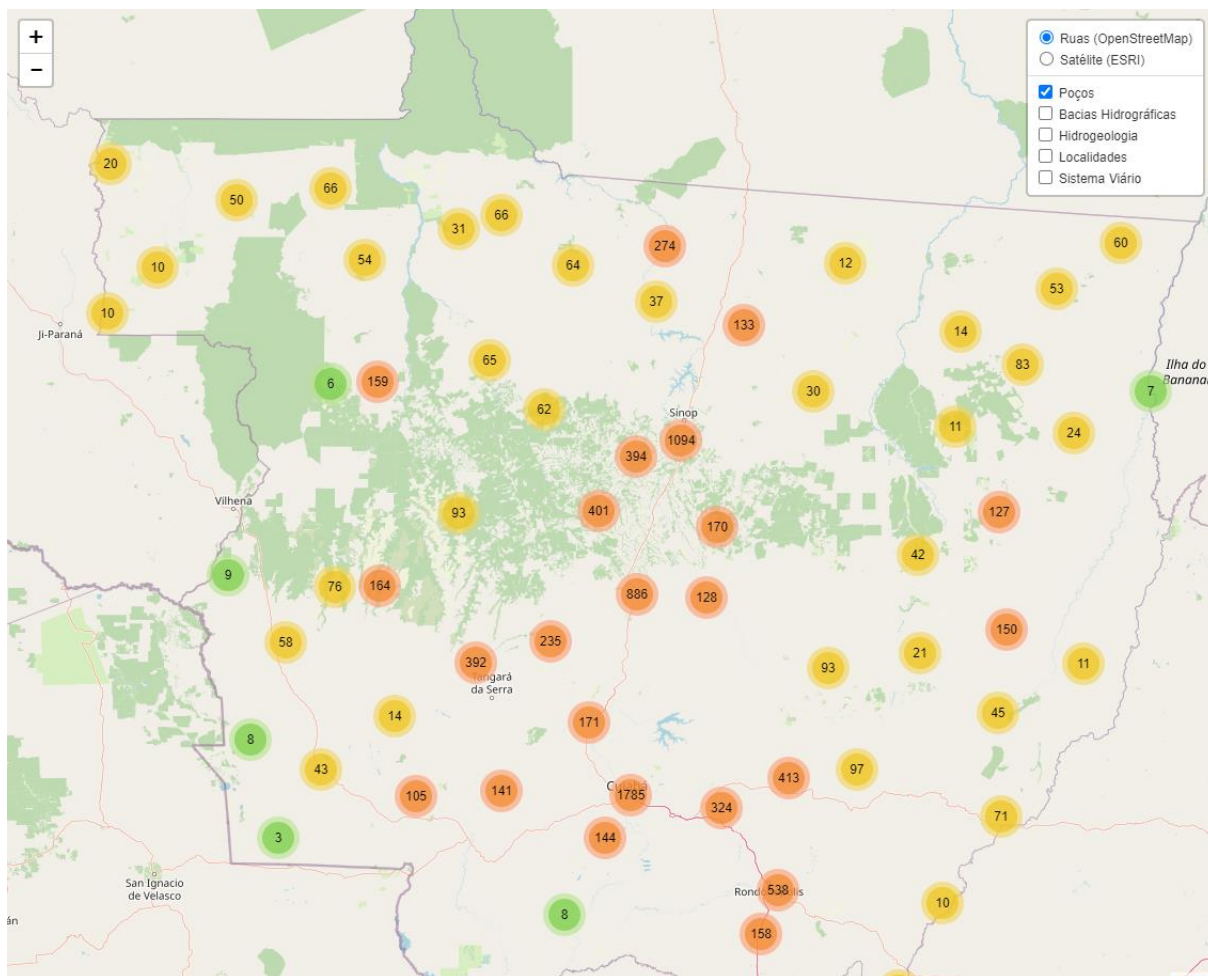


<b>H/DIA</b>	PERÍODO DE BOMBEAMENTO
<b>PROFUNDIDADE DO POÇO (m)</b>	EM METROS
<b>TIPO</b>	"CAVA", "ESCAVADO", "JORRANTE", "TUBULAR"
<b>NE (m)</b>	NÍVEL ESTÁTICO EM METROS (ANTES DO INÍCIO DO TESTE DE BOMBEAMENTO)
<b>ND (m)</b>	NÍVEL DINAMICO EM METROS (PROFUNDIDADE DA ÁGUA DENTRO DO POÇO NO ÚLTIMO INSTANTE DE BOMBEAMENTO)
<b>PROVÍNCIA HIDROGEOLÓGICA</b>	"PARECIS", "BACIA DO PARANÁ", "GRUPOCUIABÁ", "CRISTALINO", "SERRANA", "PANTANAL", "COBERTURAS INDIFERENCIADAS"
<b>UPG</b>	UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO
<b>SITUAÇÃO/LOCALIZAÇÃO</b>	SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PROCESSO
<b>LATITUDE/LONGITUDE</b>	EM GRAUS DECIMAIS

Adaptado de: SEMA/MT (2020).

Os campos selecionados contêm em sua grande maioria as informações preenchidas, mas apesar disso ainda houve alguns campos nulos, notadamente com relação a “vazão” “nível estático”, nível dinâmico”, “província hidrogeológica” e “upg” que são informações relevantes para um gerenciamento adequado das águas subterrâneas, porém nesta planilha tais informações não estavam inseridas. No entanto, a SEMA exige ao empreendedor a disponibilização de dados atualizados para que novas solicitações de outorgas sejam atendidas ou renovadas, ou seja, o órgão possui todas as informações acerca do empreendimento, subentende-se portanto, que a secretaria possui tais informações de alguma forma, seja em novas planilhas ou nos processos do empreendimento. E ainda, nos casos de algumas informações faltantes, a exemplo das UPG's e Província hidrogeologica, estas podem ser obtidas selecionando outras camadas que foram inseridas no mapa, como a Bacia hidrográfica e Hidrogeologia, sendo estas adicionadas para auxiliar na interpretação e visualização dos dados.

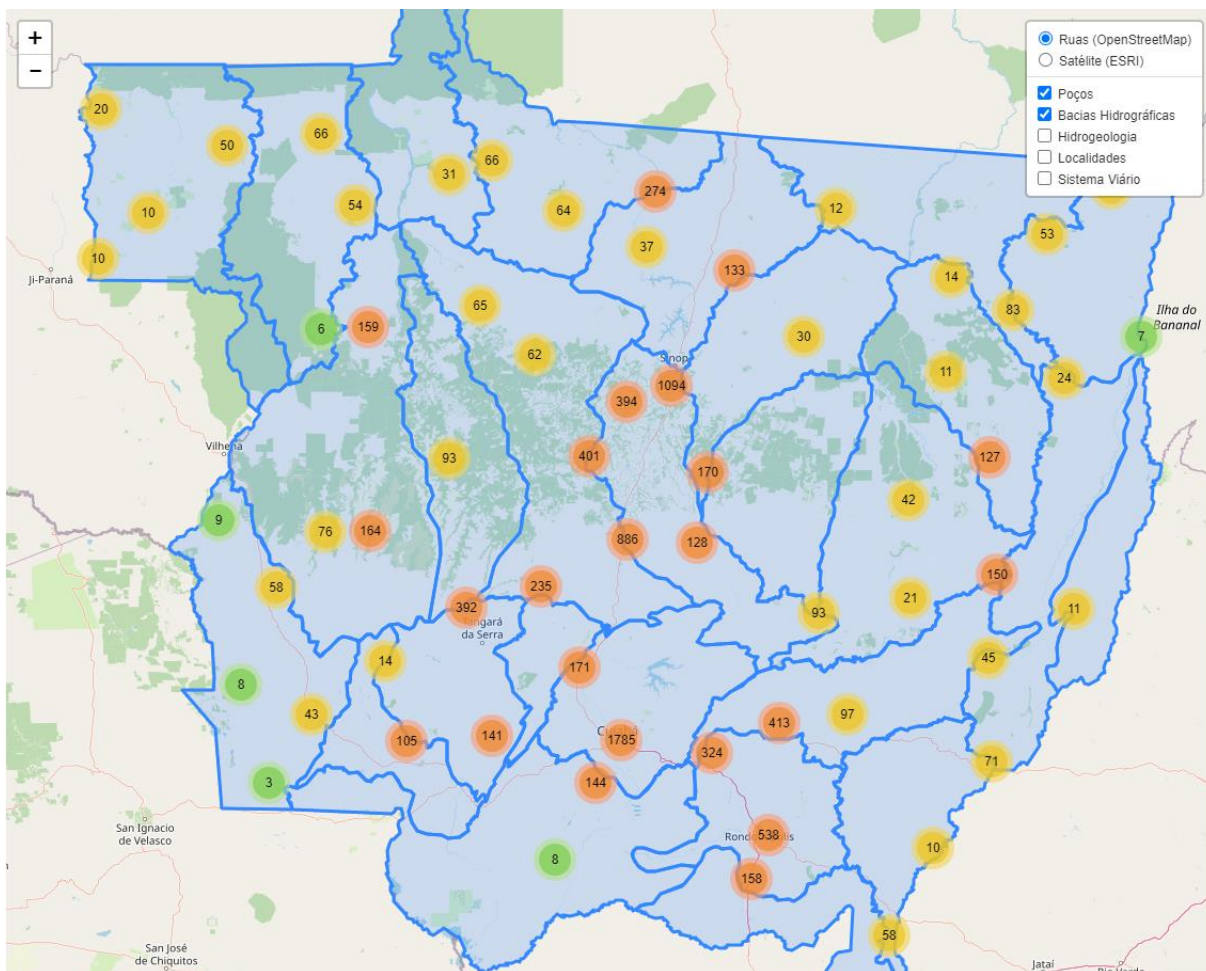
As camadas adicionadas permitem uma visualização contextualizada dos dados de poços em configurações dinâmicas de mapas, além de exibirem os dados de cada feição selecionada para cada camada. Os dados de outorga de poços são representados por pontos individuais que em visualização panorâmica, ou seja, na visualização mais abrangente, são agrupados e coloridos de acordo com a quantidade aglomerada promovendo a percepção de intensidade, conforme demonstrado na Figura 12:



**Figura 12: Configuração de visualização do mapa de outorga de poços subterrâneos.**

Fonte: Produção própria (2021)

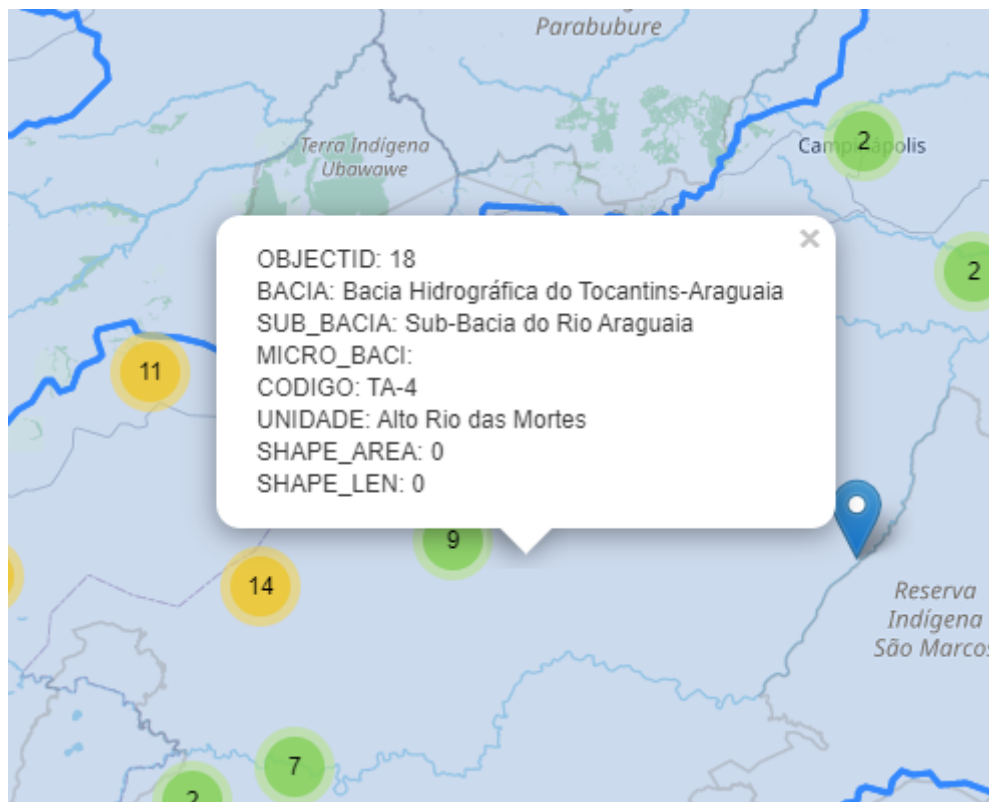
A camada Bacias Hidrográficas, obtida no website da SEMA, pode ser ativada ou desativada utilizando o controle de camadas e representa a delimitação das regiões das bacias hidrográficas presentes na região de estudo. A subposição com a camada de outorga de poços promove a espacialização dos poços em relação à bacia em que está localizado, conforme demonstrado na Figura 13:



**Figura 13: Configuração de visualização do mapa de outorga de poços subterrâneos com camada Bacias Hidrográficas.**

Fonte: Produção própria (2021)

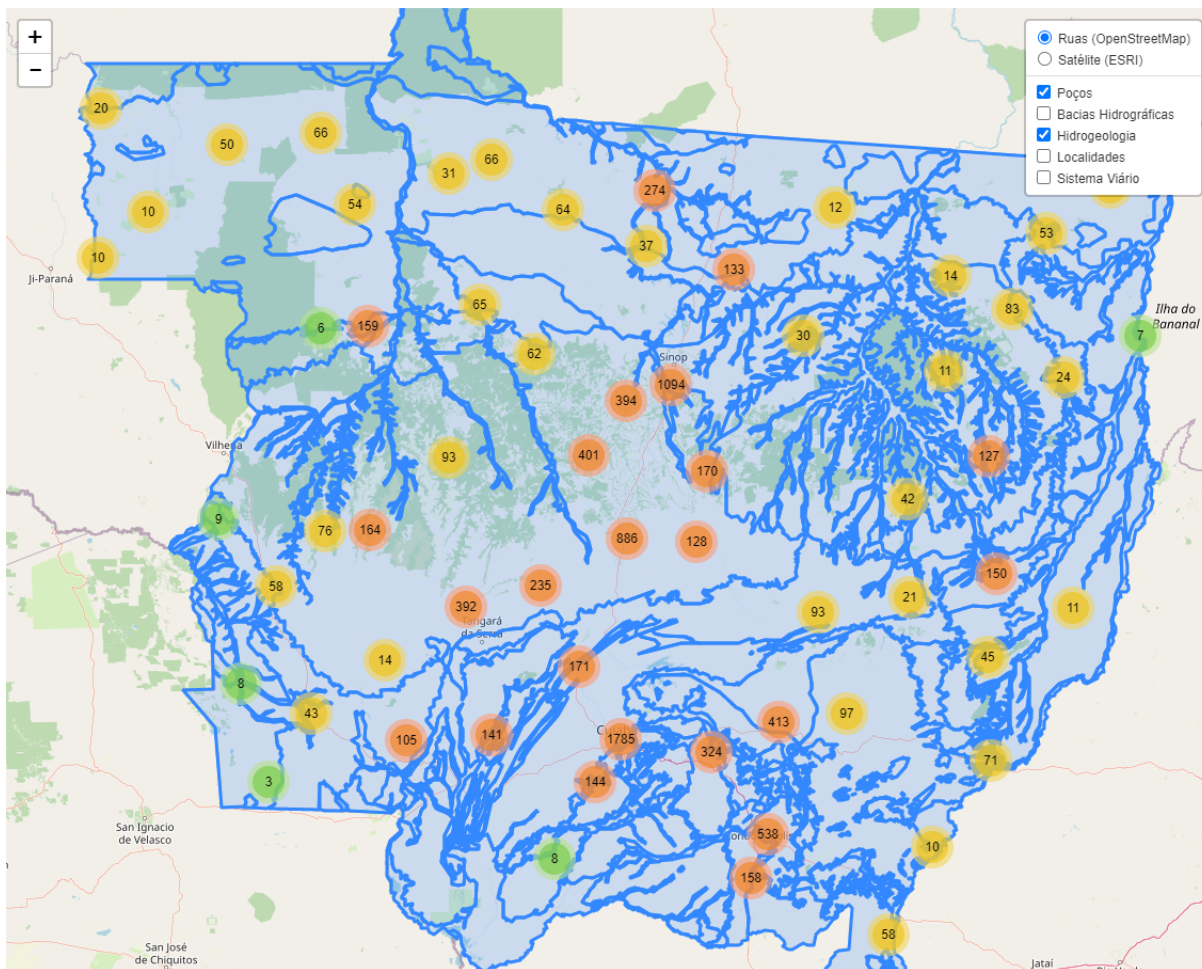
As informações de cada bacia hidrográfica podem ser consultadas clicando sobre a área correspondente no mapa, abrindo assim uma janela *pop-up* que mostra os dados originais do Shapefile obtido no órgão, conforme demonstrado na Figura 14.



**Figura 14: Informações de um item da camada Bacias Hidrográficas.**

Fonte: Produção própria (2021)

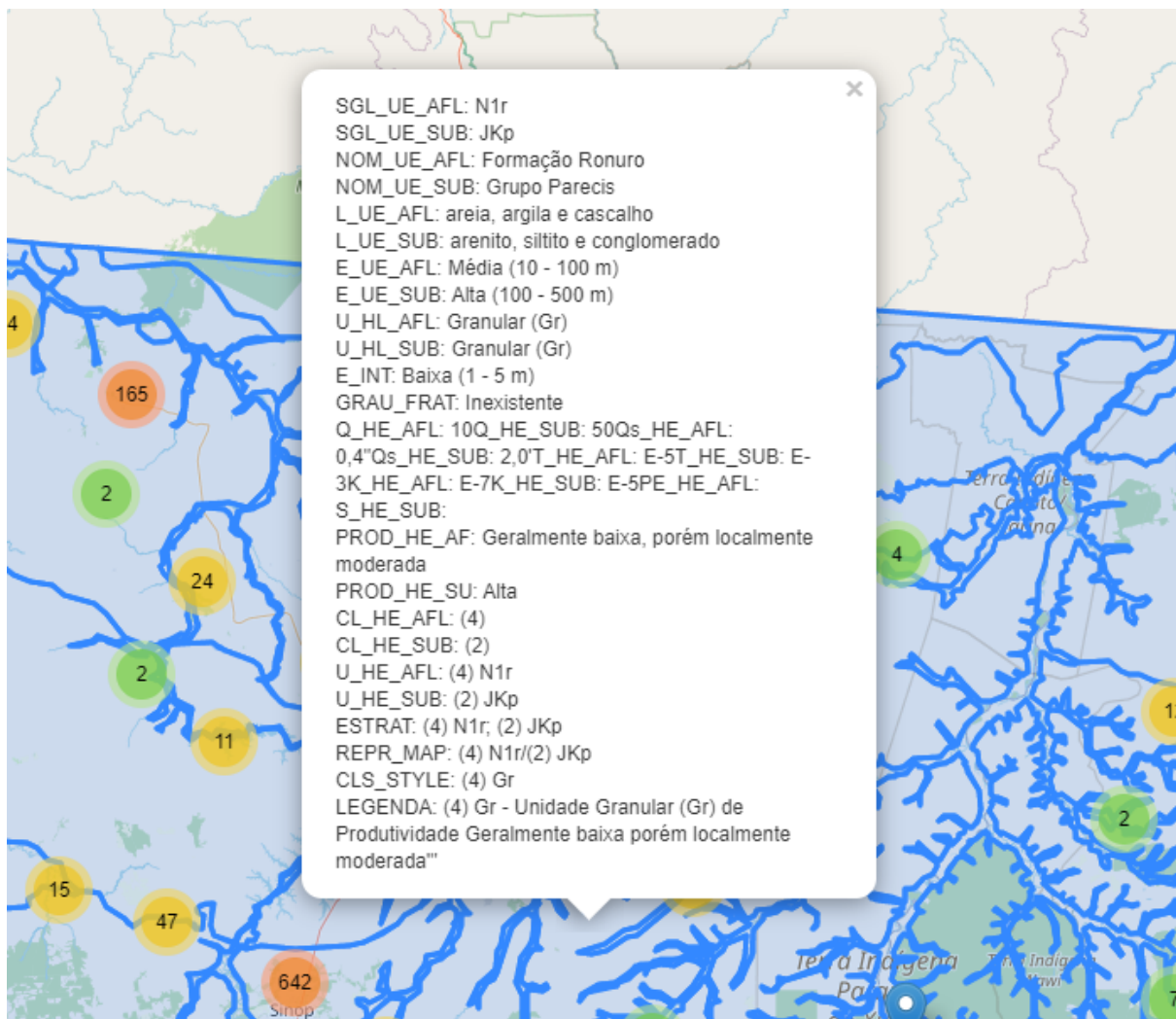
A camada Hidrogeologia também pode ser ligada ou desligada utilizando o controle de camadas e representa a delimitação das regiões de águas subterrâneas e sua localização, conforme demonstrado na Figura 15:



**Figura 15: Configuração de visualização do mapa com camada Hidrogeologia habilitada.**

Fonte: Produção própria (2021)

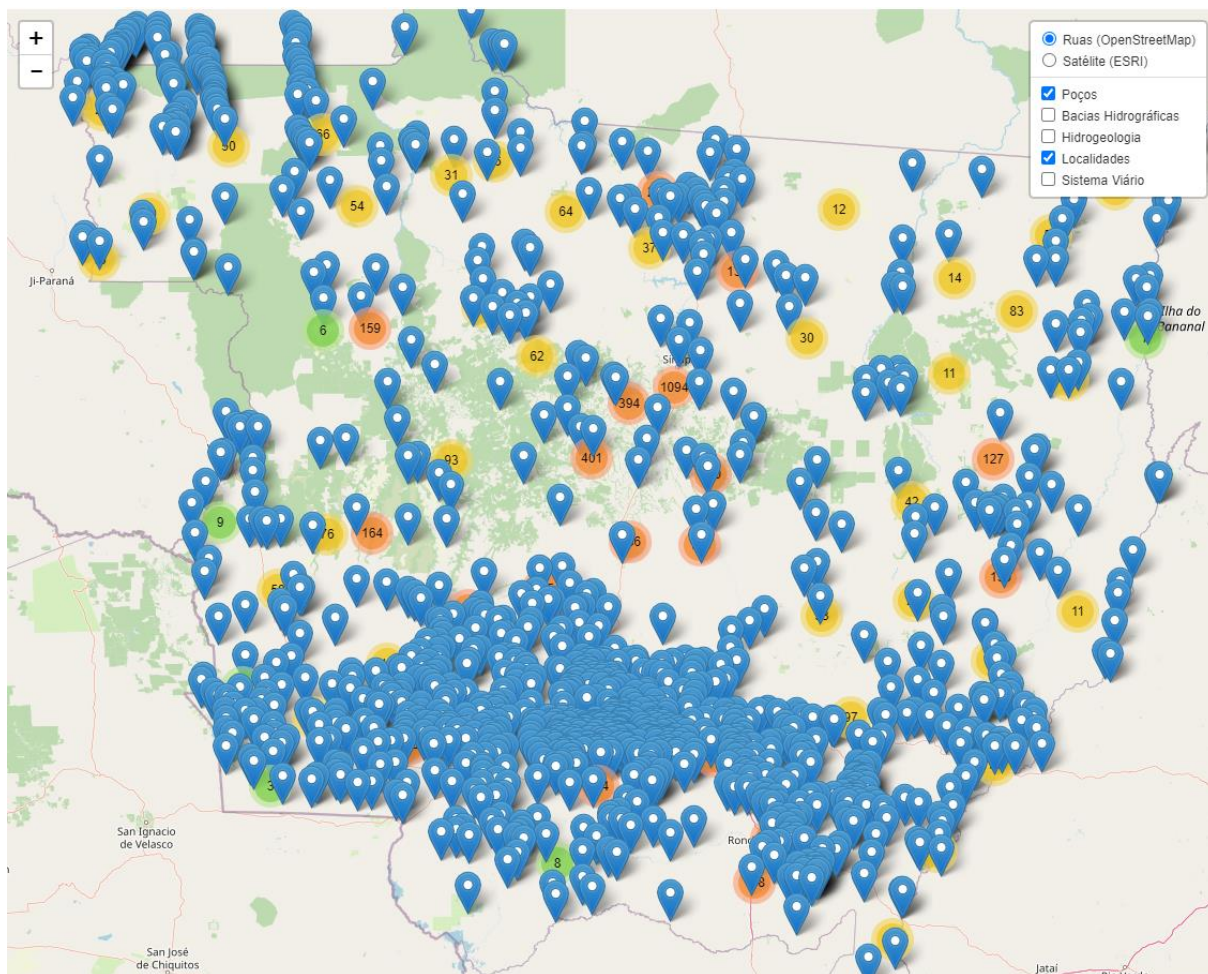
As informações de cada região de águas subterrâneas podem ser consultadas clicando sobre a área correspondente no mapa, abrindo assim uma janela *pop-up* que mostra os dados originais do Shapefile obtido no órgão, conforme demonstrado na Figura 16.



**Figura 16: Informações de um item da camada Hidrogeologia.**

Fonte: Produção própria (2021)

A camada Localidades, com geometria do tipo ponto, providos pela SEMA, compreende pontos de interesse como pontes, localização de povoados, zonas urbanas, aldeias, tribos, vilas, portos, o que vem a facilitar o acesso a um determinado empreendimento, permitindo descobrir a melhor rota de um determinado percurso a ser realizado. No mapa criado conforme utilizando a ferramenta Zoom pode-se obter clara visualização do local em que o empreendimento se encontra, conforme demonstrados na Figura 17:



**Figura 17: Configuração de visualização do mapa com camada Localidades habilitada.**

Fonte: Produção própria (2021)

As informações de cada ponto de interesse podem ser consultadas clicando sobre o ponto correspondente no mapa, abrindo assim uma janela *pop-up* que mostra os dados originais do Shapefile obtido no órgão, conforme demonstrado na Figura 18.

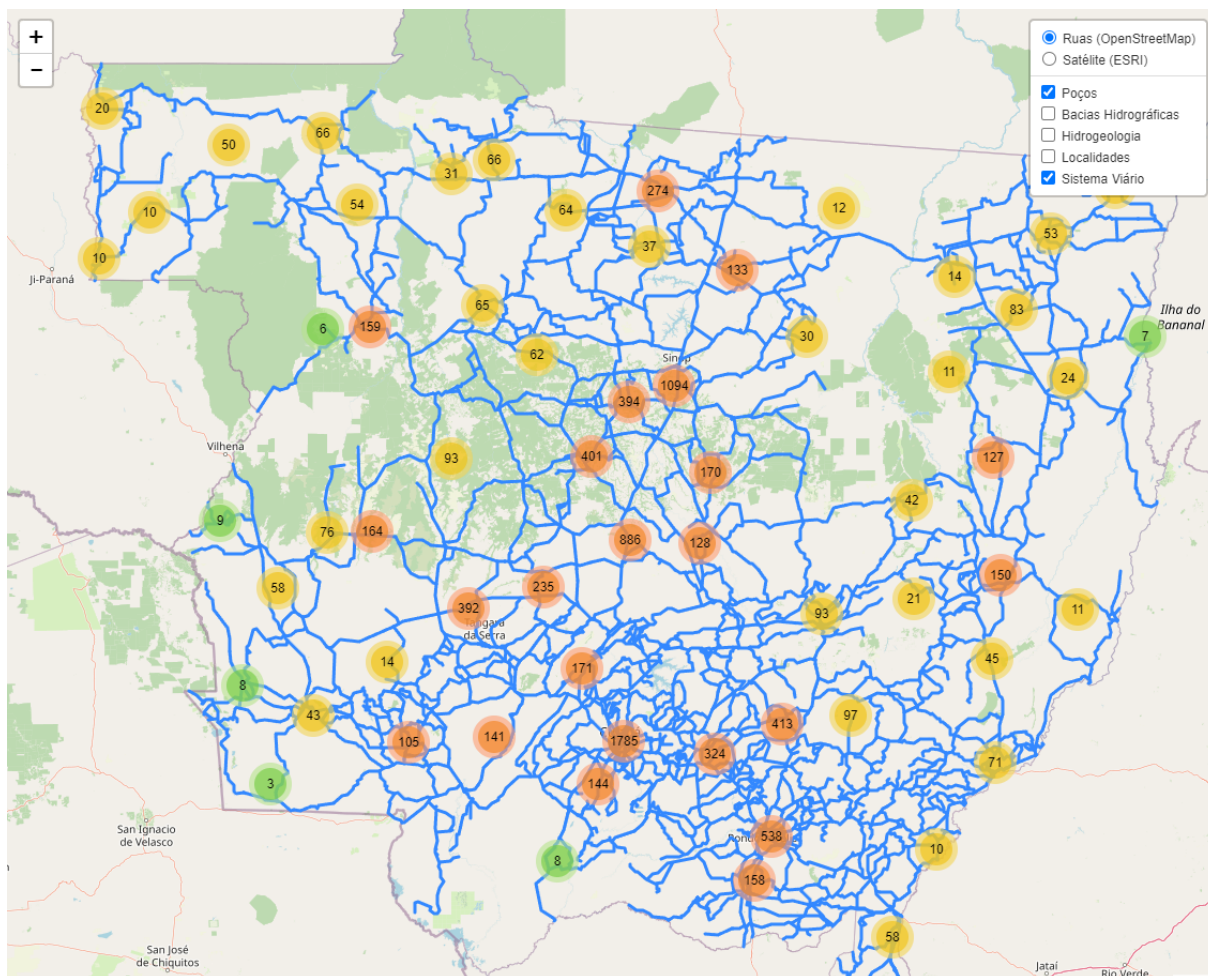


**Figura 18: Informações de um item da camada Localidades.**

Fonte: Produção própria (2021)

A camada Sistema Viário, obtida do INTERMAT, representa com geometria do tipo linha as principais linhas da malha viária do estado de Mato Grosso, para localização e informação complementar na utilização do sistema, como demonstrado na Figura 19:

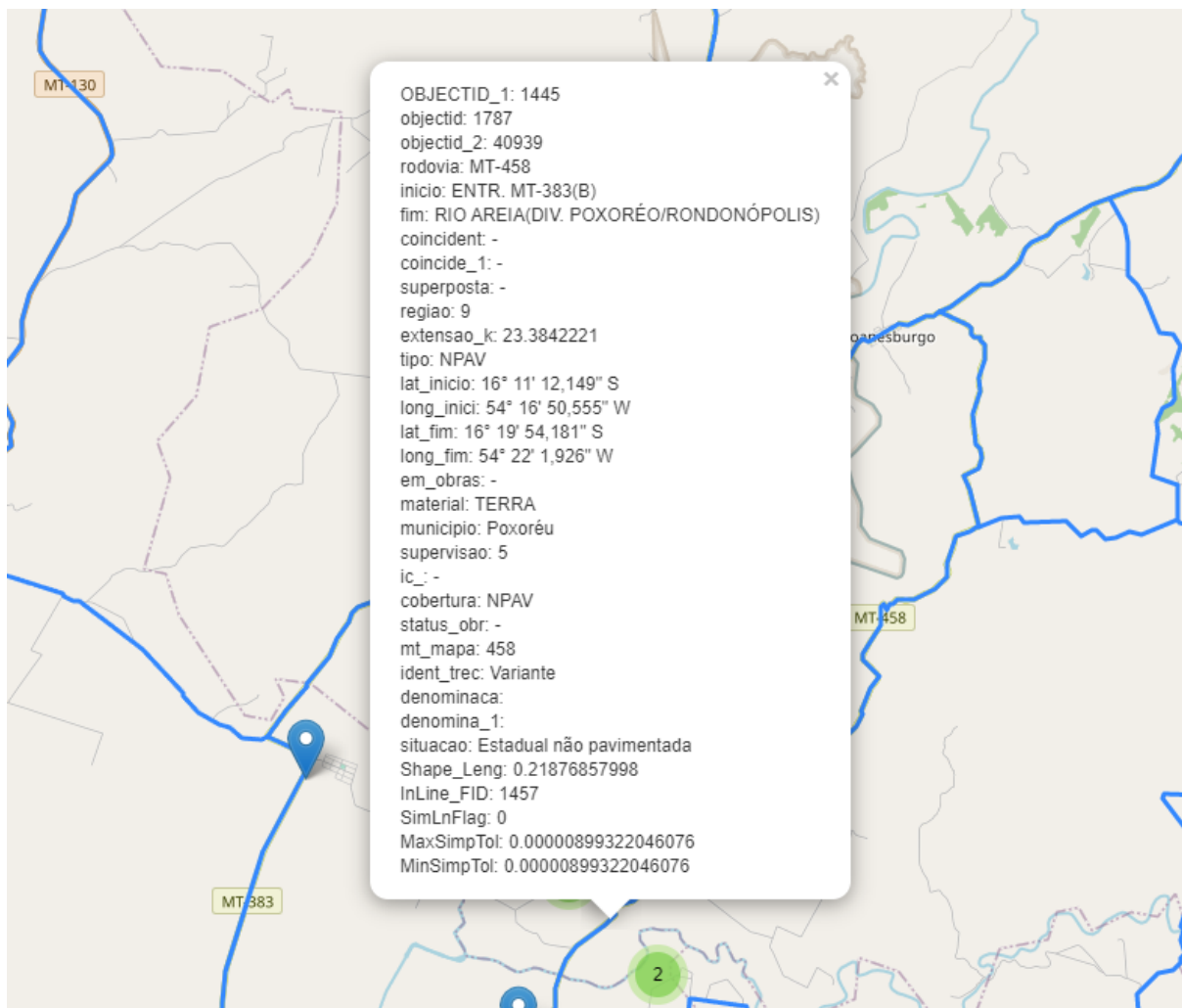




**Figura 19: Configuração de visualização do mapa com camada Sistema Viário habilitada.**

Fonte: Produção própria (2021)

As informações de cada item da camada Sistema Viário podem ser consultadas clicando sobre a linha correspondente no mapa, abrindo assim uma janela *pop-up* que mostra os dados originais do Shapefile obtido no órgão, conforme demonstrado na Figura 20.



**Figura 20: Informações de um item da camada Sistema Viário.**

Fonte: Produção própria (2021)

Para adicionar outras camadas o arquivo é compactado no formato ZIP, contendo o arquivo SHP e os demais arquivos auxiliares. Este pode ser inserido no repositório através do GitHub Desktop ou diretamente pela interface web do GitHub.

Resultou-se em três repositórios, sendo um criado para publicar os dados de outorga de poços em formato GeoJSON (bdgasub2), um repositório para a publicação de arquivos de geometrias complementares contemplando os arquivos Shapefile compactados (shp-gasub) e um repositório clonado do GitHub da empresa Roman Engenharia contendo o código-fonte do sistema de mapas web *romaps* (sig-gasub).

O sistema funcional está hospedado na nuvem do GitHub, em uma estrutura gratuita de alta disponibilidade no endereço <https://giselleccosta.github.io/sig-gasub>. Um endereço personalizado pode ser atribuído ao se contratar um domínio. com ou .com.br, por exemplo. O

repositório com o código do software está disponível no endereço <https://github.com/giselleccosta/sig-gasub>.

Este sistema pode ser implantado por organizações, empresas ou qualquer pessoa que faça uma cópia do software disponível no GitHub e configure as fontes de dados a serem exibidas em um mapa online.

## 5 CONCLUSÕES

Através da sistematização das informações de como estão sendo disponibilizados os dados de cadastro, autorização e outorga de uso dos recursos hídricos subterrâneos existentes foi possível identificar que é uma tendência a publicação dos dados de recursos naturais pelos órgãos ambientais em sistemas de informação. Percebe-se um padrão de disponibilização pública dos dados através de planilhas, bancos de dados e sistemas de informação geográficas baseados na web, que permitem mapear os recursos naturais e prover informação com transparência para a população, organizações, entidades e a pesquisa acadêmica.

O levantamento dos sistemas de informação para a gestão de outorgas de águas subterrâneas utilizados nos estados brasileiros, permitiu verificar que apenas oito deles possui os dados sistematizados de outorgas das águas subterrâneas, isso pode impactar na qualidade do serviço que é disponibilizado. A sistematização dos dados de outorgas dos poços pode colaborar na fiscalização, monitoramento e disponibilização de novas solicitações de outorgas, contribuindo também com a celeridade no serviço prestado.

Apesar da maioria dos estados ainda não ter aderido a esse novo formato, este tem demonstrado ser uma tendência, visto que em eventos promovidos pela ANA, das dificuldades relatadas pelos órgãos gestores com relação a água subterrâneas, o que se destaca é a falta de sistematização dos dados atualizados.

Os resultados obtidos na proposição de um sistema de mapeamento dos dados de cadastro e outorga de poços demonstraram que a partir dos dados georreferenciados da planilha de licenciamento ambiental de poços subterrâneos do estado de Mato Grosso foi possível criar uma plataforma digital de acesso a esses dados usando software livre e de código aberto.

A inclusão de camadas de dados de bacias hidrográficas, sistemas viários e os sistemas aquíferos existentes no estado de Mato Grosso sobre mapas base de ruas e imagens de satélite possibilitam a localização espacial dos empreendimentos e promove a observação de padrões de exploração das águas subterrâneas.

Esse software pode ser usado como ferramenta de apoio à gestão nos órgãos ambientais como meio de consulta espacial do uso atual das águas subterrâneas nos processos de liberação de novos processos de exploração, assim como na publicação dos dados atualizados promovendo o uso sustentável dos recursos hídricos.

As pesquisas neste trabalho identificaram que há motivação no uso das geotecnologias pelos órgãos ambientais além da recomendação da ANA para a informatização da gestão e da publicação dos dados de recursos hídricos.

O software implementado é uma ferramenta generalista de publicação de dados com informações geoespaciais e pode ser implantado em órgãos ambientais, organizações e instituições em plataformas gratuitas como o GitHub ou mesmo em estruturas próprias, podendo ser modificado, distribuído e publicado sob um endereço .gov, .org ou .com.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAFONKIN, V. Leaflet - a JavaScript library for interactive maps. 2019. Disponível em: <https://leafletjs.com/>. Acesso em: 27 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Outorga de direito de uso de recursos hídricos cadernos de capacitação em recursos hídricos. Brasília – DF Vol. 6. p. 54. 2011. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/9>. Acesso: 02 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Progestão - Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas. Oficina de Águas Subterrâneas - Vitória/ES. 2019. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/oficina-aguas-subterraneas-vitoria-es-2019>. Acesso em: 10 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília – DF. p.130. 2021. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 10 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Oficina Progestão: Intercâmbio sobre Suporte à Decisão para Outorgas. Troca de informações entre os estados possibilita aprendizagem. 2021. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaques-progestao/oficina-progestao-intercambio-sobre-suporte-a-decisao-para-outorgas>. Acesso em: 10 out. 2021.

BOMFIM, L. F. C. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil 1:2. 500.000: arquivos de impressão. 1 CD-ROM. Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil (SDHB). Salvador: CPRM, 2006.

BOHN N.; GOETTEN, W. J.; RAMLOW F. A.; WEISE, L. S.; LEAL, R. J.; PHILIPPI, T.; BRAATZ T. H.; BURCKHART, T. R.; PESSATI T. B. Governança da água subterrânea: um

estudo de caso em Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2014. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28296/18408>. Acesso em: 29 jun. 2020.

BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Fundação Roberto Marinho. 2004.

BRAGA, A.C.O. Métodos geoeletricos aplicados na caracterização geológica e geotécnica- Formações Rio Claro e Corumbataí, no Município de Rio Claro - SP. Rio Claro. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. São Paulo. p. 169. 2007.

BRASIL - Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997.

CAMPOS, V. N. D. O.; FRACALANZA A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. Ambiente & Sociedade. Campinas v. XIII, n. 2. p. 365-382. 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/asoc/v13n2/v13n2a10.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2020.

CARVALHO, D. D. S. O abastecimento através das águas subterrâneas: os impactos no sistema elétrico brasileiro e avaliação de cenários para desenvolvimento sustentável. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Universidade de São Paulo, São Paulo. p.105. 2018. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-09032018-152208/publico/DeboradosSantosCarvalhoCorr18.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2020.

CONICELLI, B. P. Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - Tese (Doutorado) - IGC/USP - (SP) – São Paulo, p. 163. 2014. Disponível em:

[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-09102014-140000/publico/TESE\\_BrunoPiriloConicelli.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-09102014-140000/publico/TESE_BrunoPiriloConicelli.pdf). Acesso em: 20 dez. 2020.

CONICELLI, B. P.; HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. *Águas Subterrâneas*. p. 1–18. 2016. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28712/18619>.

Acesso em: 05 jul. 2020.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS. Gerenciamento de riscos hídricos no Brasil e o setor empresarial: Desafios e oportunidades. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.cebds.org/gerenciamento-de-riscos-hidricos>. Acesso em: 23 dez. 2021.

COSTA, W.D. Legislação de águas subterrâneas e gerenciamento de aquíferos. *Anais XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste*. p. 77-82. Recife, 2001. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24032/16068>. Acesso em: 29 jun. 2020.

COSTA, W.D. Uso e gestão das águas subterrâneas. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ...* – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. D. C. D.; PAULA, T. L. F. D. Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Nota técnica. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. p.45. 2014. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Mapa-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-756.html>. Acesso em: 10 jan. 2021.

DORES, E. F. G. D. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – análise preliminar. *Revista Química Nova*, Vol. 24, No. 1, p. 27-36. 2001. Disponível em:

[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-404220010001000007&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-404220010001000007&script=sci_arttext).

Acesso em: 11 jul. 2020.



FEITOSA, E. C.; MANOEL FILHO J.; COSTA, W. D.; FEITOSA, F. A. C.; DEMETRIO, J. G. A.; FRANÇA, H. P. M. D. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p. 661-671.

FERNÁNDEZ, A.J.C. Do cerrado a Amazônia: As estruturas sociais da economia da soja em Mato Grosso. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 262. 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14276/000660540.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 fev. 2021.

FITTS, C. R. Águas subterrâneas. – 2. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FOREST GIS. Como converter graus, minutos e segundos para graus decimais.2011. Disponível em: <https://forest-gis.com/2011/07/como-converter-graus-minutos-e-segundos-para-graus-decimais.html/>. Acesso em: 27 fev. 2021.

FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; KEMPER, K.; TUINHOF. A.; NANNI, M.; DUNCAN, C. Groundwater Quality Protection: defining strategy and setting priorities GW-MATE Briefing Note n.8. 2003.

FREITAS, P. V. Abrindo GeoJSON via URL no QGIS. 2020. Disponível em: <https://paulovitorweb.wordpress.com/2020/10/10/abrindo-geojson-via-url-no-qgis>. Acesso em: 27 fev. 2021.

FREIRE, C. C. Modelo de gestão para a água subterrânea. Tese (Doutorado em Engenharia) - Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p.156. 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4389/000411239.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 jan. 2021.

GANDHI, U. Importando planilhas ou arquivos.CSV (QGIS 3). Disponível em:

[http://www.qgistutorials.com/pt\\_BR/docs/3/importing\\_spreadsheets\\_csv.html](http://www.qgistutorials.com/pt_BR/docs/3/importing_spreadsheets_csv.html). Acesso em: 27 fev. 2021.

GARDUÑO, H.; NANNI, M.; FOSTER, S.; TUINHOF, A.; KEMPER, K. Stakeholder participation in groundwater management mobilization and sustaining aquifer management organizations. *GWMATE – World Bank Briefing Notes 6*. Washington (DC), 6pp. 2006.

GARCIA, E. N. D.A.; MORENO, D. A. A. C.; FERNANDES, A.L.V. A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. *Periódico Eletrônico "Fórum Ambiental da Alta Paulista"*. v. 11, n. 6, 2015. Disponível em:

[https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1259](https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1259).

Acesso em: 03 fev. 2020.

GONÇALVES, M. V. C.; GASPAR, M. T. P.; OLIVEIRA, F. R.; DANTAS, C.G.; CARDOSO, F.B.F.; ALMEIDA, L.; NASCIMENTO, F. S. N.; FERREIRA, A. N. P. Desenvolvimento de sistema para apoio à gestão de recursos hídricos subterrâneos: Sistema de Águas Subterrâneas – SAS. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 2012. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27709>. Acesso em: 08 dez. 2019.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GITHUB DOCS. Introdução ao GitHub Desktop. 2021. Disponível em: <https://docs.github.com/pt/desktop/installing-and-configuring-github-desktop/overview/getting-started-with-github-desktop>. Acesso em: 20 dez. 2019.

HAGER, F. P. V.; SILVA, J. D. R. D. C.; ALMEIDA, W. M. D.; OLIVEIRA, W. D. A. A problemática da gestão das águas subterrâneas no Brasil - XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2002. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22318/14662>. Acesso em: 20 fev. 2021.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. DE. Água Subterrânea: Reserva Estratégica Ou Emergencial. Águas do Brasil: análises estratégicas, p. 224. 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/%C3%A1gua%20subterr%C3%A2nea%20-%20reserva%20estrat%C3%A9gica%20ou%20emergencial.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2020.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019. 66 p.

HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. Editors. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 1996: Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Perfil do Municípios Brasileiros, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 06 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Panorama do Estado de Mato Grosso em 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/panorama>. Acesso em: 07 set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Geociências. Malha municipal. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 01 nov. 2021.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo, 3. ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/publicacoes/2016/12/01-aguas-subterraneas-2012.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.

KNECHTEL, R. Estudo da qualidade física e química das águas subterrâneas da área urbana de Sinop/MT. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. p. 65. 2015. Disponível em:

[https://ri.ufmt.br/bitstream/1/245/1/DISS\\_2015\\_R%C3%A9gis%20Knechtel.pdf](https://ri.ufmt.br/bitstream/1/245/1/DISS_2015_R%C3%A9gis%20Knechtel.pdf). Acesso em: 02 fev. 2021.

KEMPER, K. E. Instruments and Institutions for Groundwater Management. In: Giordano, M. and Villholth, K.G. The Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities and Threats to Development. CABI Publishing Series. Washington (DC). p. 20. 2007.

Disponível em:  
[https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/CABI\\_Publications/CA\\_CABI\\_Series/Ground\\_Water/protected/Giordano\\_1845931726-Chapter8.pdf](https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/CABI_Publications/CA_CABI_Series/Ground_Water/protected/Giordano_1845931726-Chapter8.pdf). Acesso em: 02 fev. 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LI, B. Bitbucket vs Github: Qual repositório de código é melhor para seus projetos de desenvolvimento? 2021. Disponível em:

<https://kinsta.com/pt/blog/bitbucket-vs-github>. Acesso em: 03 fev. 2020.

LUSSI, C. Avaliação hidrogeológica do sistema aquífero Parecis, na região de Sinop, MT. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. p.134. 2013. Disponível em:

[https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1304/1/DISS\\_2013\\_Cassiana%20Lussi.pdf](https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1304/1/DISS_2013_Cassiana%20Lussi.pdf). Acesso em: 02 fev. 2021.

MAGALHÃES, A. Estudo hidroquímico das águas subterrâneas do aquíferos Furnas na região sudeste do Estado de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos - ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. p. 82. 2015. Disponível em:

<https://sites.ufmt.br/ppgrh/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Turma%202015/aparecida.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

MANOEL FILHO, J. Evolução histórica do conhecimento. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, p. 5-12. 2008 a.

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, p. 53-75. 2008 b.

MANZIONE, R. L. Águas subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiaí: Paco editorial, 2015.

MATO GROSSO, Decreto nº 336 de 06 de junho de 2007 - Outorga de direitos de uso dos recursos hídricos. Disponível em: <http://www.oads.org.br/leis/2912.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

MATO GROSSO - Lei nº 9.612, de 12.09.2011 Águas subterrâneas administração e conservação – Disposições. Disponível em: Assembleia Legislativa do Estado de Mato Grosso. Acesso em: 02 fev. 2020.

MATO GROSSO, Lei nº 11.088, de 09 de março de 2020 - Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.al.mt.gov.br/storage/webdisco/leis/lei-11078-2020.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

MATO GROSSO, Geografia de Mato Grosso, 2020. Disponível em: <http://www.mt.gov.br/geografia#:~:text=O%20estado%20de%20Mato%20Grosso%20apresenta%20sens%C3%ADvel%20variedade%20de%20climas,23%C2%B0C%20no%20planalto.> Acesso em: 07 jul. 2020.

MENTE, A. A Água Subterrânea no Brasil. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID. 812 p. 2008.

MIGLIORINI, R. B. Hidrogeologia em meio urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. São Paulo. 2000. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-15102014-100504/publico/Migliorini\\_\\_Doutorado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-15102014-100504/publico/Migliorini__Doutorado.pdf) acesso em 11/07/2020. Acesso em: 11 jul. 2020.

MIGLIORINI, R. B.; BARROS, M. S.; APOITIA, L. F. M. D.; SILVA, J. F. D. Diagnóstico preliminar das principais Províncias Hidrogeológicas do Estado de Mato Grosso: uma proposta hidrogeológica de reconhecimento. In FERNADES C. 76 J. e RIBEIRO R. V. (coord.) Coletânea Geológica de Mato Grosso. Cuiabá: UFMT, 2006.

MINGOTI, R.; SPADOTTO C. A. Identificação de regiões do estado do mato grosso suscetíveis à contaminação da água subterrânea. Embrapa Gestão Territorial, Analista, Campinas – SP, XX Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1057990/1/XXRBMCSAContaminacaoAguaSubterranea.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA – Informe sobre a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos no período 2012-2014 e perspectivas para 2015. 2015. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/inserir-documentos-nos-artigos/pnrh/linha-do-tempo/2342-informe-implementacao-pnrh-2015/file>. Acesso em: 02 nov. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA – Procedimentos de Licenciamento Ambiental de Mato Grosso. 2018. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/images/2018/08/Procedimentos-de-Licencamento-Ambiental-MATO-GROSSO-MT.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

NASCIMENTO, F. P. D.; SOUSA, F. L. L. Metodologia da pesquisa científica - teoria e prática. 1. ed. Brasília: Thesaurus. Brasília. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAO. Global map of irrigation areas version 5. 2013. Disponível em:

<http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated-areas/latest-version/>. Acesso em: 06 fev. 2021.

OROSCO, R. T. Conflitos na gestão de recursos hídricos no Brasil: o caso da interligação Jaguari-Atibainha na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 2018. Disponível em: <https://www.ufjf.br/srhps/files/2018/09/A0028.pdf>. Acesso em: 03 fev 2020.

PEREIRA, T. D. D.; SANTOS, B. C. D.; NEVES, G. Z. D. F. Variabilidade pluviométrica do estado do Mato Grosso na série temporal de 1998 a 2017. Revista Geonorte, v.11, n.37, p. 39-56. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/7213/5540>. Acesso em: 15 dez. 2021.

QGIS. A liderança do Sig de código aberto. 2020. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/about/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html). Acesso em: 03 fev. 2020.

RAMOS, P.N.F. Densidade e caracterização genotípica das linhagens de ferrobactérias isoladas de água de poços rasos em Cuiabá Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos - Tecnologias– Faet - Faculdade de Arquitetura - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. p. 59. 2015. Disponível em: <https://sites.ufmt.br/ppgrh/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Turma%202015/pamila.pdf> Acesso em: 10 jan. 2021.

REBOUÇAS, A.C. Águas Subterrâneas In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org), Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3. ed. São Paulo: Editora Escrituras. 2006.

REBOUÇAS, A. C. Importância da Água Subterrânea. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID. 812 p. 2008.

ROCHA, G. A. Mapa de águas subterrânea do estado de São Paulo: Escala 1:1. 000.000. São Paulo: DAEE- Departamento de Águas e Energia Elétrica: IG-Instituto Geológico: IPT-

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2005.

ROMAN ENGENHARIA. romanengenharia/romaps. 2020. Disponível em: <https://github.com/romanengenharia/romaps>. Acesso em: 27 fev. 2021.

SALGADO, J.D.R.S.S.; COSTA, M.E.L.D. Águas subterrâneas em Cuiabá e Várzea Grande – MT: mensuração do volume para atender aos múltiplos usos. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS. 2017. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VIII-015.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

SANTOS, P.R.P.D. Metodologia para a tomada de decisão sobre a utilização de água subterrânea no abastecimento público no entorno de áreas urbanas industrializadas. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, 2016. São Paulo: USP/FSP. p. 335. 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-31052016-133831/en.php>. Acesso em: 23 dez. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO – SEMA-MT. Resolução SEMA nº 90 DE 13/04/2017. Norma Estadual - Mato Grosso. Estabelece critérios técnicos a serem aplicados nas análises dos pedidos de outorga de águas subterrâneas de domínio do Estado de Mato Grosso. 2017. Disponível em: [https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-90-2017-mt\\_342464.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-90-2017-mt_342464.html). Acesso em: 02 fev. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO – SEMA-MT. Instrução Normativa SEMA Nº 5 DE 22/08/2017. Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados para os processos de outorga de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Mato Grosso. 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=348108>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO – SEMA-MT. Oficina de Águas Subterrâneas. 2019. Disponível em: Outorga das Águas Subterrâneas (ana.gov.br). Acesso em: 02 fev. 2020.



SERAPHIM, A. P. A. C. C. Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas a urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Paranoá - DF. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) —Universidade de Brasília, Brasília. p. 193. 2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Relatório Diagnóstico Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti no Estado do Mato Grosso - Bacia Sedimentar dos Parecis. Vol. 09. Recursos Hídricos. Área: Recursos Hídricos Subterrâneos. Subárea: Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos. 2012. 55p. Disponível em: [http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF\\_RIMAS/VOLUME9\\_Aquiferos\\_Ronuro\\_Salto%20das%20Nuvens\\_Utiariti\\_MT.pdf](http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMAS/VOLUME9_Aquiferos_Ronuro_Salto%20das%20Nuvens_Utiariti_MT.pdf). Acesso em: 02 fev. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo. 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Mapa-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-756.html>. Acesso em: 15 jul. 2020.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. SIAGAS: Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. 2018. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/> Acesso em: 18 jun. 2020.

SILVA, A B. D. Hidrogeologia de Meios Cársticos. Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ organização e coordenação científica/Fernando A.C. Feitosa ... [et al.] ... – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

SILVA, T. M. G. Caracterização do Sistema Aquífero Parecis na região centro-norte do Estado de Mato Grosso: Subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília Instituto de Geociências. Brasília. 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/13677>. Acesso em: 11 jul. 2020.

SILVA, J. J.F.D.; MIGLIORINI, R. B. Caracterização das águas subterrâneas do aquífero Furnas na região sul do Estado de Mato Grosso. Revista Geociências, Unesp.2014. Disponível em:

<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7345/6789>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SOARES, B. Git para dummies. 2019. Disponível em: <https://medium.com/techrebels/git-para-dummies-a0cb9448dacf>. Acesso em: 7 dez. 2019.

TEDESCO, A. M. Avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná. 2018.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TOCCALINO, P. L.; NORMAN, J. E.; SCOTT, J. C. Chemical mixtures in untreated water from public-supply wells in the U.S. Occurrence, composition, and potential toxicity. In: Science of Total Environment. v. 431, p. 262-270, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969712007267?via%3Dihub>. Acesso em: 23 dez. 2021.

TUCCI, C. E. M.; CABRAL, J. J. D. S. P. Qualidade da Água Subterrânea, Prospecção Tecnológica Recursos Hídricos. p. 59. 2003. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/a2b\\_doc\\_final\\_agua\\_subterr\\_1184.pdf/49642517-e831-4ef7-bccd-5c6d3834a3a0?version=1.0](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/a2b_doc_final_agua_subterr_1184.pdf/49642517-e831-4ef7-bccd-5c6d3834a3a0?version=1.0). Acesso em: 02 fev. 2020.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 3. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/IPH. 2004.

UNESCO. United Nations World Water Assessment Programme. In: Groundwater and Global Change: Trends, Opportunities and Challenges (by Jac van der Gun). 2012. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/282660685\\_Groundwater\\_and\\_global\\_change\\_trends\\_opportunities\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/282660685_Groundwater_and_global_change_trends_opportunities_and_challenges). Acesso em: 23 dez. 2021.

VILLAR, P. C.; GRANZIERA, M. L. M. Direito de águas à luz da governança. Brasília – DF, ANA. 2019. Disponível em:

[https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1052/3/UNIDADE%2003\\_ANA.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1052/3/UNIDADE%2003_ANA.pdf).

Acesso em: 02 nov. 2021.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. Water Stress. 2015. Disponível em:

Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings | World Resources Institute (wri.org).

Acesso em: 20 dez. 2020.

ZHU, Y.; BALKE, K. D. Groundwater protection: What can we learn from Germany. In: Journal of Zhejiang University SCIENCE B. v. 9, n. 3, p. 227-231, 2008. Disponível em:

<http://www.jzus.zju.edu.cn/article.php?doi=10.1631/jzus.B0710639>. Acesso em: 23 dez. 2021.

## ANEXO 1

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<!-- TÍTULO DA PÁGINA -->
<title>MAPA</title>
<!-- BIBLIOTECAS CARREGADAS E FOLHAS DE ESTILO -->
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.0.3/dist/leaflet.css" />
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet.markercluster@1.0.3/dist/MarkerCluster.Default.css" />
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet.markercluster@1.0.3/dist/MarkerCluster.css" />
<script src="https://unpkg.com/leaflet@1.0.3/dist/leaflet-src.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/leaflet.markercluster@1.0.3/dist/leaflet.markercluster.js"></script>
<script src="https://calvinmetcalf.github.io/leaflet-shapefile/leaflet-shpfile.js"></script>
<script src="https://code.jquery.com/jquery-2.1.0.min.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/shpjs@latest/dist/shp.js"></script>
</head>
<body>

<!-- CONTAINER DO MAPA LEAFLET -->

<div id="map" style="width: 100%; height: 100vh; border: 0px;"></div>

<script type="text/javascript">

<!-- INSIRA ABAIXO O CAMINHO PARA SUA FONTE DE DADOS -->
$.getJSON("https://raw.githubusercontent.com/giselleccosta/bd2/master/bd2.geojson",
function(data) {

<!-- CRIA CAMADAS DE MAPA BASE -->
var osm = L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {maxZoom: 25});
var esrisat = L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', {maxZoom: 25, maxNativeZoom: 17});

<!-- REFERENCIA CAMADAS DE BASE CARTOGRÁFICA (SHAPEFILES) -->
var shp_bacias_hidrograficas_mt = 'https://raw.githubusercontent.com/giselleccosta/shp-gasub/main/bacias_hidrograficas_mt.zip';
var shp_hidrogeologia = 'https://raw.githubusercontent.com/giselleccosta/shp-gasub/main/hidrogeologia.zip';
var shp_localidades = 'https://raw.githubusercontent.com/giselleccosta/shp-gasub/main/localidades.zip';
var shp_sistemaviario = 'https://raw.githubusercontent.com/giselleccosta/shp-gasub/main/sistemaviariosimples.zip';
```

<!-- CRIA CAMADAS DE BASE CARTOGRÁFICA -->

```
var bacias_hidrograficas_mt = new L.Shapefile(shp_bacias_hidrograficas_mt, {
onEachFeature: function(feature, layer) { if (feature.properties) {
layer.bindPopup(Object.keys(feature.properties).map(function(k) { return k + ": " +
feature.properties[k]; }).join("<br />"), { maxHeight: 600 }); } } });
var hidrogeologia = new L.Shapefile(shp_hidrogeologia, { onEachFeature: function(feature,
layer) { if (feature.properties) {
layer.bindPopup(Object.keys(feature.properties).map(function(k) { return k + ": " +
feature.properties[k]; }).join("<br />"), { maxHeight: 600 }); } } });
var localidades = new L.Shapefile(shp_localidades, { onEachFeature: function(feature, layer)
{ if (feature.properties) { layer.bindPopup(Object.keys(feature.properties).map(function(k) {
return k + ": " + feature.properties[k]; }).join("<br />"), { maxHeight: 600 }); } } });
var sistemaviario = new L.Shapefile(shp_sistemaviario, { onEachFeature: function(feature,
layer) { if (feature.properties) {
layer.bindPopup(Object.keys(feature.properties).map(function(k) { return k + ": " +
feature.properties[k]; }).join("<br />"), { maxHeight: 600 }); } } });
```

<!-- CONFIGURAÇÕES DO AGRUPAMENTO DE PONTOS -->

```
var markers = L.markerClusterGroup({
spiderfyOnMaxZoom: false, //desagrupar os pontos no zoom máximo: falso
showCoverageOnHover: false, //mostrar cobertura de pontos: falso
zoomToBoundsOnClick: true, //zoom para o limite ao clicar: verdadeiro
disableClusteringAtZoom: 15 //desabilitar agrupamento ao zoom: 15
});
```

<!-- CRIAÇÃO DA CAMADA GEOJSON A PARTIR DOS DADOS CARREGADOS -->

```
var geoJsonLayer = L.geoJson(data, { //adiciona arquivo como camada
onEachFeature: function (feature, layer) {
layer.bindPopup(
'<strong>Protocolo: </strong>'+feature.properties.protocolo+'</br>'+
'<strong>Categoria: </strong>'+feature.properties.categoria+'</br>'+
'<strong>Captação: </strong>'+feature.properties.captacao+'</br>'+
'<strong>Finalidade: </strong>'+feature.properties.finalidade+'</br>'+
'<strong>Município: </strong>'+feature.properties.municipio+'</br>'+
'<strong>Portaria: </strong>'+feature.properties.portaria+'</br>'+
'<strong>Data de Publicação: </strong>'+feature.properties.data_publicacao+'</br>'+
'<strong>Validade: </strong>'+feature.properties.validade+'</br>'+
'<strong>Vazão (m³/h): </strong>'+feature.properties.vazao+'</br>'+
'<strong>H/Dia: </strong>'+feature.properties.hdia+'</br>'+
'<strong>Profundidade do poço (m): </strong>'+feature.properties.profundidade+'</br>'+
'<strong>Tipo: </strong>'+feature.properties.tipo+'</br>'+
'<strong>NE (m): </strong>'+feature.properties.ne+'</br>'+
'<strong>ND (m): </strong>'+feature.properties.nd+'</br>'+
'<strong>Província Hidrogeológica: </strong>'+feature.properties.provincia+'</br>'+
'<strong>UPG: </strong>'+feature.properties.upg+'</br>'+
'<strong>Situação/Localização: </strong>'+feature.properties.situacao+'</br>'+
'<strong>Latitude: </strong>'+feature.properties.latitude+'</br>'+
'<strong>Longitude: </strong>'+feature.properties.longitude+'</br>'
```

```

); //para cada feição cria um popup com as informações
}
});

markers.addLayer(geoJsonLayer); //adiciona marcadores na camada

var map = L.map('map').addLayer(osm); //cria mapa e adiciona mapa base
map.addLayer(markers); //adiciona camada de marcadores no mapa
map.fitBounds(markers.getBounds()); //centraliza visão do mapa

var mapasbase = { //INSERE OS MAPAS BASE CRIADOS NA LISTA DE MAPAS
BASE
"Ruas (OpenStreetMap)": osm, //INSIRA OS NOMES DOS MAPAS E AS VARIAVEIS
CRIADAS ACIMA
"Satélite (ESRI)": esrisat
};

<!-- ADICIONE AQUI AS CAMADAS PARA O CONTROLE -->
var camadas = { //INSERE AS CAMADAS CRIADAS ACIMA
"Poços": markers, //INSIRA OS NOMES DAS CAMADAS E AS VARIAVEIS CRIADAS
"Bacias Hidrográficas": bacias_hidrograficas_mt,
"Hidrogeologia": hidrogeologia,
"Localidades": localidades,
"Sistema Viário": sistemaviario
};

L.control.layers(mapasbase, camadas, {collapsed:false}).addTo(map); //ADICIONA O
CONTROLE DE CAMADAS NO MAPA
});

</script>
</body>
</html>

```