



**Universidade Federal de Itajubá**  
**Instituto de Ciências Puras e Aplicadas**  
**Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos**  
**PROFÁGUA**

**Lucas Santana Lopes**

**ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ALTERNATIVA DE  
ABASTECIMENTO PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG.**

**Itabira – Minas Gerais**

**2022**

**Lucas Santana Lopes**

**ESTUDO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ALTERNATIVA DE  
ABASTECIMENTO PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG.**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá.

Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Projeto de Pesquisa vinculado a Linha: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

**APROVADO EM 08 DE JULHO DE 2022**

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. José Augusto Costa Gonçalves – Orientador  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof.(a) Dr.(a) Eliane Maria Vieira – Coorientador(a)  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof. Dr. Gláucio Marcelino Marques  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

---

Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione  
Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP

**Itabira – Minas Gerais**

**2022**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os meus amigos e familiares, em especial aos meus pais, que me deram toda a educação necessária para conquistar meus objetivos, e também a minha esposa, que foi meu porto seguro nos momentos mais difíceis nessa trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, nosso pai, toda honra e toda glória seja dada a ele.

Ao meu pai Marco Antônio, que sempre foi referência nos valores que levo pra vida.

A minha mãe Mirian, que sempre me cuidou e apoiou, em qualquer que seja o momento.

A minha querida esposa Marina, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis e sem a força dela esse momento não seria possível.

A minha querida Rubi, que não importa a hora, sempre está disposta a brincar e me acalmar.

Ao meu irmão Mateus, pelo companheirismo e amizade.

Aos familiares e amigos, que me deram força e torceram por mim.

Aos meus orientadores, professor Dr. José Augusto Costa Gonçalves e professora Dr.(a) Eliane Maria Vieira, pelo incentivo, colaboração e orientação.

A todos os professores do programa que contribuíram para enriquecer meu conhecimento.

Aos colegas de turma, sem eles a caminhada seria mais árdua e menos agradável.

A UNIFEI e seus colaboradores, que promovem a educação de forma excelente e tornam oportuna a aprendizagem.

## EPÍGRAFE

Assim como você não conhece o caminho do vento, nem como o corpo é formado no ventre de uma mulher, também não pode compreender as obras de Deus, o criador de todas as coisas.

Eclesiastes, 11:5

## RESUMO.

Lopes, Lucas Santana. **Estudo da água subterrânea como alternativa de abastecimento para o município de Viçosa-mg.** 2022. XX f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2022.

A segurança hídrica é um dos temas centrais quando globalmente o assunto é Recursos Hídricos. A busca por novas fontes de captação de água bruta é uma realidade em muitos municípios do Brasil e em Viçosa – Minas Gerais não é diferente. Visando dispor de uma fonte alternativa, que não seja um manancial superficial distante vários quilômetros do centro urbano, este estudo tem por objetivo a pesquisa da água subterrânea como fonte de abastecimento urbano no município de Viçosa-MG, na expansão do sistema existente. Para tal, foi realizada a coleta de dados in loco, elaboração de planilha e mapas com informações dos poços existentes e analisada a viabilidade executiva do sistema proposto. A visita, conhecimento e ensaios dos poços, juntamente com recursos computacionais, foram de suma importância para execução do estudo, permitindo a elaboração dos documentos que subsidiaram o estudo e fornecerão aos gestores municipais dados confiáveis para a correta toma de decisão. Os resultados revelaram tendências de regiões e técnicas que indicam o potencial aproveitamento da água subterrânea para o propósito. A utilização destes recursos devem auxiliar para o abastecimento e consumo humano, um dos usos prioritários em situações de escassez segundo a Lei das Águas.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Gestão de Recursos Hídricos; Abastecimento Público.

## ABSTRACT

Lopes, Lucas Santana. Study of groundwater as a supply alternative for the municipality of Viçosa-mg. 2022. XX f. Dissertation (Professional Master's Degree in National Network in Management and Regulation of Water Resources - PROFÁGUA), Institute of Pure and Applied Sciences, Federal University of Itajubá, branch of Itabira, Minas Gerais, 2022.

Water security is one of the central themes when it comes to water resources globally. The search for new sources of raw water capture is a reality in many municipalities in Brazil and in Viçosa – Minas Gerais it is no different. In order to have an alternative source, other than a surface spring several kilometers from the urban center, this study aims to research groundwater as a source of urban supply in the municipality of Viçosa-MG, in the expansion of the existing system. To this end, data collection was carried out in loco, preparation of a spreadsheet and maps with information from the existing wells and the executive feasibility of the proposed system was analyzed. The visit, knowledge and tests of the wells, together with computational resources, were of paramount importance for the execution of the study, allowing the elaboration of the documents that subsidized the study and will provide the municipal managers with reliable data for the correct decision making. The results revealed trends in regions and techniques that indicate the potential use of groundwater for the purpose. The use of these resources must help for the supply and human consumption, one of the priority uses in situations of scarcity according to the Water Law.

Keywords: Groundwater; Water Resources Management; Public Supply.

## LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Distribuição global da água no mundo. Fonte: FAO 2016. ....	19
Figura 2: Média Histórica da precipitação mensal no Brasil. Fonte: ANA 2017.....	20
Figura 3: Precipitações, vazões médias e disponibilidade hídrica por Regiões Hidrográficas. Fonte: ANA 2017. ....	22
Figura 4: Relações entre aquíferos e cursos de água. Fonte: ANA 2017. ....	23
Figura 5: Estimativa disponibilidade de água subterrânea no Brasil. Fonte: ANA 2017. ....	24
Figura 6: Evolução estimado da quantidade de poços no Brasil. Fonte: ANA 2017. ....	28
Figura 7: Demanda por finalidade em 2019 no Brasil. Fonte: ANA, 2020.....	29
Figura 8: Necessidade de investimento no Abastecimento Urbano no Brasil. Fonte: ANA, 2017. ....	31
Figura 9: Localização da Bacia do Rio Turvo. Fonte: Autor, 2020. ....	32
Figura 10: Etapas de execução dos estudos. Fonte: Autor, 2021. ....	34
Figura 11: PÇ-VIÇ-SAAE01. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	40
Figura 12: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE01. Fonte: Autor.....	40
Figura 13: PÇ-VIÇ-SAAE02. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	42
Figura 14: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE02. Fonte: Autor.....	42
Figura 15: PÇ-VIÇ-SAAE03. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	44
Figura 16: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE03. Fonte: Autor.....	44
Figura 17: PÇ-VIÇ-SAAE04. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	46
Figura 18: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE04. Fonte: Autor.....	46

Figura 19: PÇ-VIÇ-SAAE05. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	48
Figura 20: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE05. Fonte: Autor.....	48
Figura 21: PÇ-VIÇ-SAAE06. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	50
Figura 22: Vista geral de locação dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.....	50
Figura 23: PÇ-VIÇ-SAAE07. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	52
Figura 24: PÇ-VIÇ-SAAE08. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	54
Figura 25: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE08 e PÇ-VIÇ-SAAE09. Fonte: Autor...	54
Figura 26: PÇ-VIÇ-SAAE09. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	56
Figura 27: PÇ-VIÇ-SAAE10. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	58
Figura 28: PÇ-VIÇ-SAAE11. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	60
Figura 29: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE11. Fonte: Autor.....	60
Figura 30: PÇ-VIÇ-SAAE12. Data: 25/05/2021. Fonte autor. ....	62
Figura 31: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE12. Fonte: Autor.....	62
Figura 32: PÇ-VIÇ-SAAE13. Data: 25/05/2021. Fonte autor. ....	64
Figura 33: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE13. Fonte: Autor.....	64
Figura 34: PÇ-VIÇ-SAAE14. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	66
Figura 35: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE14. Fonte: Autor.....	66
Figura 36: PÇ-VIÇ-SAAE15. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	68
Figura 37: PÇ-VIÇ-SAAE16. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	70
Figura 38: PÇ-VIÇ-SAAE17. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	72
Figura 39: Vista geral de locação dos poços do Distrito de Cachoeira de Santa Cruz. Fonte: Autor.....	72

Figura 40: PÇ-VIÇ-SAAE18. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	74
Figura 41: PÇ-VIÇ-SAAE19. Data: 18/05/2021. Fonte autor. ....	76
Figura 42: Vista geral de locação dos poços do Distrito de São José do Triunfo. Fonte: Autor.....	76
Figura 43: PÇ-VIÇ-SAAE20. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	78
Figura 44: PÇ-VIÇ-SAAE21. Data: 16/11/2021. Fonte autor. ....	80
Figura 45: Mapa de Localização dos Poços. Folha 01/03. Fonte: Autor, 2021. ....	84
Figura 46: Mapa de Localização dos Poços. Folha 02/03. Fonte: Autor, 2021. ....	85
Figura 47: Mapa de Localização dos Poços. Folha 03/03. Fonte: Autor, 2021. ....	86
Figura 48: Mapa de Drenagem. Fonte: Autor, 2021.....	89
Figura 49: Mapa Geológico. Fonte: Autor, 2021. ....	91
Figura 50: Mapa de Lineamento. Fonte: Autor, 2021. ....	95
Figura 51: Mapa de Temas Integrados. Fonte: Autor, 2021.....	97
Figura 52: Vista da margem do Rio Turvo a jusante do encontro com Ribeirão São Bartolomeu. Data 16/11/2021. Fonte: Autor.....	99
Figura 53: Vista geral da área de interesse. Fonte: Autor. ....	99

## LISTA DE TABELAS:

Tabela 1: Valores estimados para demanda de tratamento de água Viçosa-MG. Fonte: PMS Viçosa-MG, 2015. ....	17
Tabela 2: PÇ-VIÇ-SAAE01 / Bairro Nova Viçosa. ....	39
Tabela 3: PÇ-VIÇ-SAAE02 / Bairro Novo Paraíso. ....	41
Tabela 4: PÇ-VIÇ-SAAE03 / Bairro Novo Silvestre Poço 01. ....	43
Tabela 5: PÇ-VIÇ-SAAE04 / Bairro Novo Silvestre Poço 02. ....	45
Tabela 6: PÇ-VIÇ-SAAE05 / Bairro Romão dos Reis. ....	47
Tabela 7: PÇ-VIÇ-SAAE06 / Bairro Rua Nova (Ecolife). ....	49
Tabela 8: PÇ-VIÇ-SAAE07 / Bairro Rua Nova/Romão dos Reis. ....	51
Tabela 9: PÇ-VIÇ-SAAE08 / Bairro Sol Nascente. ....	53
Tabela 10: PÇ-VIÇ-SAAE09 / Bairro São Francisco de Assis. ....	55
Tabela 11: PÇ-VIÇ-SAAE10 / Bairro Vila Alves. ....	57
Tabela 12: PÇ-VIÇ-SAAE11 / Comunidade do Buieieí. ....	59
Tabela 13: PÇ-VIÇ-SAAE12 / Comunidade do Córrego São João. ....	61
Tabela 14: PÇ-VIÇ-SAAE13 / Comunidade do Pau de Cedro. ....	63
Tabela 15: PÇ-VIÇ-SAAE14 / Comunidade dos Cristais. ....	65
Tabela 16: PÇ-VIÇ-SAAE15 / Condomínio Monte Verde (Vila Alves). ....	67
Tabela 17: PÇ-VIÇ-SAAE16 / Condomínio Octávio Pacheco. ....	69
Tabela 18: PÇ-VIÇ-SAAE17 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 01. ....	71
Tabela 19: PÇ-VIÇ-SAAE18 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 02. ....	73

Tabela 20: PÇ-VIÇ-SAAE19 / Distrito de São José do Triunfo Poço 01. ....	75
Tabela 21: PÇ-VIÇ-SAAE20 / Distrito de São José do Triunfo Poço 02. ....	77
Tabela 22: PÇ-VIÇ-SAAE21 / Distrito de São José do Triunfo Poço 03. ....	79
Tabela 23: Planilha de Informações dos Poços. Fonte: Autor, 2022.....	82
Tabela 24: Sistemas Aquíferos da área de estudo. ....	92

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAO - Food and Agriculture Organization

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBIO – Instituto BioAtlântica

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ONU – Organização das Nações Unidas

PMS – Plano Municipal de Saneamento

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto

UTM – Universal Transversal de Mercator

## SUMÁRIO:

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>EPÍGRAFE .....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS: .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS:.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>SUMÁRIO: .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO. ....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS. ....</b>	<b>18</b>
2.1 Objetivo Geral: .....	18
2.2 Objetivos específicos:.....	18
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO. ....</b>	<b>19</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
4.1 Área de Estudo. ....	32
4.2 Método.....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....</b>	<b>38</b>
5.1 Coleta de dados e trabalho de campo: .....	38

5.2	Elaboração de Planilha de Informações:.....	81
5.3	Elaboração de Mapa de Localização e Caracterização de Poços:.....	83
5.4	Elaboração de Mapas de Drenagem:.....	88
5.5	Elaboração de Mapa Geológico e Caracterização: .....	90
5.6	Elaboração de Mapa de Lineamento e Análise de Influência:.....	94
5.7	Elaboração de Mapa de Temas Integrados: .....	96
5.8	Análise de resultados e discussões: .....	98
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>101</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS. ....</b>	<b>103</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXO – Informações SAAE Viçosa. ....</b>	<b>108</b>

## 1. INTRODUÇÃO.

O uso da água para consumo humano é um dos usos prioritários segundo a Lei das águas, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Muitos são os municípios em Minas Gerais que convivem com a escassez hídrica nos últimos anos, declarando situações de racionamento nos períodos de seca. Grande parte desse problema se relaciona com a matriz da fonte adotada pelas companhias de saneamento, na qual a maioria se utiliza da captação superficial como fonte de água bruta.

Neste sentido, Bertolo *et al.* (2015, p.17) afirma: “[...] Os desafios que as águas têm colocado para a nossa sociedade não são fáceis e exigem que os gestores se reorganizem e reinventem processos, busquem novas alternativas economicamente viáveis de elevação da oferta, tomem decisões buscando ótimas condições de consumo e acelerem os processos de tratamento e reúso das águas. Nesse cenário, a água subterrânea, sem dúvida, é um recurso generoso e está disponível para ajudar a amenizar os desconfortos dos dias de escassez.”

Recentemente as crises em todo território nacional foram agravadas por grandes eventos de seca: “[...] O ano de 2014 destacou-se por uma estiagem severa na região Sudeste. Entre 2014 e 2015, as vazões diminuíram em diversos rios dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Este fato, juntamente com fragilidades da gestão hídrica, levou o estado de São Paulo a enfrentar uma crise hídrica sem precedentes, que contribuiu fortemente para a redução da oferta de água na região, particularmente na Região Metropolitana de São Paulo. (...) Havia menos de 1% de chance (ou 100 anos de tempo de retorno) de totais anuais de chuva e de vazão média anual dessa magnitude (muito baixos) ocorrerem nesses locais.” (ANA, 2017, p.32).

A partir de então a água subterrânea emerge como alternativa para o enfrentamento da problemática, pois esta é menos susceptível as variações climáticas, tal como elucidado no Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: “[...] Além das águas superficiais, as águas subterrâneas desempenham importante papel

como fonte de água para os diversos usos. A grande capacidade de armazenamento e resiliência a longos períodos de estiagem, resultantes da variabilidade climática, fazem dos recursos hídricos subterrâneos uma importante alternativa para o enfrentamento de períodos de escassez hídrica.” (ANA, 2017, p.36).

Resta claro a importância da água subterrânea para os diversos usos, principalmente para o abastecimento público urbano ou rural. Em situações de crise no abastecimento público devido à seca prolongada, investimento em novos mananciais superficiais tendem a ser mais demorados e caros, tal como apresentado por Bertolo *et al.* (2015, p.12): “[...] A construção de poços tem prazo relativamente pequeno, da ordem de dezenas de dias até alguns meses, contra dezenas de meses a alguns anos no caso de captação de corpos de água superficial.”.

Viçosa-MG está inserida neste contexto, pois atualmente possui duas Estações de Tratamento de Água (ETA). A primeira é denominada ETA I Sede Administrativa do SAAE Viçosa, situada a Rua do Pintinho, sem numeração, Bairro Bela Vista, com captação de água bruta no Ribeirão São Bartolomeu, em lagoa no Campus da Universidade Federal de Viçosa, com coordenadas geográficas 20°45’55,6” de latitude sul e 42°52’10,5” de longitude oeste. O site do SAAE Viçosa, Autarquia municipal responsável pelo abastecimento público municipal, acessado em 12/04/2021 cita outorga de 100 l/s de acordo com Portaria IGAM no 157/2002, válida até 21/02/2022. Entretanto é sabido que houve redução da vazão outorgada pelo IGAM para os períodos de seca, com a vazão máxima de captação de 60 l/s nestes períodos.

Já a segunda estação é denominada ETA II Violeira, situada a Estrada da Violeira, sem numeração, Zona Rural, com captação no Rio Turvo Sujo em trecho do manancial com coordenadas geográficas 20°43’22,1” de latitude sul e 42°51’2,9” de longitude oeste. O site da Autarquia acessado em 12/04/2021 cita: Outorga: 250 l/s, de acordo com Portaria IGAM no 00156/2002, válida até 21/02/2022. Entretanto, a atual estrutura desta estação não suporta tal vazão para produção de água, sendo atualmente sua capacidade para tratamento de 180 l/s. É público que a autarquia tem realizado investimentos nos últimos anos para ampliar a estrutura da ETA II Violeira, com o intuito de no futuro alcançar a capacidade de 250 l/s.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Viçosa-MG (PMS Viçosa-MG) estima em 276 l/s a demanda de tratamento no ano de 2030 conforme tabela 1 abaixo:

	2012	2015	2020	2030
Demanda de Produção (L/s) <sup>(1)</sup>	243	252	262	276
Reservação 8h (m <sup>3</sup> )	7.012	7.271	7.555	7.957
Reservação 12h (m <sup>3</sup> )	10.517	10.907	11.333	11.936
Volume Diário (m <sup>3</sup> )	21.035	21.813	22.665	23.871

Tabela 1: Valores estimados para demanda de tratamento de água Viçosa-MG. Fonte: PMS Viçosa-MG, 2015.

Ainda de acordo com PMS Viçosa-MG, a capacidade máxima dos poços tubulares espalhados pelo município é de 32 l/s. Ao se calcular os dados somados das capacidades de tratamento de água das ETA's no período seco (240 l/s) e a capacidade máxima dos poços tubulares (32 l/s), atualmente no período seco, a capacidade máxima de produção de água é de 272 l/s. Se comparando com os dados da tabela 1, já se é vivenciado um período de incertezas quanto à segurança hídrica para o abastecimento do município.

Nesta lógica, o SAAE Viçosa com recursos do IBIO – AGB Doce, através do contrato IBIO – AGB Doce N° 36/2016, decorrente do Ato Convocatório n° 07/2016 – Lote 2, obteve a oportunidade para elaboração dos Estudos e Projetos da nova produção para o sistema de abastecimento de água da sede do município de Viçosa-MG. Estes projetos ainda não foram integralmente entregues ao SAAE Viçosa, entretanto restam apenas projetos executivos para serem finalizados, sendo toda a concepção já apresentada e aprovada pela Autarquia municipal. O projeto em tela recomenda a construção de uma nova ETA, com captação superficial no Rio Turvo Limpo, distante aproximadamente 14 km da sede municipal e capacidade de 100 l/s para produção de água.

Observando o cenário atual, este estudo se concentra em apresentar a água subterrânea como possível alternativa para o abastecimento público no município de Viçosa-MG, alinhando a viabilidade técnica e financeira para tal.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1 Objetivo Geral:**

O objetivo geral da pesquisa é realizar o estudo da água subterrânea como fonte de abastecimento urbano para o município de Viçosa-MG, visando gerar alternativa a busca por mananciais superficiais distantes da sede municipal e contribuindo para a segurança hídrica local.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Criação de planilha com informações essenciais dos poços utilizados atualmente pela companhia de saneamento local advindo da coleta de dados *in loco*;
- Criação de mapa georreferenciado com informações essenciais dos poços catalogados, contendo localização dos poços, hidrografia, litologia e fraturas;
- Apresentar alternativa de abastecimento urbano (expansão do sistema atual) com utilização de água subterrânea e indicação de possíveis áreas para captação.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO.

É sabido que apesar de ser abundante no planeta a existência de água, apenas pequena parte desta é doce, o Diagnóstico Global da Governança das Águas Subterrâneas elaborado pela Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) em 2016 apresenta dados importantes conforme a figura 1 apresentada abaixo. Da figura 1 observamos que a água doce representa apenas 2,5% do total de água disponível no planeta. Deste montante as geleiras contem 68,7% da água doce, as águas subterrâneas representam 30,1% e apenas 0,4% resta disponível de forma superficial e atmosférica. Nesta acepção: “[...] A água subterrânea representa quase 99% de todo o volume de água doce disponível na Terra e é, portanto, uma grande reserva de água doce única que pode agir como um amortecedor durante longos períodos de seca.” (FAO, 2016, p.39). Tamanha a importância da água subterrânea no mundo que já nestes tempos 50% da água para abastecimento e grande parte das terras irrigadas possuem esta como fonte de abastecimento: “[...] Globalmente, a água subterrânea fornece metade de toda a água potável e fornece água para quase 40% das terras irrigadas.” (FAO, 2016, p.09).

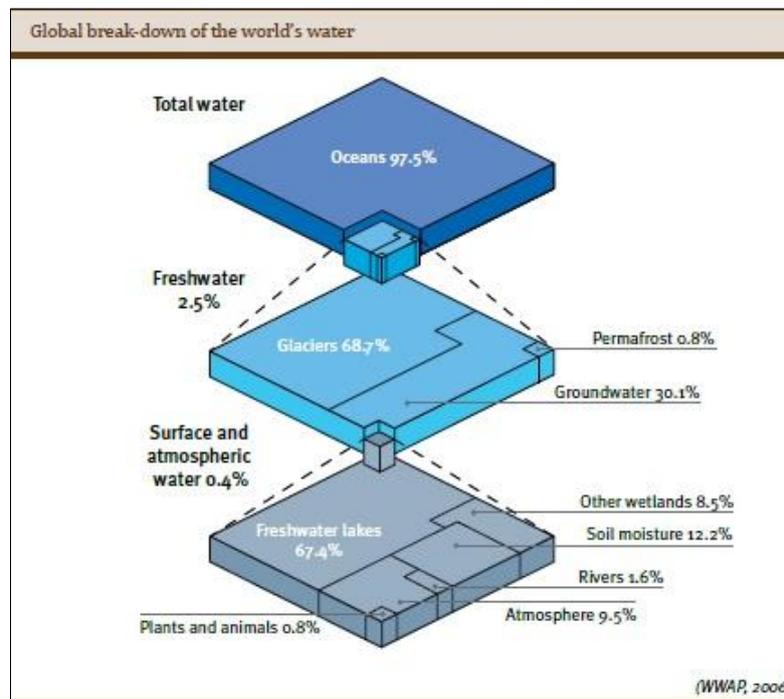


Figura 1: Distribuição global da água no mundo. Fonte: FAO 2016.

Nacionalmente, dados importantes sobre os recursos hídricos no Brasil são obtidos dos Relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, elaborado anualmente pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Neste tocante, no início deste trabalho, a Conjuntura de 2017 era o último relatório pleno disponível. Logo na página de apresentação encontra-se importante citação: “O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água doce do mundo. Isso traz um aparente conforto, porém os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no território, espacial e temporalmente. Esses fatores, somados aos usos da água pelas diferentes atividades econômicas nas bacias hidrográficas brasileiras e os problemas de qualidade de água, geram áreas de conflito.”. Ainda neste sentido: “[...] a disponibilidade de água está distribuída de forma desigual nas bacias hidrográficas brasileiras e, conseqüentemente, nos estados. Cerca de 80% da água superficial do país encontra-se na Região Hidrográfica Amazônica que, por outro lado, possui baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso de água.” (ANA, 2017, p.08).

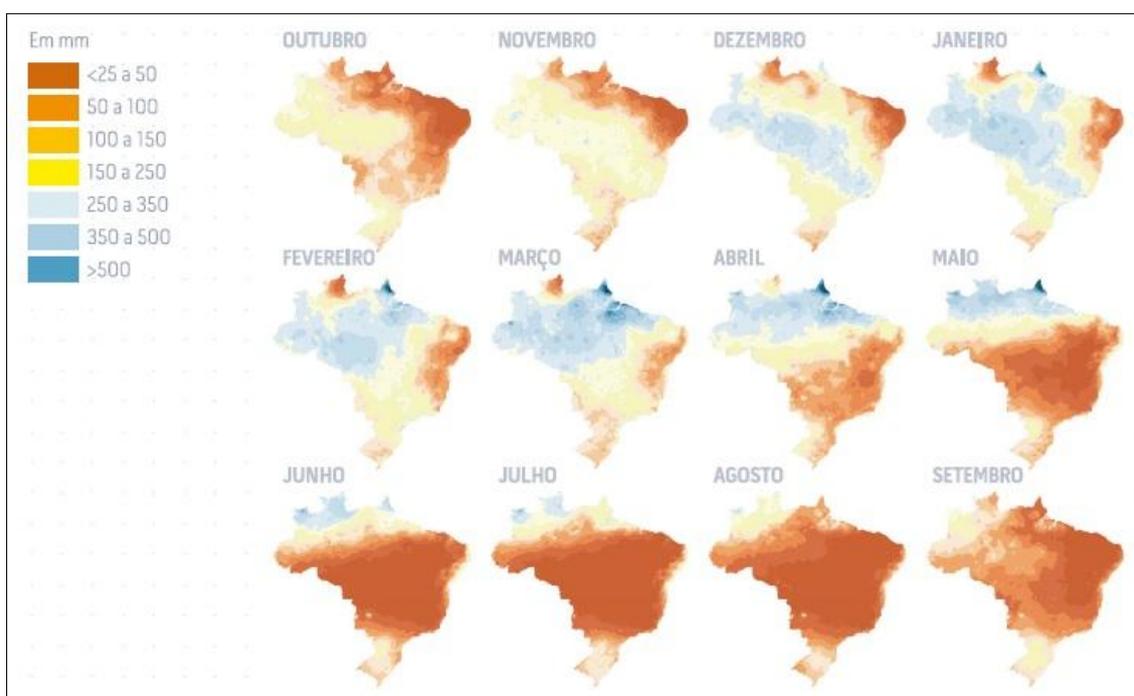


Figura 2: Média Histórica da precipitação mensal no Brasil. Fonte: ANA 2017.

A disponibilidade de água superficial possui dependência intrínseca com as precipitações, e não diferente as chuvas também ocorrem de maneira desigual sobre nosso território: “[...] A precipitação média anual do Brasil é de 1.760mm, mas por

causa das suas dimensões continentais, o total anual de chuva varia de 500 mm na região semiárida do Nordeste, a mais de 3.000 mm na região Amazônica.” (ANA, 2017, p.23). A figura 2 apresenta a média histórica mês a mês das precipitações para o Brasil.

A partir da figura 2 observa-se uma tendência de períodos secos e de chuvas bem definido para algumas regiões. Em especial destaca-se o período chuvoso entre Outubro e Março e o período seco entre Abril e Setembro na região Sudeste. Entretanto este panorama pode estar mudando: “[...] Estudos recentes sinalizam que estão em curso mudanças de variáveis como temperatura, precipitação, entre outras, que poderiam alterar as características climáticas globais e do Brasil. Segundo esses estudos, o aquecimento global significará mudanças no padrão de chuvas no país. As chuvas se tornarão mais fortes e mais frequentes no Sul e Sudeste, enquanto as secas ficarão ainda mais comuns no Nordeste.” (ANA, 2017, p.24). Em Viçosa-MG, de acordo com o Relatório Meteorológico do Período Chuvoso 2019-2020 de autoria do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) a média anual de precipitação é de 1.289 mm.

Apesar de o Brasil possuir áreas onde há elevada precipitação e grande disponibilidade hídrica, a região amazônica se destaca pela abundância na quantidade do recurso em se comparando com as demais regiões hidrográficas: “[...] Em média, cerca de 260.000 m<sup>3</sup>/s de água escoam pelo território brasileiro. Apesar da abundância, cerca de 80% desse total encontra-se na região Amazônica, onde vive a menor parte da população e a demanda de água é menor. Uma parcela desse escoamento é destinada para os diversos usos da água, mesmo nos anos mais secos. Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600m<sup>3</sup>/s ou 30% da vazão média, sendo que 65.617m<sup>3</sup>/s correspondem à contribuição da bacia amazônica.” (ANA, 2017, p.27). A figura 3 expõe por região hidrográfica as precipitações, vazões médias e disponibilidades hídricas:

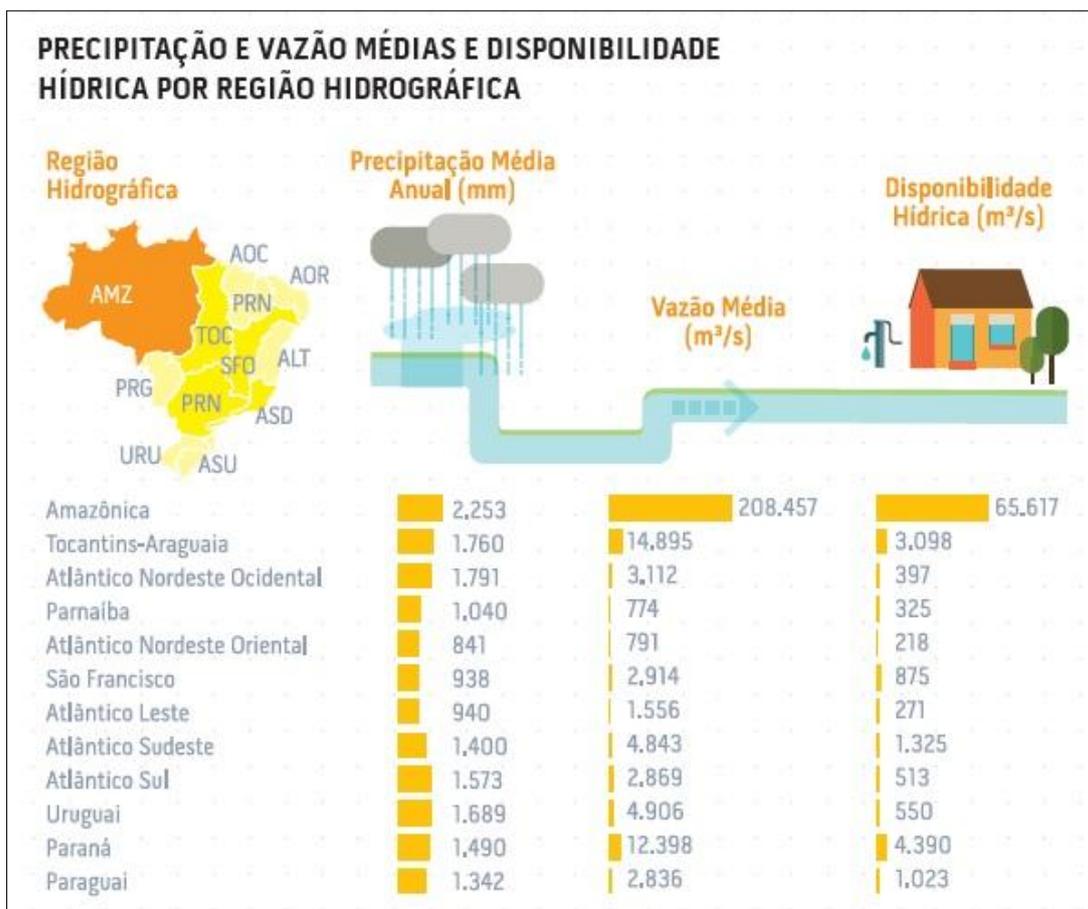


Figura 3: Precipitações, vazões médias e disponibilidade hídrica por Regiões Hidrográficas. Fonte: ANA 2017.

Os aquíferos, assim como os cursos de água, são dependentes da precipitação para que possam recarga de seus volumes úteis. Bertolo *et al.* (2015, p.07) explica: “[...] Os aquíferos e os reservatórios de água superficial funcionam de forma similar em relação a apresentarem uma determinada geometria, bem como fluxos de entrada e de saída de água, que dependem da recarga propiciada por chuvas.”. No mesmo sentido: “[...] Parte da água que chove sobre o território infiltra para o subsolo e é armazenada como água subterrânea. Outra parte dessa água escoar pela superfície até alcançar o leito dos rios. Ambas as parcelas, superficial e subterrânea, contribuem para a vazão dos rios.” (ANA, 2017, p.17).

Os aquíferos algumas vezes alimentam os mananciais superficiais, outras vezes o próprio manancial recarrega o aquífero. O relatório de Conjuntura de 2017 expõe: “[...] A descarga de água dos aquíferos mantém o equilíbrio ecológico e pereniza a

maior parte de rios, lagos e pântanos no Brasil, por meio de sua contribuição ao fluxo de base dos cursos de água.” e completa: “[...] Em cerca de 90% dos rios brasileiros o fluxo de base, proveniente dos aquíferos, alimenta os rios e os mantêm perenes nos períodos secos. A exceção ocorre nos terrenos cristalinos do semiárido nordestino, os quais não têm capacidade de regularizar seus rios, tornando-os intermitentes.” (ANA, 2017, p.37).



Figura 4: Relações entre aquíferos e cursos de água. Fonte: ANA 2017.

A figura retrata de maneira simplificada as duas relações que podem ocorrer entre os mananciais de água superficial e os aquíferos. Observando a figura 4, fica nítido a intrínseca relação de continuidade entre os cursos de água e os aquíferos, daí importante entendimento emerge: “[...] Área aflorante de um aquífero e sistema aquífero é a porção que intercepta a superfície terrestre e possui potencial para receber recarga direta de água por intermédio da infiltração proveniente das chuvas e de corpos d’água superficiais. Diversos aquíferos e sistemas aquíferos extrapolam os limites das regiões hidrográficas e do território nacional.” (ANA, 2017, p.37). Portanto, mesmo que exista continuidade entre os sistemas imediatamente nos pontos de intersecção entre os cursos de água e os aquíferos, a área das bacias de contribuições dos mananciais, não obrigatoriamente, se igualam as áreas das reservas subterrâneas formadas pelos aquíferos ou por sistema de aquíferos.

A figura 5 a seguir apresenta o quantitativo estimado da disponibilidade de água subterrânea para o Brasil:



Figura 5: Estimativa disponibilidade de água subterrânea no Brasil. Fonte: ANA 2017.

A partir da figura 5, pode-se observar: “[...] Estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de 14.650 m³/s. Da mesma forma como ocorre com as águas superficiais, sua distribuição pelo território nacional não é uniforme, e a produtividade dos aquíferos é variável, ocorrendo regiões de escassez e outras com relativa abundância.” (ANA, 2017, p.38). Entretanto a quantidade de água disponível não depende apenas do aquífero, mas também de outros fatores: “[...] Para se alcançar um mesmo aquífero é necessário perfurar diferentes profundidades, conforme a localização. Os sistemas aquíferos localizados nos terrenos sedimentares, que ocupam 48% da área do Brasil, têm grande potencial para armazenamento de água, pois ocorrem, em geral, em regiões com condições climáticas favoráveis. As regiões de baixa disponibilidade coincidem com as áreas de ocorrência dos aquíferos fraturados.” (ANA, 2017, p.38). Bertolo *et al.* (2015, p.07) traz entendimento complementar: “[...] As dimensões e as características de fluxo de água do reservatório subterrâneo são

definidas pelo tipo e continuidade das rochas em subsuperfície, assim como pelas suas propriedades de porosidade e permeabilidade.”

Ocorre que a baixa disponibilidade em regiões com ocorrência de aquíferos fraturados não impõe necessariamente o não aproveitamento da água subterrânea, podendo nessas regiões utilizar-se de técnicas modernas para obter locais com vazão aproveitável: “[...] A grande maioria dos poços certamente não foi locada no melhor lugar possível do ponto de vista hidrogeológico, que, em aquíferos cristalinos, corresponde às fraturas ou zonas de fratura de maior transmissividade.” (Bertolo *et al.*, 2015, p.11). Ainda sobre o tema, Bertolo *et al.* (2015, p.15) completa: “[...] embora as vazões médias individuais dos poços existentes sejam baixas, considera-se ser possível elevá-las por meio da locação de poços que utilizem critérios geológicos e hidrogeológicos, passíveis de ser identificados e analisados devido às técnicas atualmente disponíveis;”.

O desconhecimento de questões técnicas por parte do consumidor imediato, seja ele público ou privado, rotineiramente faz com que poços sejam locados em pontos inadequados, resultando em vazão abaixo do esperado bem como prejuízo financeiro. Sobre o assunto, Bertolo *et al.* (2015, p.11) evidencia: “[...] é possível melhorar significativamente a vazão média dos poços caso eles sejam locados com critérios geológicos e construídos de acordo com as normas técnicas.”. Muitos poços em uma mesma região com a característica de possuírem baixas vazões podem ser fruto da falta de critério técnico quanto à escolha do ponto de perfuração. Este fato torna oportuno uma falsa impressão nestas localidades de que não é possível se utilizar da água subterrânea, já que as vazões são pequenas em comparação com a demanda. Bertolo *et al.* (2015, p.11) trata de tema similar para justificar baixas vazões médias na região metropolitana de São Paulo: “[...] Os dados conhecidos de vazões são provenientes de poços que foram posicionados no único local disponível na área do proprietário do poço e com critérios técnicos de construção limitados pelo orçamento do contratante privado.”

Para maiores vazões, um conjunto de poços pode ser a solução encontrada para atendimento da demanda. A exploração de água subterrânea e o seu controle operacional se tornam ainda mais vantajosos na condição em que a instalação de um

campo de poços seja tecnicamente viável. Dessa forma, os poços são locados em posições estratégicas em uma determinada área – geralmente fora da zona urbana –, visando a otimizar ao máximo as vazões extraídas do aquífero. Entre as vantagens da instalação de campo de poços, estão às possibilidades de (1) conhecer mais profundamente as características de reservação, recarga e fluxo de água dos reservatórios aquíferos explorados, permitindo que sua exploração seja mais eficiente; (2) otimizar os custos de adução e automação do conjunto de poços, uma vez que estes se encontram mais próximos entre si; e (3) estabelecer ferramentas de governança da água mais eficazes, visando à proteção do aquífero contra atividades poluidoras em superfície, por meio de uma política de uso e ocupação do solo no local. (Bertolo et al., 2015, p.13).

A escolha pela fonte de água bruta advinda das águas subterrâneas pode também ser justificada pelo fator econômico. As companhias de saneamento, ao produzirem a água com um menor custo, deve repassar esta economia aos usuários, que por sua vez obtém o benefício de forma direta. Este fator é ainda mais importante em períodos de crise econômica, onde grande parte da população carente possui dificuldade em pagar suas contas. Dessa forma, Bertolo et al. (2015, p.13) expõe: “[...] Extrair a mão de obra, a operação dos poços apresenta grande parte dos seus custos associados à energia elétrica, pois, em geral, as águas subterrâneas apresentam boa qualidade química natural e dispensam a adição de produtos químicos para o seu tratamento convencional. A exploração de água subterrânea tampouco gera resíduos sólidos, como os lodos de tratamento de água, que representam um oneroso passivo ambiental para a companhia distribuidora de água.” e completa mais adiante: “[...] os custos de um sistema de abastecimento por água subterrânea, extrair a mão de obra, praticamente se resumem à manutenção de bombas elétricas submersíveis e limpeza periódica dos poços. Além disso, os mananciais subterrâneos não sofrem perdas de água por processos de evaporação ou assoreamento, tal como ocorre nos reservatórios superficiais.”.

Entretanto há também limitantes ao fator econômico, que deve ser observado caso a caso. Os custos relacionados com a exploração de água subterrânea por poços se tornam proibitivos em situações em que os custos de energia elétrica são mais elevados que os do tratamento químico da água superficial. Entretanto, gastos elevados com energia elétrica ocorrem notadamente nos casos em que a água subterrânea se situa em

grandes profundidades no poço, circunstância que normalmente está associada com quedas de vazões e, conseqüentemente, com sintomas de superexploração do aquífero. Nesse caso, a exploração do aquífero deve ser de fato evitada. (Bertolo et al., 2015, p.13).

Normalmente ocorre a superexploração do aquífero devido ao grande número de poços irregulares em uma determinada região. Os usuários irregulares nestes casos não possuem segurança hídrica assegurada e o findar da reserva subterrânea ocasiona consideráveis prejuízos ao conjunto de usuários da região. Assim Bertolo et al. (2015, p.13) explana: “[...] a grande maioria dos poços profundos em funcionamento é clandestina, provavelmente porque a outorga é considerada pelo usuário de água subterrânea uma exigência cartorial, cara e desnecessária. O usuário não vê, portanto, quais seriam as vantagens na realização da outorga de uso ao gestor.”

Outro assunto essencial a se abordar dentro do tema é a crescente utilização da água subterrânea no mundo e em nosso território para diversos fins: “A captação de água subterrânea em todo o mundo vem aumentando fortemente desde o século passado. O crescimento populacional, o consumo de água para a produção de alimentos e, também, o progresso tecnológico e científico são fatores que influenciam esse aumento” (Van der Gun, 2012). Em especial no Brasil, os dados são marcantes: “[...] Em janeiro de 2008, haviam sido cadastradas aproximadamente 145 mil fontes de abastecimento de água subterrânea, sendo quase a totalidade representada por poços tubulares. Em outubro de 2016, os poços cadastrados totalizavam mais de 278 mil. Uma nova projeção da quantidade de poços tubulares existentes no país indica a ordem de 1,2 milhão, o que representa um aumento anual de mais de 22% em relação à estimativa de 2008.” (ANA, 2017, p.40). Com relação ao cenário nacional, as crises de abastecimento causado pelas recentes secas são provavelmente o principal fator que contribui para índices elevados, por esta perspectiva: “[...] O aumento expressivo na quantidade de poços perfurados no Brasil é influenciado, entre outros fatores, pela escassez hídrica dos últimos anos, bem como pela revisão das estimativas de 2008 realizadas pelos estados. Cumpre ressaltar que poços tubulares construídos não significam, necessariamente, que estejam em exploração.” (ANA, 2017, p.40), complementarmente, “[...] Os mananciais

subterrâneos podem ser considerados reservas estratégicas e representam, muitas vezes, alternativas importantes em situações críticas. O uso desses mananciais vem crescendo ao longo dos últimos anos no país devido, dentre outros fatores, às recentes crises hídricas, as quais afetam mais intensamente os mananciais superficiais.” (ANA, 2017, p.65).

A figura 6 expressa a evolução na estimativa de poços no Brasil entre os anos de 1958 e 2016:



Figura 6: Evolução estimado da quantidade de poços no Brasil. Fonte: ANA 2017.

Independente da fonte, sendo a água subterrânea ou não, o consumo como um todo também vem crescendo no Brasil e estimativas a nível nacional são desafiadoras: “[...] A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 30%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país.” (ANA, 2017, p.54). Esta última abordagem é muito relevante, ao passo que nacionalmente o panorama é similar ao abordado anteriormente pela referência de Van der Gun, 2012.

A figura 7, extraído do informe de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil no ano de 2020, que atualiza alguns dados do relatório pleno de 2017, informa acerca da demanda de água, qual seja a fonte no ano de 2019:

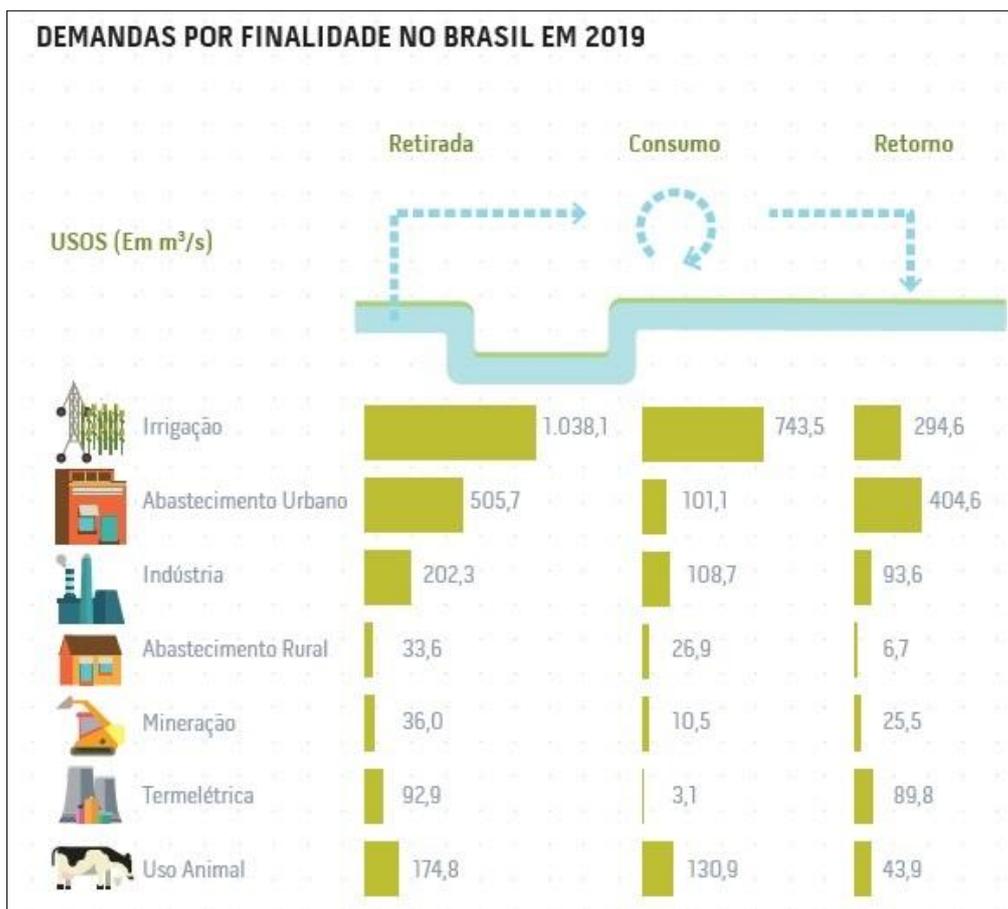


Figura 7: Demanda por finalidade em 2019 no Brasil. Fonte: ANA, 2020.

Observando a figura é possível identificar a grande demanda para o abastecimento urbano, sendo a segunda finalidade que mais demandou captação de água no ano de 2019. Existe uma grande discrepância no panorama de demanda entre o abastecimento urbano e rural, elucidado da seguinte forma: “[...] Em 2016, 16% da população do Brasil vivia em áreas rurais. A população rural demanda 33,8m<sup>3</sup>/s para seu abastecimento, que se dá, geralmente, por meio do uso de poços, captações isoladas ou cisternas.” e “[...] Já para o abastecimento urbano são necessários 488,3m<sup>3</sup>/s, cerca de 15 vezes a demanda para o abastecimento rural. O serviço de abastecimento urbano de água, incluindo produção e distribuição, é prestado predominantemente por companhias estaduais de saneamento (em 69% dos municípios brasileiros), além de entidades municipais e empresas do setor privado.” (ANA, 2017, p.65). Portanto a disparidade observada entre a demanda urbana e rural é devido à distribuição populacional, que neste momento é predominante nos centros urbanos.

Com relação à prestação de serviços em meio urbano o relatório dispõe: “[...] A cobertura do serviço de abastecimento urbano tem se estabilizado no Brasil ao longo dos últimos 5 anos em torno de 93%. O elevado índice de cobertura indica acesso à rede de um sistema de abastecimento de água, mas não significa, necessariamente, garantia da oferta de água, isto é, disponibilidade hídrica do manancial.” (ANA, 2017, p.65). Esta última afirmação corrobora essencialmente com este trabalho, pois tal realidade é perfeitamente associável ao município de Viçosa-MG. Já com relação à fonte preferencial de captação, os municípios em sua maioria adotam o manancial superficial como matriz de abastecimento, talvez até mesmo pela falsa impressão de maior facilidade e disponibilidade hídrica. Neste tocante, “[...] Dentre os municípios brasileiros, 58% utilizam mananciais de águas superficiais de forma preponderante para o seu abastecimento, enquanto 42% têm, nos mananciais subterrâneos, suas principais fontes. Considerando os grandes centros urbanos do país, a representatividade dos mananciais superficiais é ainda maior, com 69% dos mananciais utilizados correspondendo a corpos d’água superficiais e, apenas 31% a aproveitamentos subterrâneos.” (ANA, 2017, p.65).

A forte pressão sobre os recursos hídricos devido a diversos fatores tem contribuído para que novas fontes de captação sejam buscadas, assim como em Viçosa-MG este cenário é vivenciado por todo o país: “[...] A crescente pressão sobre os mananciais, as limitações da disponibilidade hídrica e os problemas de gestão dos mananciais subterrâneos são os principais fatores que motivam a busca de novas fontes hídricas, sendo necessários mananciais cada vez mais distantes e uma crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas.” (ANA, 2017, p.65). O projeto do novo sistema de abastecimento de água da sede do município de Viçosa-MG através do contrato IBIO – AGB Doce Nº 36/2016, decorrente do Ato Convocatório nº 07/2016 – Lote 2, vem de encontro à narrativa aqui abordada, propondo os autores captação superficial e execução de estação de tratamento de água distante 14 quilômetros do núcleo urbano, já nos limites do município.

A figura 8 apresenta um panorama da necessidade de investimentos no sistema de abastecimento urbano no Brasil:

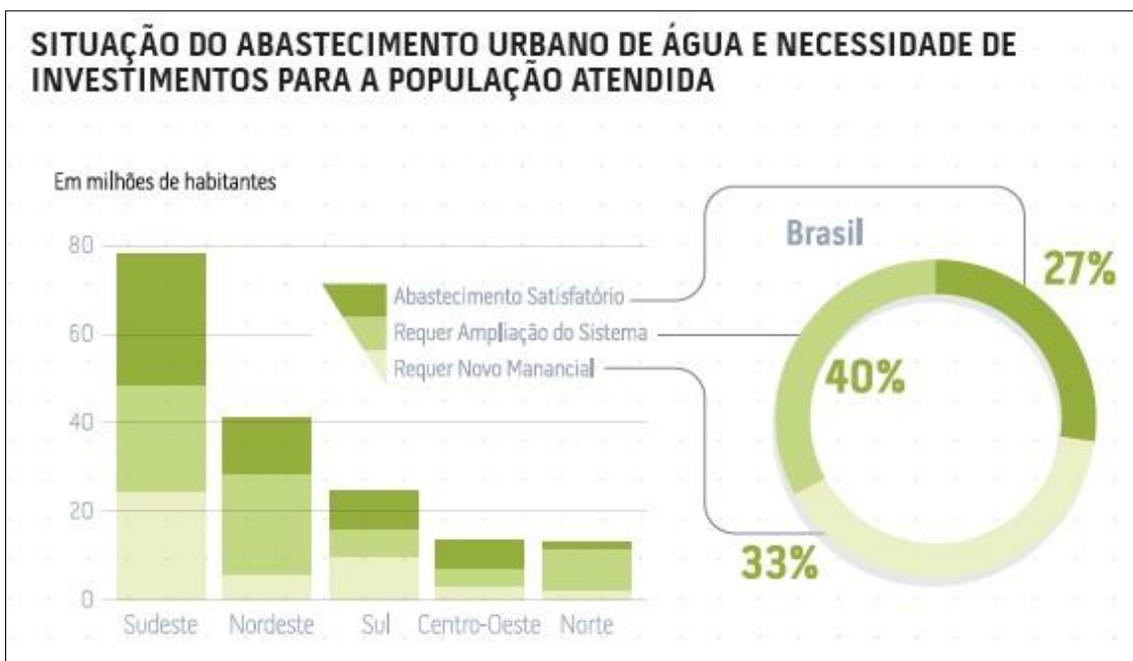


Figura 8: Necessidade de investimento no Abastecimento Urbano no Brasil. Fonte: ANA, 2017.

Dados recentes sobre o tema atestam este relato, “[...] Do ponto de vista da oferta de água, o diagnóstico do país consolidado em 2010 indicava que 46% das cidades brasileiras tinham vulnerabilidades associadas à produção de água e 9% necessitavam de novas fontes hídricas.” (ANA, 2017, p.70).

Para amenizar a problemática, em um panorama de aumento de consumo, necessidade de expansão dos sistemas de abastecimento e eventos recorrentes de seca, o Diagnóstico Global da Governança das Águas Subterrâneas 2016 elaborada pela FAO discorre: “[...] A água subterrânea permanece em aquíferos por períodos muito longos - 900 anos em média - portanto, representa um precioso capital hídrico - uma reserva estratégica e amortecedor contra crises” (FAO, 2016, p.42). Ademais, Bertolo *et al.* (2015, p.07) estabelece: “[...] poços tubulares profundos podem ser construídos de forma ágil e rápida para ajudar no aumento da oferta de água na situação de contingenciamento quanto porque eles podem ser utilizados em longo prazo para complementar o abastecimento público mesmo em situações de normalidade de chuvas.”.

## 4. METODOLOGIA.

### 4.1 Área de Estudo.

Uma vez que Viçosa-MG está totalmente inserida na bacia hidrográfica do Rio Turvo, o estudo compreenderá a Bacia Hidrográfica do Rio Turvo para melhor caracterização da área de estudo.

A Bacia do Rio Turvo está inserida na região Atlântico Sudeste, região reconhecida pelo adensamento populacional e importância econômica no cenário nacional (Agência Nacional de Águas, 2012). Está localizada na porção norte da Zona da Mata de Minas Gerais, compreendendo as bacias dos Rios Turvo Limpo e Sujo, que abrangem sete cidades mineiras: Cajuri, Coimbra, Guaraciaba, Paula Cândido, Porto Firme, Teixeira e Viçosa.

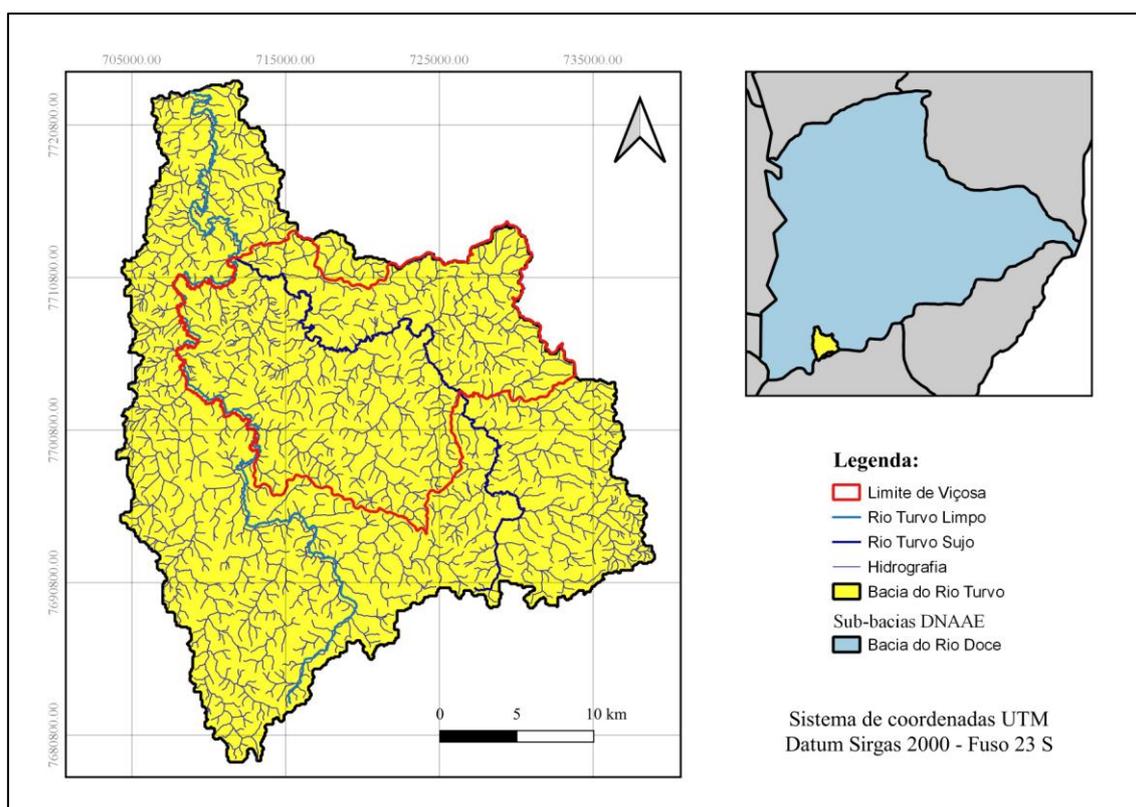


Figura 9: Localização da Bacia do Rio Turvo. Fonte: Autor, 2020.

A nascente do Rio Turvo fica localizada nas coordenadas de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, FUSO 23S de latitude 7682922,278 e longitude 715287,986, no

município de Paula Candido, Minas Gerais. A bacia possui área drenada de 847,72 km<sup>2</sup> e o curso de água principal possui extensão aproximada de 94,96 km. O deságue ocorre no Rio Piranga, próximo ao município de Guaraciaba-MG, sendo o Rio Piranga um importante afluente do Rio Doce.

O principal afluente do Rio Turvo em sua margem direita é o Rio Turvo Sujo. A bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo, com uma área de drenagem de 406,44 km<sup>2</sup>, abrange as cidades de Coimbra, Cajuri, Viçosa, Teixeiras e Guaraciaba, em Minas Gerais. O Rio Turvo Sujo tem, aproximadamente, 71 km de comprimento e nasce na cidade de Coimbra. Seu principal afluente é o Ribeirão São Bartolomeu, que passa pela cidade de Viçosa e acaba por receber grande quantidade de efluentes. (NUNES *et al.*, 2011).

O município de Viçosa está inserido no domínio Planaltos Cristalinos Rebaixados situado entres as escarpas da Serra da Mantiqueira (Planalto do Alto Rio Grande) a leste, e a oeste no prolongamento da Serra do Caparaó (CORREA, 1984).

Os principais produtos agrícolas são o café, cana de açúcar, milho e feijão enquanto as principais atividades da pecuária são a produção de leite e a criação de bovinos, suínos e aves. Os principais problemas relacionados ao uso e à ocupação do solo na região estão relacionados à ocupação irregular de áreas ribeirinhas e de mananciais, estimulado pela especulação imobiliária. O processo de uso e ocupação intenso e desordenado ocorre ao longo dos rios, restando apenas pequenos trechos com vegetação ciliar em mau estado de conservação (Agência Nacional de Águas, 2012). A urbanização foi o principal motivo da degradação da bacia, com destaque para as regiões próximas à calha do córrego até as nascentes, onde a vegetação nativa em torno do córrego foi suprimida (TRIUMPHO, 2015).

Como descrito anteriormente, Viçosa-MG está inserida hidrograficamente na região do Atlântico Sudeste. Esta região, se analisada apenas quantitativamente, há boa impressão de disponibilidade hídrica. Ocorre que esta região também é a mais populosa e não esporadicamente se verificam situações de conflito pelo uso da água. Assim como na região ao qual está inserida, Viçosa-MG possui a mesma característica, ocorrendo situações de conflito e racionamento, em especial em períodos secos.

## 4.2 Método.

A seguir é apresentada a figura 10, onde são demonstradas em forma de infográfico as etapas do estudo, em seguida as etapas são descritas individualmente:



Figura 10: Etapas de execução dos estudos. Fonte: Autor, 2021.

- **Coleta de dados e trabalho de campo:**

Compreende ao início do estudo, onde foram buscados na companhia de saneamento local, nos sítios eletrônicos dos órgãos estaduais e federais de gerenciamento dos recursos hídricos, todos os dados disponíveis acerca dos poços utilizados para abastecimento de água no município, seja em área urbana ou rural. Foram também realizadas visitas aos poços levantados nos estudos, para além de conhecimento da área uma avaliação de locação dos mesmos, a fim de identificar seu correto posicionamento sobre a perspectiva hidrogeológica. As visitas de campo são essenciais ao trabalho desenvolvido, já que a partir destas os dados dos poços podem ser mais bem compreendidos e verificados. As visitas ocorreram em 18 de Março de 2021,

25 de Março de 2021 e em 16 de Novembro de 2021. Imagens dos poços e coordenadas foram registradas para arquivo.

- **Elaboração de Planilha de Informações.**

De posse das informações obtidas na coleta de dados, foi produzida planilha única, englobando todos os poços catalogados e todas as informações necessárias à análise do estudo das vazões dos poços locais, de modo a subsidiar o estudo da água subterrânea como fonte alternativa para captação de água bruta. Uma vez que a companhia de saneamento local não possui tal documento, uma cópia será entregue a mesma, para que seja arquivada e utilizada em ações de planejamento dos recursos hídricos. As colunas da planilha possuem os seguintes dados respectivamente: fonte de dados, código (poço), localização, coordenadas, altimetria, data de perfuração, profundidade, vazão produzida, vazão específica, nível estático, nível dinâmico, revestimento e filtro.

A primeira coluna, fonte de dados, que indica de qual local foi adquirida as informações, foram obtidas por meio de relato, relatório ou formulário. Relato é obtido quando não há nenhum relatório ou formulário do poço em questão, de forma que os dados são relatados pelos profissionais que participaram da perfuração e operação do sistema. Já a segunda coluna, código, foi criada para individualização dos poços, a fim de tornar o processo mais organizado e dinâmico. As demais colunas foram preenchidas com os dados dos poços segundo a fonte dos dados.

- **Elaboração de Mapa de Localização e Caracterização de Poços.**

De posse das informações obtidas na coleta de dados e visita de campo, foi produzido mapa georreferenciado com a localização dos poços catalogados e de acordo com as coordenadas presentes na planilha de informações. Uma vez que a companhia de saneamento local não possui tal documento, uma cópia será entregue a mesma, para que

seja arquivada e utilizada em ações de planejamento dos recursos hídricos. Todo o trabalho envolvendo mapas e demais processos de geoprocessamento foi feito no software livre QGIS versão 3.4.13. O geoprocessamento foi realizado lançando as coordenadas dos poços através da tabela de atributos dos mesmos e inclusão dos limites da área de interesse. A base de dados foi obtida junto à prefeitura local e ao IGAM. Nesta etapa os poços foram caracterizados, já com os dados consolidados.

- **Elaboração de Mapas de Drenagem.**

Foi produzido também um mapa georreferenciado com a drenagem da bacia e indicação dos principais cursos d'água. A base de dados foi obtida junto a ANA, ao IGAM e a prefeitura local. O geoprocessamento se limitou a cortar as camadas de interesse a área de estudo e destacar os principais cursos de água local, a saber Ribeirão São Bartolomeu, Rio Turvo Sujo e Rio Turvo Limpo.

- **Elaboração de Mapa Geológico e Caracterização.**

Foi elaborado o mapa geológico para a bacia, compreendendo a litologia da região. A finalidade é subsidiar a análise do estudo das vazões dos poços e suas relações com a litologia local. O geoprocessamento se limitou a cortar as camadas de interesse a área de estudo, utilizando a base de dados do CPRM. Pequena parte da área da bacia, a oeste, não estava disponível em arquivos digitais, daí foi necessário realizar manualmente a vetorização e digitalização da folha Rio Espera, complementando a folha Viçosa. Já a folha Viçosa, que compreende a quase a totalidade da área de estudo estava disponível em arquivos digitais no site do CPRM. Nesta etapa a geologia e os sistemas aquíferos da área foram identificados e caracterizados, com os dados consolidados obtidos do estudo.

- **Elaboração de Mapa de Lineamento e Análise de Influência.**

Foi elaborado o mapa de lineamento para a bacia, compreendendo as feições isoladas ou conjunto de feições da região. A finalidade é subsidiar a análise do estudo das vazões dos poços e suas relações com as feições. O geoprocessamento se limitou a cortar as camadas de interesse a área de estudo, utilizando a base de dados do CPRM. Nesta etapa a influência dos lineamentos e o controle estrutural foram analisados, já com os dados consolidados.

- **Elaboração de Mapa de Temas Integrados.**

A partir dos mapas anteriores, foi elaborado o mapa de temas integrados georreferenciado para a área em estudo, delimitado pela divisa da bacia, incluindo a localização dos poços, a drenagem dos cursos d'água, a litologia local e os lineamentos.

- **Análise de resultados e Conclusões.**

Após a conclusão dos passos anteriores, os resultados foram analisados conjuntamente, observando a distribuição dos poços, suas vazões e as relações com a geologia e ou feições. Após foi avaliada a possibilidade de atendimento da demanda (100 l/s) de captação de água bruta advinda de poços profundos. Um breve estudo da estimativa financeira foi abordado, com intuito de estipular a viabilidade executiva da implantação do sistema.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.**

### **5.1 Coleta de dados e trabalho de campo:**

Para reconhecimento do potencial subterrâneo da região de estudo, foram realizadas visitas a todos os poços estudados. Conforme apresentado anteriormente, as visitas ocorreram nas datas de 18 de Março de 2021, 25 de Março de 2021 e 16 de Novembro de 2021. Todos os poços são de propriedade do SAAE Viçosa, que é uma Autarquia Municipal. Foram apresentadas poço a poço as observações verificadas quanto das visitas realizadas em formato de tabela, para facilitar a apresentação dos resultados. As tabelas foram formatadas a fim de possuir imagens dos poços e de possíveis indicações quanto a locais que tendem a apresentar melhores vazões.

As coordenadas apresentadas de todos os poços estão no sistema métrico, Datum SIRGAS 2000, Fuso 23S. Importante destacar que as análises foram realizadas sobre a ótica atual, não se sabe ao certo o contexto das perfurações dos poços a época que foram construídos e nem mesmo o nível de desenvolvimento dos locais que os poços pretendiam abastecer naquele tempo. Este fator é de grande relevância para não se reputar a companhia de saneamento local possível falha ao se locar um poço para determinada destinação. Exemplificando, um poço que ora foi locado em uma região inabitada, atualmente pode estar situado em meio à malha mais densamente povoada dos locais visitados. Outro exemplo são aqueles poços que foram construídos para atender uma determinada população e por motivos diversos opera para atender uma região muito maior do que a inicialmente prevista.

Tabela 2: PÇ-VIÇ-SAAE01 / Bairro Nova Viçosa.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE01 / Bairro Nova Viçosa.
Coordenadas:	Latitude 718976,876 / Longitude 7700905,251.
Altitude:	703,13 metros.
Profundidade:	100 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	4 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecida.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	O poço foi locado próximo a uma estrada de acesso, no sopé de um morro. A locação contempla a proximidade ao bairro Nova Viçosa, fato este favorece a redução de custos de rede de adução e rede elétrica.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção de dois cursos de água, a jusante do local perfurado e em local próximo ao manancial, fora da cota de inundação. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.



Figura 11: PÇ-VIÇ-SAAE01. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 12: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE01. Fonte: Autor.

Tabela 3: PÇ-VIÇ-SAAE02 / Bairro Novo Paraíso.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE02 / Bairro Novo Paraíso.
Coordenadas:	Latitude 721720,336 / Longitude 7697427,466.
Altitude:	702,66 metros.
Profundidade:	120 metros.
Nível Estático:	6,8 metros.
Nível Dinâmico:	52 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,1327 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2005.
Filtros:	0 a 19,96 metros.
Revestimento:	Aço galvanizado.
Considerações:	O critério de locação privilegiou o acesso, próximo à estrada. Este poço também está locado próximo à encosta, região menos favorável para melhores vazões considerando critérios geológicos e a região em que está situado.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção de dois cursos de água, a jusante aproximadamente 50 metros do local perfurado e em local próximo ao manancial, fora da cota de inundação. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.

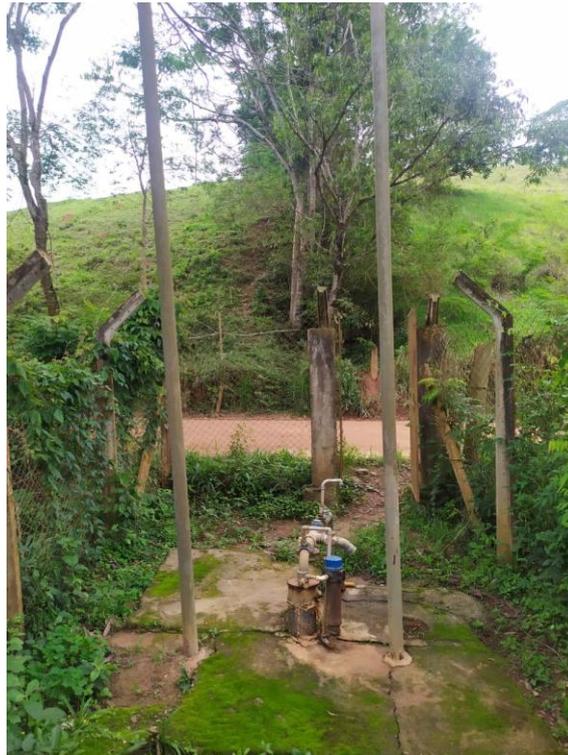


Figura 13: PC-VIÇ-SAAE02. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 14: Vista geral locação PC-VIÇ-SAAE02. Fonte: Autor.

Tabela 4: PÇ-VIÇ-SAAE03 / Bairro Novo Silvestre Poço 01.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE03 / Bairro Novo Silvestre Poço 01.
Coordenadas:	Latitude 722274,818 / Longitude 7709233,018.
Altitude:	648,30 metros.
Profundidade:	120 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	6,5 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecida.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	O critério de locação também privilegiou o acesso, próximo à via. Este poço está locado próximo à encosta e em cota de inundação, suscetível a contaminação e danos. Provavelmente a escolha do local se deu pela proximidade ao bairro/distrito que se pretende abastecer, se dando dentro dos seus limites e sem cortar a rodovia.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção de dois cursos de água, a jusante aproximadamente 175 metros do local perfurado e em local próximo ao manancial, fora da cota de inundação. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.



Figura 15: PC-VIÇ-SAAE03. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 16: Vista geral localização PC-VIÇ-SAAE03. Fonte: Autor.

Tabela 5: PÇ-VIÇ-SAAE04 / Bairro Novo Silvestre Poço 02.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE04 / Bairro Novo Silvestre Poço 02.
Coordenadas:	Latitude 722060,279 / Longitude 7709478,519.
Altitude:	658,80 metros.
Profundidade:	100 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	4,6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecida.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	Este segundo poço também é utilizado para abastecimento do bairro/distrito de Novo Silvestre. A locação do mesmo é ainda mais distante do encontro de vales em relação ao poço anterior, que tem a mesma finalidade. O poço se encontra aproximadamente no meio do trajeto entre a nascente do curso hídrico local e o encontro de vales.
Locação sugerida:	O local ideal para perfuração seria o mesmo indicado para o PÇ-VIÇ-SAAE03. Variando a profundidade, é provável que um poço apenas, locado corretamente do ponto de vista geológico, obtivesse vazão suficiente para substituir os dois poços existentes na localidade.



Figura 17: PÇ-VIÇ-SAAE04. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 18: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE04. Fonte: Autor.

Tabela 6: PÇ-VIÇ-SAAE05 / Bairro Romão dos Reis.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE05 / Bairro Romão dos Reis.
Coordenadas:	Latitude 720338,303 / Longitude 7700642,022.
Altitude:	667,25 metros.
Profundidade:	80 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	5,5 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	1997 (informações locais dos técnicos do SAAE).
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	O critério de locação privilegiou o acesso, próximo à via de acesso ao bairro. Este poço está distante do curso de água e locado próximo à encosta, região menos favorável para melhores vazões considerando critérios geológicos. Apesar de estar próxima a região que pretende abastecer, há áreas que satisfazem ao duplo critério de proximidade ao curso de água e ao bairro.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.



Figura 19: PÇ-VIÇ-SAAE05. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 20: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE05. Fonte: Autor.

Tabela 7: PÇ-VIÇ-SAAE06 / Bairro Rua Nova (Ecolife).

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE06 / Bairro Rua Nova (Ecolife).
Coordenadas:	Latitude 720678,177 / Longitude 7701042,617.
Altitude:	678,5 metros.
Profundidade:	100 metros.
Nível Estático:	8 metros.
Nível Dinâmico:	55,5 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	3,27 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0688 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2011.
Filtros:	40 a 42 metros.
Revestimento:	Aço ferro preto.
Considerações:	Analisando em conjunto os poços de código final 06, 07, 10, 15 e 16, todos estes tem por finalidade abastecer a região da Vila Alves e adjacências. Com o crescimento desordenado da região, ao longo dos anos os poços foram sendo perfurados para abastecimento local, sendo o critério de locação sempre à proximidade com a área a se abastecer. O poço PÇ-VIÇ-SAAE06 encontra-se muito distante do curso de água local.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. É provável que um ou dois poços, variando a profundidade e locados conforme descrito anteriormente, pudessem abastecer toda a região, substituindo os 5 (cinco) poços existentes.



Figura 21: PC-VIÇ-SAAE06. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 22: Vista geral de localização dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.

Tabela 8: PÇ-VIÇ-SAAE07 / Bairro Rua Nova/Romão dos Reis.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE07 / Bairro Rua Nova/Romão dos Reis.
Coordenadas:	Latitude 720650,047 / Longitude 7700881,706.
Altitude:	676,75 metros.
Profundidade:	120 metros.
Nível Estático:	1,4 metros.
Nível Dinâmico:	88,55 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	3,3 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0379 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2014.
Filtros:	Não possui.
Revestimento:	Aço carbono.
Considerações:	A análise acerca do poço é similar à realizada para o poço de código PÇ-VIÇ-SAAE06 devido ao contexto da região em que se encontram. Vale ressaltar que este poço, assim como o anterior, está localizado relativamente distante do curso de água local, enquanto os poços de código final 10, 15 e 16 estão próximos aos cursos de água.
Localização sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. É provável que um ou dois poços, variando a profundidade e locados conforme descrito anteriormente, pudessem abastecer toda a região, substituindo os 5 (cinco) poços existentes.



Figura 23: PC-VIÇ-SAAE07. Data: 18/05/2021. Fonte autor.

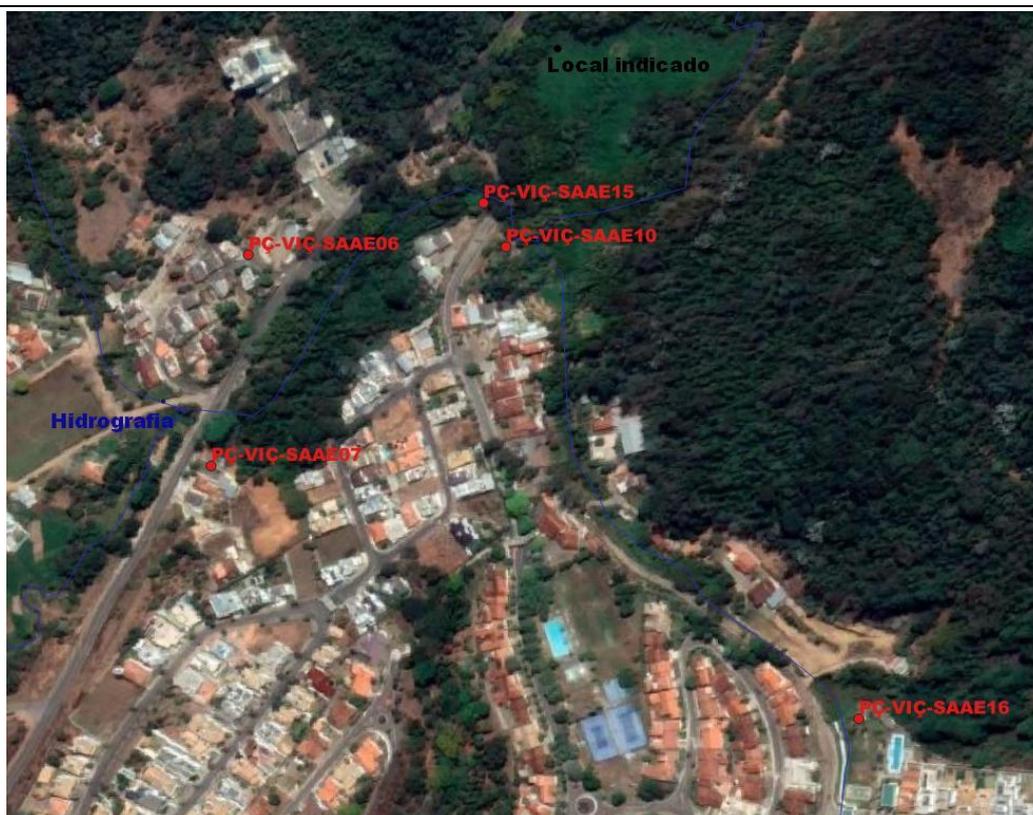


Figura 22: Vista geral de localização dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.

Tabela 9: PÇ-VIÇ-SAAE08 / Bairro Sol Nascente.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE08 / Bairro Sol Nascente.
Coordenadas:	Latitude 719080,007 / Longitude 7704050,137.
Altitude:	655,03 metros.
Profundidade:	102 metros.
Nível Estático:	8 metros.
Nível Dinâmico:	56,4 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	4,63 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0957 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2011.
Filtros:	Não possui.
Revestimento:	Aço carbono.
Considerações:	A finalidade do poço é abastecer a localidade do Bairro Sol Nascente, uma comunidade de casas populares do programa de incentivo a moradia do governo federal. O poço se encontra após o encontro de vales, nas proximidades do local mais indicado para perfuração.
Locação sugerida:	Seria desejável que o poço estivesse um pouco mais próximo ao curso de água. Apesar de a locação privilegiar o acesso e a proximidade com a via, o poço atende ao pretendido, já que possui vazão condizente para abastecimento local. A figura 25 a seguir retrata o contexto da região.



Figura 24: PÇ-VIÇ-SAAE08. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 25: Vista geral localização PÇ-VIÇ-SAAE08 e PÇ-VIÇ-SAAE09. Fonte: Autor.

Tabela 10: PÇ-VIÇ-SAAE09 / Bairro São Francisco de Assis.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE09 / Bairro São Francisco de Assis.
Coordenadas:	Latitude 719060,017 / Longitude 7703455,097.
Altitude:	666,10 metros.
Profundidade:	130 metros.
Nível Estático:	8,45 metros.
Nível Dinâmico:	77,39 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	6,49 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0941 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2011.
Filtros:	30,5 a 33 metros.
Revestimento:	Aço carbono.
Considerações:	Assim como o poço anterior de código final 08, a estrutura se propõe a abastecer uma comunidade de casas populares do programa de incentivo a moradia do governo federal. O poço se encontra anteriormente ao encontro de vales, mas próximo ao curso de água local. O poço possui a maior profundidade dentre os poços operados pelo SAAE e este fato auxilia na compreensão da boa vazão obtida em relação aos demais poços.
Locação sugerida:	Para o caso em tela o poço atende a finalidade proposta, entretanto se fosse necessárias maiores vazões o poço poderia ser locado mais a jusante do curso de água local, após o encontro de vales, que ocorre a aproximadamente 155 metros do local perfurado.



Figura 26: PÇ-VIÇ-SAAE09. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 25: Vista geral localização PÇ-VIÇ-SAAE08 e PÇ-VIÇ-SAAE09. Fonte: Autor.

Tabela 11: PÇ-VIÇ-SAAE10 / Bairro Vila Alves.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE10 / Bairro Vila Alves.
Coordenadas:	Latitude 720873,366 / Longitude 7701048,693.
Altitude:	662,62 metros.
Profundidade:	100 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	4,5 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecido.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	Este poço está inserido no mesmo contexto já analisado para os poços de código final 06, 07, 15 e 16. Apesar de estar a montante do encontro de vales, está próximo ao curso de água (vide figura 27). Atualmente este poço está inutilizado devido a presença de Ferro e Manganês, sendo que a companhia de saneamento optou pela não operação devido aos custos de tratamento. Dos poços visitados é o único que apresenta essa característica no momento.
Locação sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. É provável que um ou dois poços, variando a profundidade e locados conforme descrito anteriormente, pudessem abastecer toda a região, substituindo os 5 (cinco) poços existentes.



Figura 27: PC-VIÇ-SAAE10. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 22: Vista geral de localização dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.

Tabela 12: PÇ-VIÇ-SAAE11 / Comunidade do Buieié.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE11 / Comunidade do Buieié.
Coordenadas:	Latitude 725479,147 / Longitude 7708364,127.
Altitude:	653,78 metros.
Profundidade:	80 metros.
Nível Estático:	10 metros.
Nível Dinâmico:	27,7 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,3390 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2004.
Filtros:	Não possui.
Revestimento:	Aço galvanizado.
Considerações:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, este poço foi bem locado, estando após a junção dos cursos de água e relativamente próximo do mesmo. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.
Locação sugerida:	Para a finalidade proposta de abastecer a comunidade local, o poço atende perfeitamente a demanda. A comunidade não necessita de grandes vazões para o abastecimento, fator que justifica a locação e utilização do poço da forma em que o mesmo opera atualmente.



Figura 28: PÇ-VIÇ-SAAE11. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 29: Vista geral localização PÇ-VIÇ-SAAE11. Fonte: Autor.

Tabela 13: PÇ-VIÇ-SAAE12 / Comunidade do Córrego São João.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE12 / Comunidade do Córrego São João.
Coordenadas:	Latitude 717867,990 / Longitude 7708646,503.
Altitude:	636,83 metros.
Profundidade:	80 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	5,2 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecido.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	Aparentemente o poço está locado muito distante da localidade ao qual se pretende abastecer. Entretanto o poço também cumpre a finalidade a que se propõe, com vazão suficiente para abastecer a comunidade do Córrego São João.
Localização sugerida:	Do ponto de vista geológico o poço não foi mal locado, mas ressalta-se que haveria outras possibilidades, inclusive mais próximas ao local mais densamente povoado da região que se pretende abastecer.



Figura 30: PÇ-VIÇ-SAAE12. Data: 25/05/2021. Fonte autor.



Figura 31: Vista geral locação PÇ-VIÇ-SAAE12. Fonte: Autor.

Tabela 14: PÇ-VIÇ-SAAE13 / Comunidade do Pau de Cedro.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE13 / Comunidade do Pau de Cedro.
Coordenadas:	Latitude 715956,680 / Longitude 7712894,120.
Altitude:	662,39 metros.
Profundidade:	60 metros.
Nível Estático:	2 metros.
Nível Dinâmico:	18,9 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	8,56 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,5070 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2003.
Filtros:	Não possui.
Revestimento:	Aço galvanizado.
Considerações:	A região está próxima aos limites coincidentes da bacia e do município. A estrutura está a montante do encontro de vales, entretanto muito próxima da feição, a aproximadamente 30 metros da mesma.
Localção sugerida:	Poderia ser citado um local a jusante do encontro de vales como local indicado para perfuração, mas a proximidade com este, a proximidade com a região a que se pretende abastecer, o bom acesso que possui, a vazão encontrada e a pequena profundidade perfurada, fazem com que a atual localização seja satisfatória, ao se analisar as características geológicas e as especificidades da localidade.



Figura 32: PC-VIÇ-SAAE13. Data: 25/05/2021. Fonte autor.



Figura 33: Vista geral locação PC-VIÇ-SAAE13. Fonte: Autor.

Tabela 15: PÇ-VIÇ-SAAE14 / Comunidade dos Cristais.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE14 / Comunidade dos Cristais.
Coordenadas:	Latitude 724618,586 / Longitude 7700794,122.
Altitude:	679,32 metros.
Profundidade:	100 metros.
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	2008.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	A região possui muitos encontros de cursos de água. O poço está localizado a jusante de duas feições deste tipo, entretanto está muito distante do curso de água.
Localização sugerida:	As especificidades da região fazem com que o local indicado para perfuração, do ponto de vista geológico respeite a maior proximidade com o curso de água local e as feições de lineamento da área. Dessa maneira o poço poderia ser locado conforme indicado na figura a baixo. Apesar do exposto, atualmente o poço possui capacidade de atender a finalidade proposta, visto que tem vazão mediana e a localidade não demanda grandes vazões para abastecimento.



Figura 34: PC-VIÇ-SAAE14. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 35: Vista geral locação PC-VIÇ-SAAE14. Fonte: Autor.

Tabela 16: PÇ-VIÇ-SAAE15 / Condomínio Monte Verde (Vila Alves).

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE15 / Condomínio Monte Verde (Vila Alves).
Coordenadas:	Latitude 720856,307 / Longitude 7701082,130.
Altitude:	662,83 metros.
Profundidade:	120 metros.
Nível Estático:	3,72 metros.
Nível Dinâmico:	62,3 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	4,2 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0717 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2003.
Filtros:	23 a 25,5 metros.
Revestimento:	Aço galvanizado.
Considerações:	As considerações do poço segue o mesmo raciocínio para os poços de código final 06, 07, 10 e 16, devido às especificidades da região em questão.
Localização sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. É provável que um ou dois poços, variando a profundidade e locados conforme descrito anteriormente, pudessem abastecer toda a região, substituindo os 5 (cinco) poços existentes.



Figura 36: PC-VIÇ-SAAE15. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 22: Vista geral de localização dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.

Tabela 17: PÇ-VIÇ-SAAE16 / Condomínio Octávio Pacheco.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE16 / Condomínio Octávio Pacheco.
Coordenadas:	Latitude 721140,628 / Longitude 7700688,676.
Altitude:	678,38 metros.
Profundidade:	120 metros.
Nível Estático:	6,8 metros.
Nível Dinâmico:	64,92 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	5 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0860 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	2012.
Filtros:	Não possui.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	O poço está inserido na mesma região dos poços de código final 06, 07, 10 e 15, mas há uma importante observação a ser destacada. Como a demanda da região é alta e os poços anteriores operam no limite, este poço foi construído exclusivamente para atendimento ao empreendimento do condomínio Octávio Pacheco. Quando da liberação do condomínio a operação foi repassada a companhia de saneamento.
Localização sugerida:	Ao se analisar toda a região, fica evidente que do ponto de vista geológico haveria locais mais adequados para localização de poços que atendessem toda a região. Porém para a finalidade de abastecer apenas o condômino e sendo perfurado nas suas dependências, o poço foi locado na melhor área dentro de critérios geológicos da região, já que está próximo ao curso de água e no ponto mais a jusante possível dentro da área de interesse.



Figura 37: PÇ-VIÇ-SAAE16. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 22: Vista geral de localização dos poços da região do Vila Alves. Fonte: Autor.

Tabela 18: PÇ-VIÇ-SAAE17 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 01.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE17 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 01.
Coordenadas:	Latitude 731075,718 / Longitude 7703926,657.
Altitude:	697,25 metros.
Profundidade:	120 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	5,6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecido.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	A análise do poço deve ser realizada conjuntamente ao poço de código final 18, pois estas duas fontes são utilizadas para abastecimento do Distrito de Cachoeira de Santa Cruz. Observando a localidade como um todo há vários segmentos de cursos de água na região, sendo que o poço de código final 17 está localizado na região mais a montante do curso de água vizinho.
Locação sugerida:	Seguindo critérios geológicos, o local indicado para perfuração seria a jusante dos cursos de água da região e próximo ao acesso à localidade, alinhando proximidade da área de interesse e critério técnico para seleção da área.



Figura 38: PC-VIÇ-SAAE17. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 39: Vista geral de localização dos poços do Distrito de Cachoeira de Santa Cruz.  
Fonte: Autor.

Tabela 19: PÇ-VIÇ-SAAE18 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 02.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE18 / Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 02.
Coordenadas:	Latitude 730754,648 / Longitude 7704043,045.
Altitude:	688,12 metros.
Profundidade:	80 metros.
Nível Estático:	0,4 metros.
Nível Dinâmico:	54,5 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	2,8 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,0518 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	1994.
Filtros:	24,4 a 29,12.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	As considerações do poço em evidencia é similar ao do poço anterior, já que as duas estruturas tem por finalidade abastecer o Distrito de Cachoeira de Santa Cruz. Em se tratando da região mais povoada da localidade, enquanto o poço de código final 17 está situado na parte mais alta, este poço de código final 18 está situado mais ao centro da localidade.
Localção sugerida:	Assim como descrito anteriormente e retratado na figura 39, o local mais indicado para a perfuração de um poço que atenda a região seria em um ponto mais a jusante, próximo ao acesso do Distrito no sentido Viçosa x São Miguel do Anta. A indicação deste local segue critérios geológicos e de proximidade a área de interesse, pois nesse local há maior acumulo de água, advindo de vários encontros de cursos de água que existem na região.



Figura 40: PC-VIÇ-SAAE18. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 39: Vista geral de localização dos poços do Distrito de Cachoeira de Santa Cruz.  
Fonte: Autor.

Tabela 20: PÇ-VIÇ-SAAE19 / Distrito de São José do Triunfo Poço 01.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE19 / Distrito de São José do Triunfo Poço 01.
Coordenadas:	Latitude 726494,229 / Longitude 7703832,636.
Altitude:	662,90 metros.
Profundidade:	80 metros.
Nível Estático:	3,69 metros.
Nível Dinâmico:	36,76 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	10,9 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,3296 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	1988.
Filtros:	17 a 19,4 metros, 25,2 a 27,6 metros e 33,6 a 36 metros.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	Estes três últimos poços tem a finalidade de abastecer o Distrito de São José do Triunfo. As vazões são boas em comparação aos demais poços operados pela companhia local e a utilização de filtros deve ser o motivo para tal. Entretanto, a presença dos filtros, ao mesmo tempo que contribui para o aumento da vazão coloca em risco o recurso, já que é uma potencial fonte de contaminação.
Localização sugerida:	Aparentemente os poços não estão locados no melhor local do ponto de vista geológico, já que poderiam estar próximos do principal manancial da área, o Rio Turvo Sujo e a jusante do encontro dos cursos de água existentes na região. Ao invés disto, os poços de código final 19 e 20 estão locados mais próximos a cursos de água menores da região. A escolha do local indicado na figura 42 se baseia em critérios geológicos e na proximidade com a área de interesse.



Figura 41: PC-VIÇ-SAAE19. Data: 18/05/2021. Fonte autor.



Figura 42: Vista geral de locação dos poços do Distrito de São José do Triunfo. Fonte: Autor.

Tabela 21: PÇ-VIÇ-SAAE20 / Distrito de São José do Triunfo Poço 02.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE20 / Distrito de São José do Triunfo Poço 02.
Coordenadas:	Latitude 726422,563 / Longitude 7703976,992.
Altitude:	661,27 metros.
Profundidade:	80 metros.
Nível Estático:	4,64 metros.
Nível Dinâmico:	22,25 metros.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	15 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	0,8518 m <sup>3</sup> /h/m.
Data da Perfuração:	1994.
Filtros:	47,6 a 49,94 metros e 53,6 a 58,28 metros.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	As considerações são similares ao do poço anterior e a figura 42 retrata o contexto. Vale destacar que este poço é o de maior vazão operado pela companhia de saneamento local. Assim como o poço anterior há a presença de filtro, que ajuda a entender a vazão obtida, mas que deixa exposto o poço a possível contaminação. Estando os três poços da região inseridos dentro da área mais urbanizada, o risco de contaminação é ainda maior, principalmente advinda do sistema de esgotamento sanitário.
Localização sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.



Figura 43: PÇ-VIÇ-SAAE20. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 42: Vista geral de localização dos poços do Distrito de São José do Triunfo. Fonte: Autor.

Tabela 22: PÇ-VIÇ-SAAE21 / Distrito de São José do Triunfo Poço 03.

Código / Endereço:	PÇ-VIÇ-SAAE21 / Distrito de São José do Triunfo Poço 03.
Coordenadas:	Latitude 726244,223 / Longitude 7703606,900.
Altitude:	658,72 metros.
Profundidade:	100 metros (informações locais dos técnicos do SAAE).
Nível Estático:	Desconhecido.
Nível Dinâmico:	Desconhecido.
Rebaixamento:	Desconhecido.
Vazão de Produção:	5,6 m <sup>3</sup> /h.
Vazão Específica:	Desconhecida.
Data da Perfuração:	Desconhecido.
Filtros:	Desconhecido.
Revestimento:	Tubo de aço.
Considerações:	Considerações similares aos dois poços anteriormente descritos. Há dois destaques a se fazer, primeiramente a vazão é menor do que a observada em relação aos demais poços da localidade, fator relacionado à presença de filtro nos demais poços e ausente nesta estrutura. A segunda observação se refere a como o poço foi construído, pois este é o único poço operado pela companhia local que está situado no subterrâneo da via, dentro de uma estrutura de concreto. Todos os outros poços operados estão situados sobre a via, cenário natural e comum em qualquer localidade. O cesso se dá pelo tampão de ferro fundido que está situado próximo a calçada da via.
Localização sugerida:	Considerando os indicativos de campo e critérios geológicos, o local mais adequado para perfuração seria após a junção dos cursos de água e mais próximo ao manancial. Em ambientes constituídos por rochas cristalinas é necessário considerar as estruturas (lineamentos), que permitam à infiltração, circulação e o armazenamento da água subterrânea.



Figura 44: PÇ-VIÇ-SAAE21. Data: 16/11/2021. Fonte autor.



Figura 42: Vista geral de localização dos poços do Distrito de São José do Triunfo. Fonte: Autor.

## **5.2 Elaboração de Planilha de Informações:**

A tabela 23 apresenta a planilha com as informações obtidas da coleta de dados e visita de campo. As informações foram adquiridas através de pesquisa na companhia de saneamento e em sítios eletrônicos de órgãos estaduais e federais relacionados aos Recursos Hídricos. Durante as visitas de campo as informações foram verificadas e alguns dados faltantes foram coletados. Foi possível preencher em sua totalidade as colunas Fonte de Dados, Código, Localização, Coordenadas, Altimetria, Profundidade, Vazão produzida e Revestimento. Já as colunas: Data de Perfuração, Vazão Específica, Nível Estático, Nível Dinâmico e Filtro, foram preenchidos parcialmente, já que faltaram dados para seu correto preenchimento. Inicialmente também seria preenchida a coluna Litologia, porém o limite do município e todos os poços estão inseridos dentro da camada PP2ma2 – Complexo Mantiqueira, motivo pelo foi retirada da planilha a coluna Litologia.

Fonte Dados	Código (poço)	Localização	Coord. SIRGAS 2000 UTM 23S		Altime. (m)	Data Perfuração	Profund. (m)	Vazão Produzida	Vazão Específica	Nível Estático	Nível Dinâmico	Revestimento (material)	Filtro (m)
			E	N									
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE01	Bairro Nova Viçosa	718976,876	7700905,251	703,13		100	4				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE02	Bairro Novo Paraíso	721720,336	7697427,466	702,66	2005	120	6	0,1327	6,8	52	Aço galvanizado	0 a 19,96
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE03	Bairro Novo Silvestre Poço 1	722274,818	7709233,018	648,30		120	6,5				Tubo de Aço	
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE04	Bairro Novo Silvestre Poço 2	722060,279	7709478,519	658,80		100	4,6				Tubo de Aço	
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE05	Bairro Romão dos Reis	720338,303	7700642,022	667,25	1997	80	5,5				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE06	Bairro Rua Nova (Ecolife)	720678,177	7701042,617	678,50	2011	100	3,27	0,0688	8	55,5	Aço ferro preto	40 a 42
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE07	Bairro Rua Nova/Romão dos Reis	720650,047	7700881,706	676,75	2014	120	3,3	0,0379	1,4	88,55	Aço carbono	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE08	Bairro Sol Nascente	719080,007	7704050,137	655,03	2011	102	4,63	0,0957	8	56,4	Aço carbono	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE09	Bairro São Francisco de Assis	719060,017	7703455,097	666,10	2011	130	6,49	0,0941	8,45	77,39	Aço carbono	30,5 a 33,0
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE10	Bairro Vila Alves	720873,366	7701048,693	662,62		100	4,5				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE11	Comunidade do Buieié	725479,147	7708364,127	653,78	2004	80	6	0,3390	10	27,7	Aço galvanizado	
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE12	Comunidade do Córrego São João	717867,99	7708646,503	636,83		80	5,2				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE13	Comunidade do Pau de Cedro	715956,68	7712894,12	662,39	2003	60	8,56	0,5070	2	18,9	Aço galvanizado	
<b>Formulário</b>	PÇ-VIÇ-SAAE14	Comunidade dos Cristais	724618,586	7700794,122	679,32	2008	100	6				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE15	Condomínio Monteverde (Vila Alves)	720856,307	7701082,13	662,83	2003	120	4,2	0,0717	3,72	62,3	Aço galvanizado	23 a 25,5
<b>Formulário</b>	PÇ-VIÇ-SAAE16	Condomínio Octávio Pacheco	721140,628	7700688,676	678,38	2012	120	5	0,0860	6,8	64,92	Tubo de Aço	
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE17	Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 01	731075,718	7703926,657	697,25		120	5,6				Tubo de Aço	
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE18	Distrito de Cachoeira de Santa Cruz Poço 02	730754,648	7704043,045	688,12	1994	80	2,8	0,0518	0,4	54,5	Tubo de Aço	24,4 a 29,12
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE19	Distrito de São José do Triunfo Poço 1	726494,229	7703832,636	662,90	1988	80	10,9	0,3296	3,69	36,76	Tubo de Aço	17 a 19,40 / 25,2 a 27,6 / 33,6 a 36
<b>Relatório</b>	PÇ-VIÇ-SAAE20	Distrito de São José do Triunfo Poço 2	726422,563	7703976,992	661,27	1994	80	15	0,8518	4,64	22,25	Tubo de Aço	47,6 a 49,94 / 53,6 a 58,28
<b>Relato</b>	PÇ-VIÇ-SAAE21	Distrito de São José do Triunfo Poço 3	726244,223	7703606,9	658,72		100	5,6				Tubo de Aço	

Tabela 23: Planilha de Informações dos Poços. Fonte: Autor, 2022.

### **5.3 Elaboração de Mapa de Localização e Caracterização de Poços:**

As figuras 45, 46 e 47, apresentam a versão final do Mapa de Localização dos Poços, que será entregue a companhia local para uso no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região. Devido à proximidade de alguns poços e a escala da bacia, determinadas áreas foram destacadas para melhor visualização. Para este estudo o mapa tem o propósito de auxiliar na visualização dos poços em relação a suas respectivas locações, tanto dentro dos limites do município quanto em relação à bacia como um todo.

Os estudos hidrogeológicos desenvolvidos basearam-se inicialmente nos levantamentos de campo e pesquisa junto a órgãos públicos e privados, destinados ao inventário de poços tubulares existentes nos domínios da área. Os dados relativos aos poços tubulares inventariados foram submetidos a uma revisão para eliminação de possíveis erros grosseiros e posteriormente agrupados em um cadastro de Poços Tubulares, que compõe a tabela 23, localizada acima na página 82. No total, foram cadastrados 21 poços tubulares.

A distribuição desses poços na área de estudo, como se observa, apresenta certa heterogeneidade espacial, não por mera casualidade, já que foi influenciada principalmente por quatro fatores: em primeiro lugar, é natural a existência de um maior número de poços em áreas de maior disponibilidade hídrica subterrânea. Em segundo lugar a existência da demanda já instalada para as águas subterrâneas em decorrência das características das atividades econômicas predominantes em cada região. Para regiões mais desenvolvidas, maior número de poços perfurados. Em terceiro lugar, a perfuração de poços seria uma alternativa para locais onde as águas superficiais são mais escassas ou de maior custo. Por último, uma maior dificuldade na obtenção de informações em decorrência do grau de organização e arquivamento dos registros das entidades públicas ou privadas. No entanto, a densidade da amostragem foi considerada satisfatória para o conjunto da área estudada, estabelecendo-se a média de 7 poços por cem quilômetros quadrados. A área considerada foi a do município de Viçosa-MG com valor de 299,418 km<sup>2</sup> segundo o IBGE, uma vez que todos os poços se situam dentro dos seus limites.

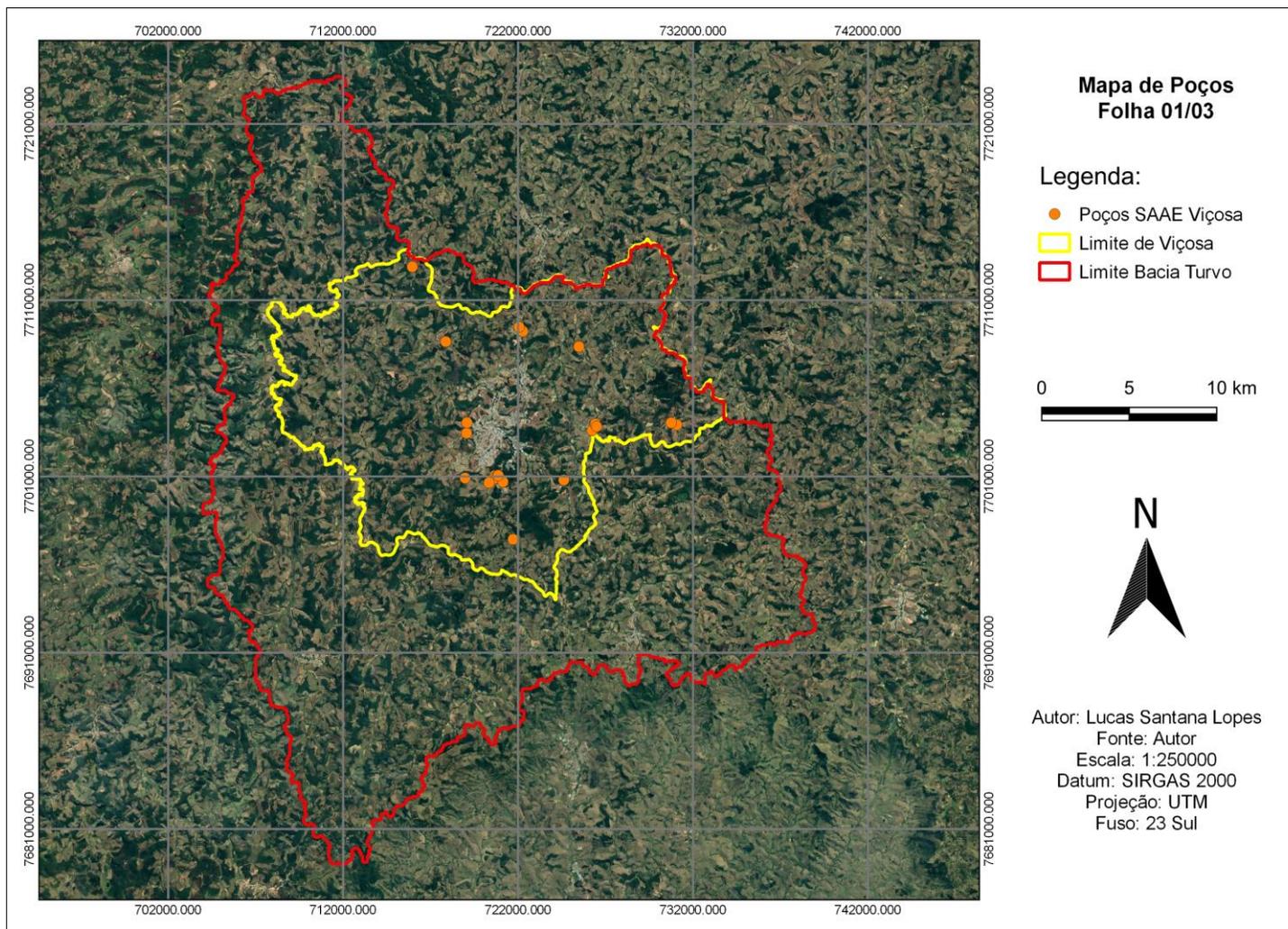


Figura 45: Mapa de Localização dos Poços. Folha 01/03. Fonte: Autor, 2021.

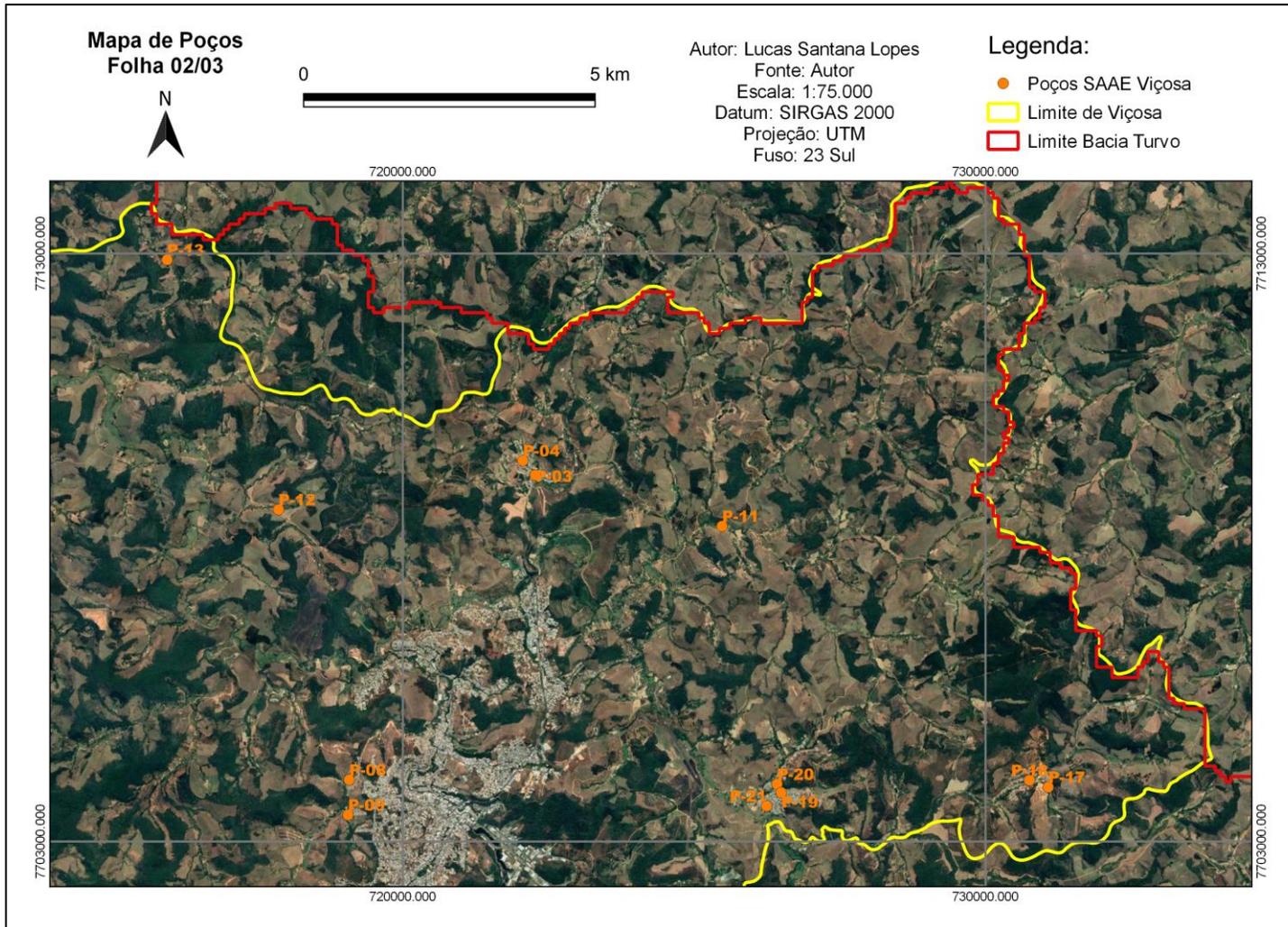


Figura 46: Mapa de Localização dos Poços. Folha 02/03. Fonte: Autor, 2021.

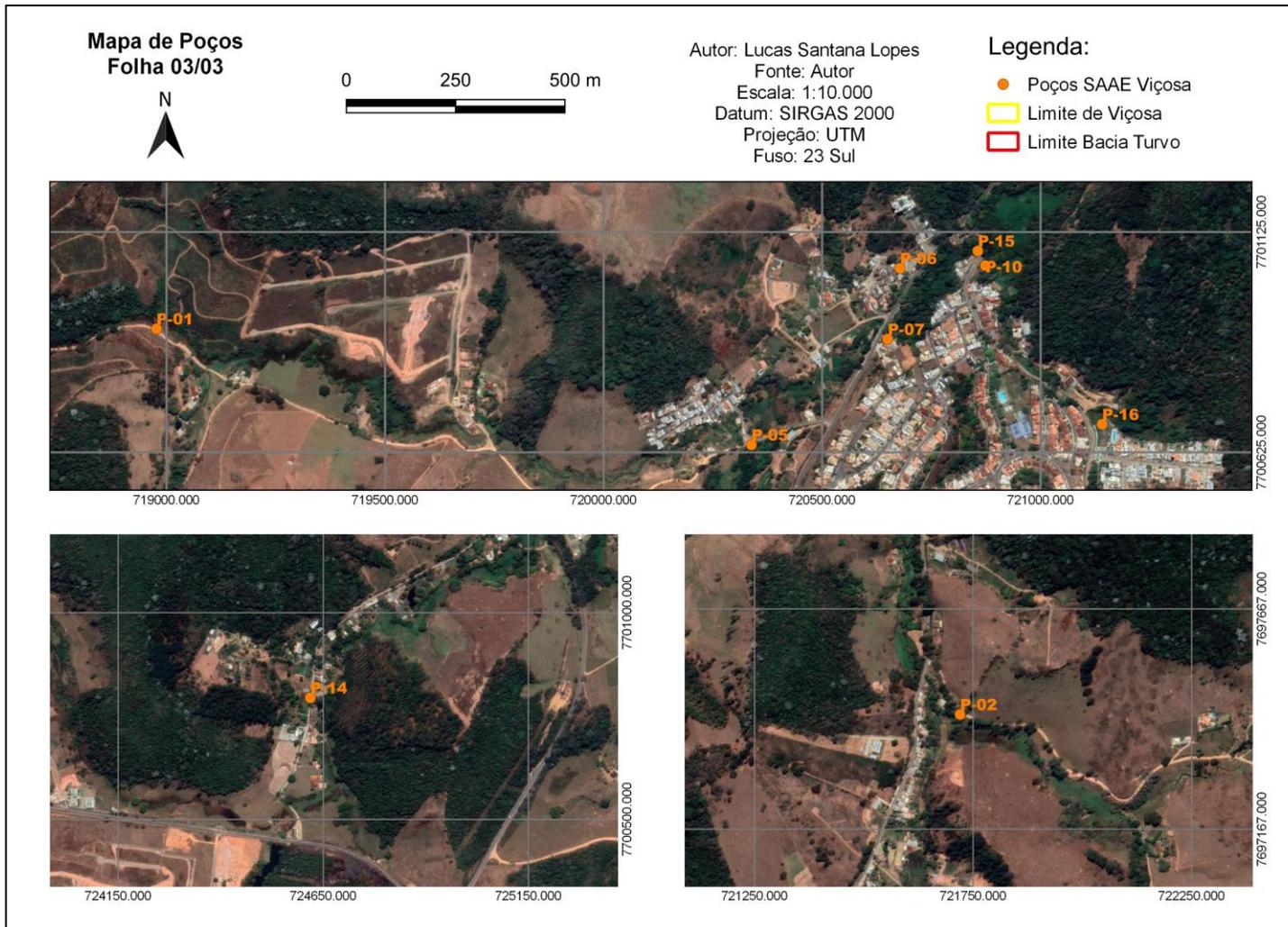


Figura 47: Mapa de Localização dos Poços. Folha 03/03. Fonte: Autor, 2021.

O equipamento mais utilizado na perfuração dos poços cadastrados são as sondas roto-pneumáticas, de maior eficiência e rapidez na perfuração de rochas duras em meios fraturados, seguido, em menor proporção, por sondas a percussão.

Como características principais dos poços cadastrados verificou-se que:

- A maioria dos poços construídos, geralmente, são iniciados com diâmetros de 10 ou 12”, em coberturas indiferenciadas e rochas inconsolidadas. Na rocha sã, o diâmetro do furo é de 6”.
- Os poços, na sua grande maioria, são revestidos apenas, na seção superior do furo, pela presença de material inconsistente, permanecendo abertos nas rochas sãs. Os materiais de revestimento mais usados são tubos de aço carbono ou galvanizado e de PVC rígido, próprios para poços tubulares. A utilização de filtros se restringe a poços onde ocorre a disponibilidade de águas nas coberturas e rochas alteradas, sendo os filtros de aço e PVC, os mais usados.
- As informações sobre as entradas de água e as profundidades das fraturas atravessadas foram registradas em apenas 7 poços. As profundidades das entradas de água, situam-se, na maioria dos casos, 80%, entre 20 a 60 metros, nenhuma entrada acima de 60 metros e 20% das entradas de água ocorrem em profundidades de até 20 metros.
- As profundidades dos níveis estáticos para os poços cadastrados, cuja distribuição de frequência, indicam um valor máximo de 10 metros, com mínimo de 0,4 metros e média de 5,33 metros. Verificam-se ainda que 75% dos poços se situam no intervalo entre 2,00 e 8,45 metros de profundidade para o nível estático.
- O cômputo das vazões específicas para um número de amostras dos 12 poços, indica que 75% dos poços têm produção até 0,33 L/s/m, com um valor médio de 0,22 L/s/m, um valor máximo de 0,85 L/s/m e um mínimo de 0,038 L/s/m.
- A distribuição das profundidades dos poços tubulares tratados regionalmente para o número total de amostras mostra que 33%, dos poços se inserem entre o intervalo de 60 a 90 metros e que 67 % dos poços foram perfurados acima de

100 metros. Verificam-se ainda um valor máximo de 130 metros e um valor mínimo de 60 metros, tendo como valor médio 99 metros.

#### **5.4 Elaboração de Mapas de Drenagem:**

A figura 48 apresenta o Mapa de Drenagem para a bacia do Rio Turvo como um todo. Para este estudo o propósito também é auxiliar na identificação e visualização do território, mas com foco nos recursos hídricos superficiais. Interessante comentar que a Oeste, em uma grande extensão territorial, o Rio Turvo Limpo coincide com o limite do município de Viçosa-MG e a Norte e Leste, em determinado trecho, o limite da Bacia (divisor de água) também coincide com o limite do município de Viçosa-MG.

O Ribeirão São Bartolomeu, Rio Turvo Sujo e Rio Turvo Limpo foram destacados na hidrografia do mapa elaborado. Estes são importantes recursos da área de estudo. A ETA I do SAAE Viçosa utiliza o Ribeirão São Bartolomeu para captação de água superficial. A ETA II do SAAE Viçosa utiliza o Rio Turvo Sujo para captação de água superficial. Já o Rio Turvo Limpo é o manancial escolhido para possível implantação da ETA III, conforme explanado anteriormente.

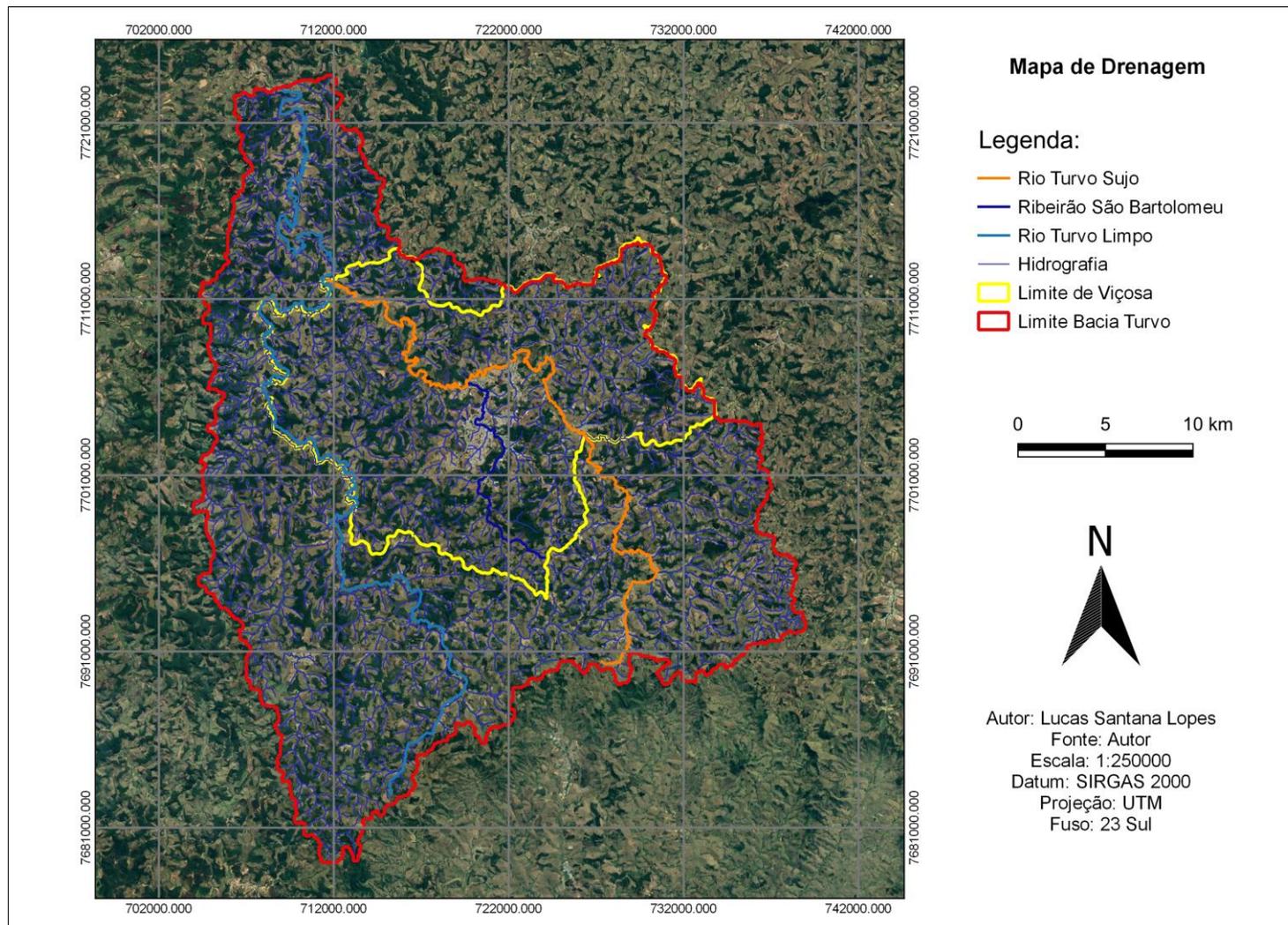


Figura 48: Mapa de Drenagem. Fonte: Autor, 2021.

## **5.5 Elaboração de Mapa Geológico e Caracterização:**

A área apresenta rochas referentes ao período Pré-Cambriano inferior ou Indiviso, compreendendo gnaisse e magmatitos diversos. Sedimentos quaternários ocorrem ao longo dos vales, constituindo depósitos aluvionares de caráter argiloso, argilo-arenoso, representados por terraços e leitos maiores de deposição mais recente (Radambrasil, 1983). A geologia da microrregião de Viçosa situa-se no Complexo Mantiqueira, composta por rochas do Embasamento Granito-Gnáissico indiviso, referentes ao período pré-Cambriano. São constituídas de gnaisses moderadamente indiferenciados e bastantes alterados, apresentam níveis quartzosos intercalados a níveis micáceos e a presença de intrusões de rocha metabásica às vezes concordantes ou discordantes com a foliação da rocha local (VIEIRA, 2000).

A maior parte da bacia está inserida no Complexo Mantiqueira, com uma pequena porção ao norte inserida no Grupo Dom Silvério e áreas menores espalhadas pelo terreno inseridas nas outras camadas. O município de Viçosa está totalmente inserido no complexo Mantiqueira e sua subdivisão Unidade Mantiqueira, ortoanfibolito e ortognaisse. Esta segunda ocupa pequenas áreas ao leste e nordeste do município, sendo quase a totalidade do município ocupada pela primeira. Todos os poços estão localizados na área da camada do Complexo Mantiqueira, motivo pelo qual não há dados sobre como se comportam as vazões em relação à litologia.

A figura 49 apresenta o Mapa Geológico para a bacia do Rio Turvo. Dentro dos limites da bacia há a presença das camadas Suíte Paula Cândido – NP3pc, Grupo Andrelândia – NPa, Complexo Mantiqueira – PP2ma2, Unidade Mantiqueira, ortoanfibolito e ortognaisse – PP2ma2a, Litofácies Mantiqueira, hidrotermalito ferruginoso – PP2ma2hf e Grupo Dom Silvério – PRds.

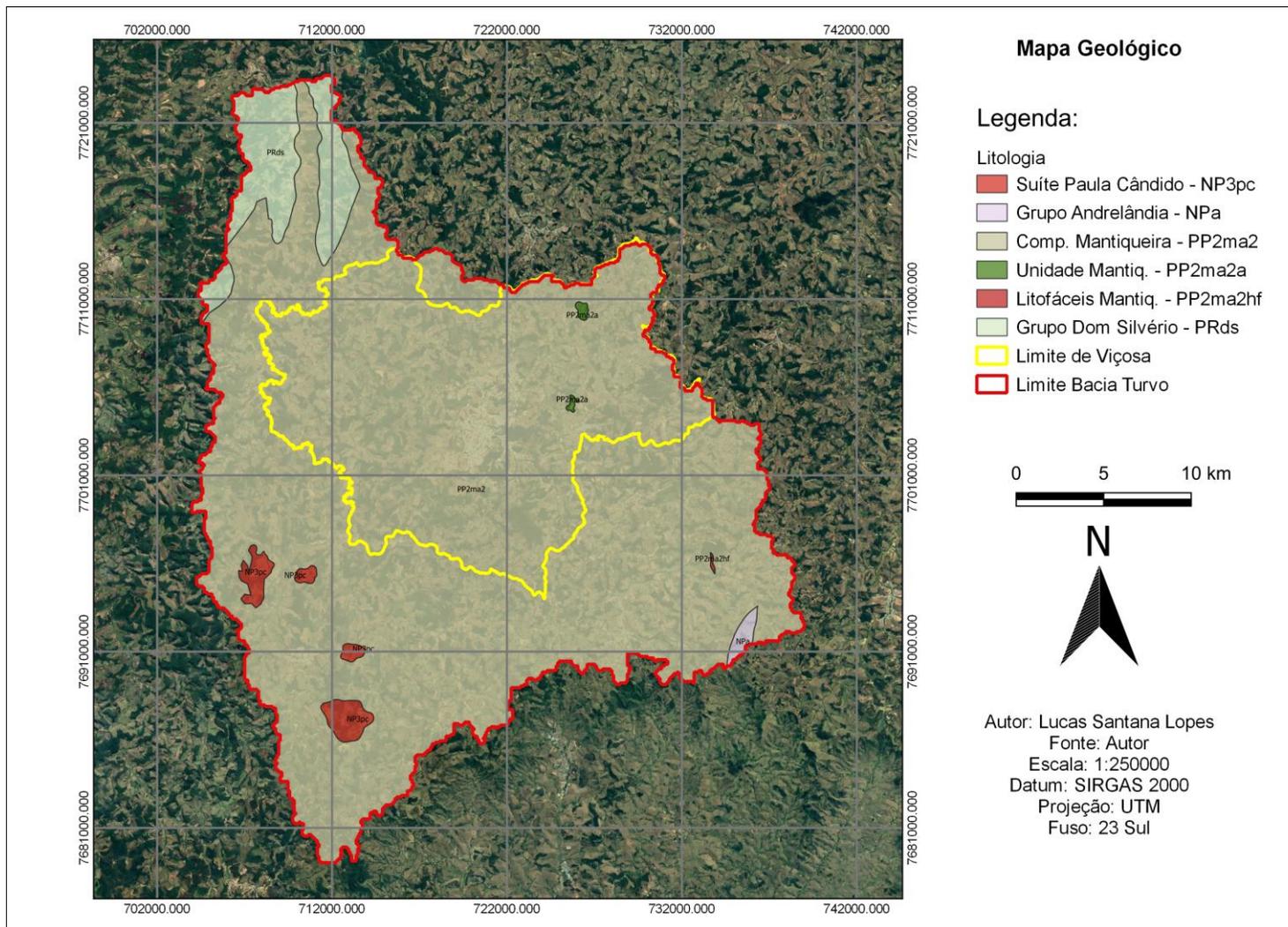


Figura 49: Mapa Geológico. Fonte: Autor, 2021.

- **Caracterização Litológicas e identificação dos sistemas aquíferos:**

A região está inserida hidrogeologicamente no Mapa de Províncias Hidrogeológicas do Brasil (Pessoa *et al*, 1980) na Sub-província Escudo Oriental 6-b. Ao se considerar o ambiente geológico da área de estudo, identificam-se duas categorias de sistemas aquíferos: um meio granular, caracterizado por depósitos aluvionares, e um meio fissural, representado por rochas cristalinas de diversas unidades litológicas. Em relação ao aquífero fissural adotou-se uma entidade espacial, caracterizada por um tipo predominante e bem definido de rocha reservatório, associada a uma unidade geológica regional específica. As relações entre os sistemas aquíferos e as unidades geológicas associadas, como os tipos de rochas dominantes, constam na Tabela 24.

<b>Sistemas Aquíferos</b>	<b>Litologia Predominante e Unidades Geológicas</b>
<b>Meio Granular</b>	
Aluvial	Areias de depósitos aluviais – Quaternário
Coberturas Detríticas e Manto de Alteração	Areias, Siltes e Argilas – Terciário-Quaternário
<b>Meio Fissural</b>	
Rochas da Associação Xistos-Gnaisses-Migmatitos (Rochas metamórficas não orientadas)	Biotita-Xistos, Biotita Gnaisses, Micaxistos, Migmatitos Indiscriminados do Complexo Paraíba do Sul (Pipsi) e Micaxistos, Biotita Gnaisses do Complexo Barbacena (Abi), Charnockitos, Granulitos, Milonitos do Complexo Juiz de Fora (Ajf), Granulitos Itaperuna(Ait) e Intrusões Graníticas (pcGr)

Tabela 24: Sistemas Aquíferos da área de estudo.

- **O Meio Granular:**

**Aquíferos em sedimentos aluviais:**

Esses depósitos, que podem atingir até 15 metros de espessura, são encontrados ao longo da rede de drenagem, nos canais fluviais, nas planícies de inundação e nos terraços aluviais.

**Aquíferos em Coberturas Detríticas e Mantos de Alteração:**

Esse sistema constitui os aquíferos superficiais associados ao manto de alteração das rochas (saprólitos, elúvios e colúvios) e aos depósitos detríticos de cobertura do

Terciário-Quaternário. Os mantos de alteração das rochas não estão representados no mapa geológico ou de sistemas aquíferos (figura 49) por limitação de escala do mapeamento, entretanto, ocorrem de modo generalizado se constituindo numa importante fonte de recarga das rochas fraturadas subjacentes, pois atua como um meio de captação da água precipitada em toda a superfície permeável (ou semi-permeável), diminuindo a perda por escoamento e minimizando o processo de evaporação. Sua mineralogia e espessura são muito variáveis e guardam íntima relação com a litologia de origem e as condições climáticas atuantes.

- **Meio Fissural:**

Para o meio fissural, as informações reunidas e tratadas regionalmente vieram indicar que os fatores mais determinantes e que influenciam quantitativa e qualitativamente nas águas subterrâneas dos domínios hidrogeológicos são o condicionamento estrutural e litológicos derivados.

O meio aquífero fissural é caracterizado pela ausência ou presença muito reduzida de espaços vazios na rocha. Nesse aquífero, a água se encontra em espaços representados por fissuras ou fraturas, juntas ou ainda em falhas, ocorrendo ainda em situações esporádicas, em vesículas.

Segundo Costa (1983), os principais fatores atuantes considerados no estudo de caracterização do meio fissural e que controlam os mecanismos de infiltração, percolação, armazenamento d'água e qualidade são: clima, relevo, hidrografia, coberturas (sedimentares, detríticas, manto de alteração), constituição litológica e estruturas. Sendo assim, para toda a área estudada, entende-se que, através de uma ótica regionalizada, com exceção dos condicionantes estruturais associados às litologias, todos os outros fatores atuaram de forma geralmente constante, influenciando de maneira homogênea o meio aquífero fissural.

Na área estudada, predominantemente constituída de rochas cristalinas de baixa permeabilidade primária, existem dois aquíferos de comportamentos bastante distintos: um mais superficial, formado na maioria das vezes pelo regolito intemperizado e/ou depósitos quaternários de comportamento de meio granular e um mais profundo, formado por fraturas de rocha sã. O primeiro é regional e extenso, dando contornos à

superfície do relevo. O segundo, subjacente, em geral, apresenta maior condutividade hidráulica e pode atingir profundidades grandes.

Nesse domínio, os aquíferos são fraturados, locais, descontínuos, livres e semiconfinados, restritos a juntas e fraturas, sendo recobertos pela ocorrência de aluviões e coberturas indiferenciadas, os quais não foram representados na Figura 49 por limitações de escala.

## **5.6 Elaboração de Mapa de Lineamento e Análise de Influência:**

A figura 50 apresenta o Mapa de Lineamento para a bacia do Rio Turvo. Alguns poços, tais quais os de código final 02, 03, 04, 05, 06, 07, 10, 12, 14, 15, 16, 17 e 18 estão próximos às feições de lineamento, entretanto em nenhum caso há coincidência exata com a coordenada da locação com a feição de lineamento adquirida da base de dados do CPRM. O poço mais próximo é o de código final 15, que possui vazão baixa se comparando com outros estudados.

Apesar de não terem sido objetivos desse trabalho, os lineamentos estruturais da área de estudo foram abordados a partir da análise de estruturas em escala macroscópica num contexto regional e através de trabalhos de detalhe. Para que essas considerações tivessem consistência, certificou-se em campo de que todos os poços cadastrados se encontram localizados em condições similares para fins de uma análise detalhada, ou seja, independentemente do tipo de rocha, na melhor situação morfológica, ou seja, em depressões geralmente de bacias hidrográficas, os poços localizados em topos de elevações, divisores hidrográficos, flancos de colinas ou vertentes dos vales.

Uma densa malha de fraturas, associada às coberturas de alteração e aluviais, constitui um sistema aquífero livre onde a topografia passa a ser o principal fator responsável pela circulação das águas. A recarga da unidade aquífera tem na rede de drenagem superficial e nas chuvas, os maiores contribuintes, sendo mais eficiente nas áreas onde o controle estrutural da drenagem se dá através das fraturas, que permitem uma contínua realimentação por meio dos aluviões, principalmente durante o período das chuvas.

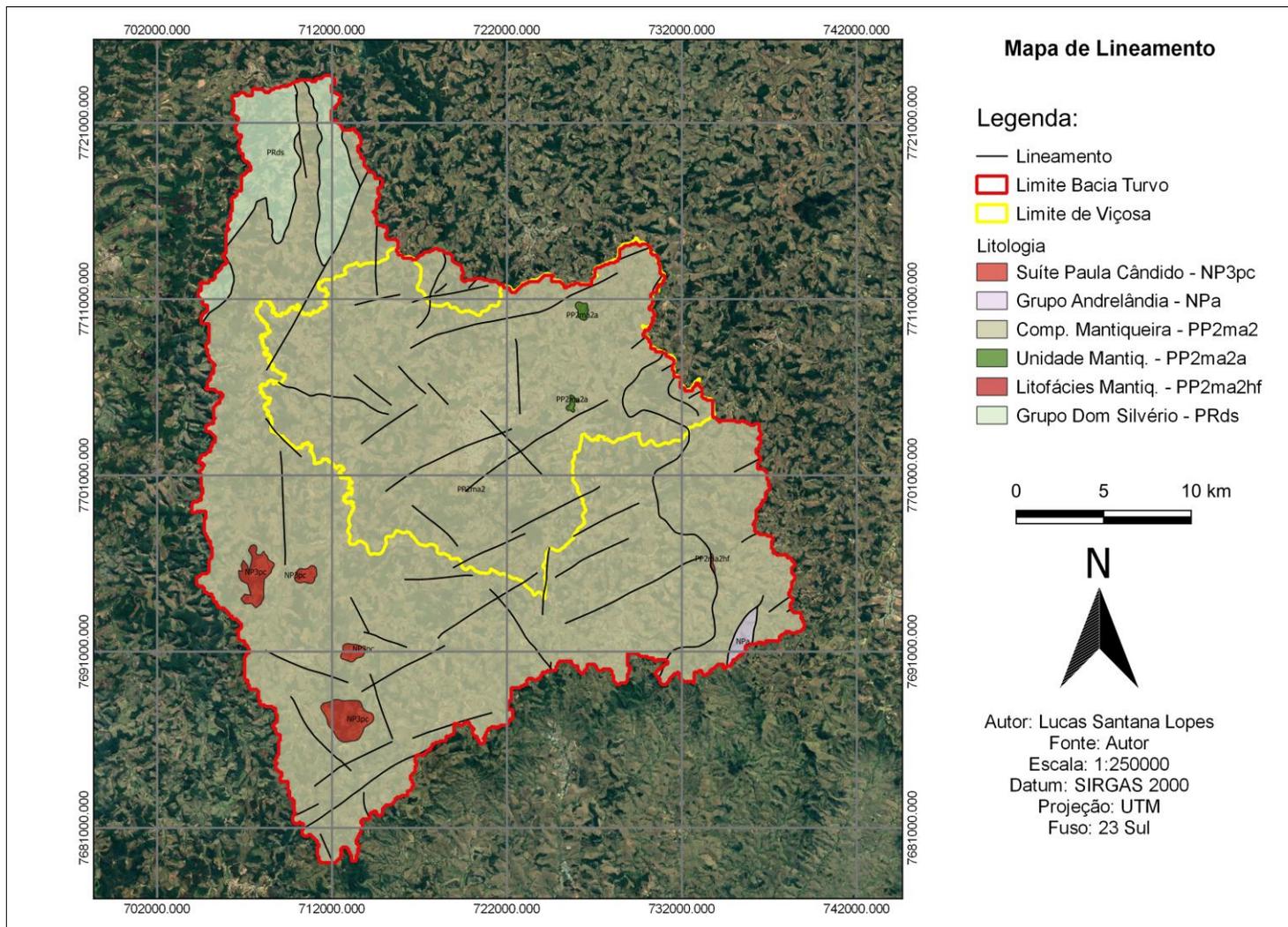


Figura 50: Mapa de Lineamento. Fonte: Autor, 2021.

## **5.7 Elaboração de Mapa de Temas Integrados:**

A figura 51 apresenta o Mapa de Temas Integrados, elaborado a partir dos mapas anteriores e com a finalidade de exibir toda a área de estudo e os atributos mais relevantes para o trabalho proposto.

Neste mapa é possível observar o limite da Bacia do Rio Turvo, o limite do Município de Viçosa, a localização dos poços, a hidrografia com destaque para o Ribeirão São Bartolomeu, Rio Turvo Sujo e Rio Turvo Limpo, a geologia e os lineamentos da área de estudo.

O mapa é o expoente dos resultados obtidos anteriormente, e conjuntamente ao trabalho desenvolvido, com destaque para o reconhecimento de campo, é possível adiante realizar a análise do contexto local e discutir acerca do panorama para a região. Para tanto, após a exposição do Mapa de Temas Integrados, será apresentada as discussões dos resultados e então exposta a conclusão.

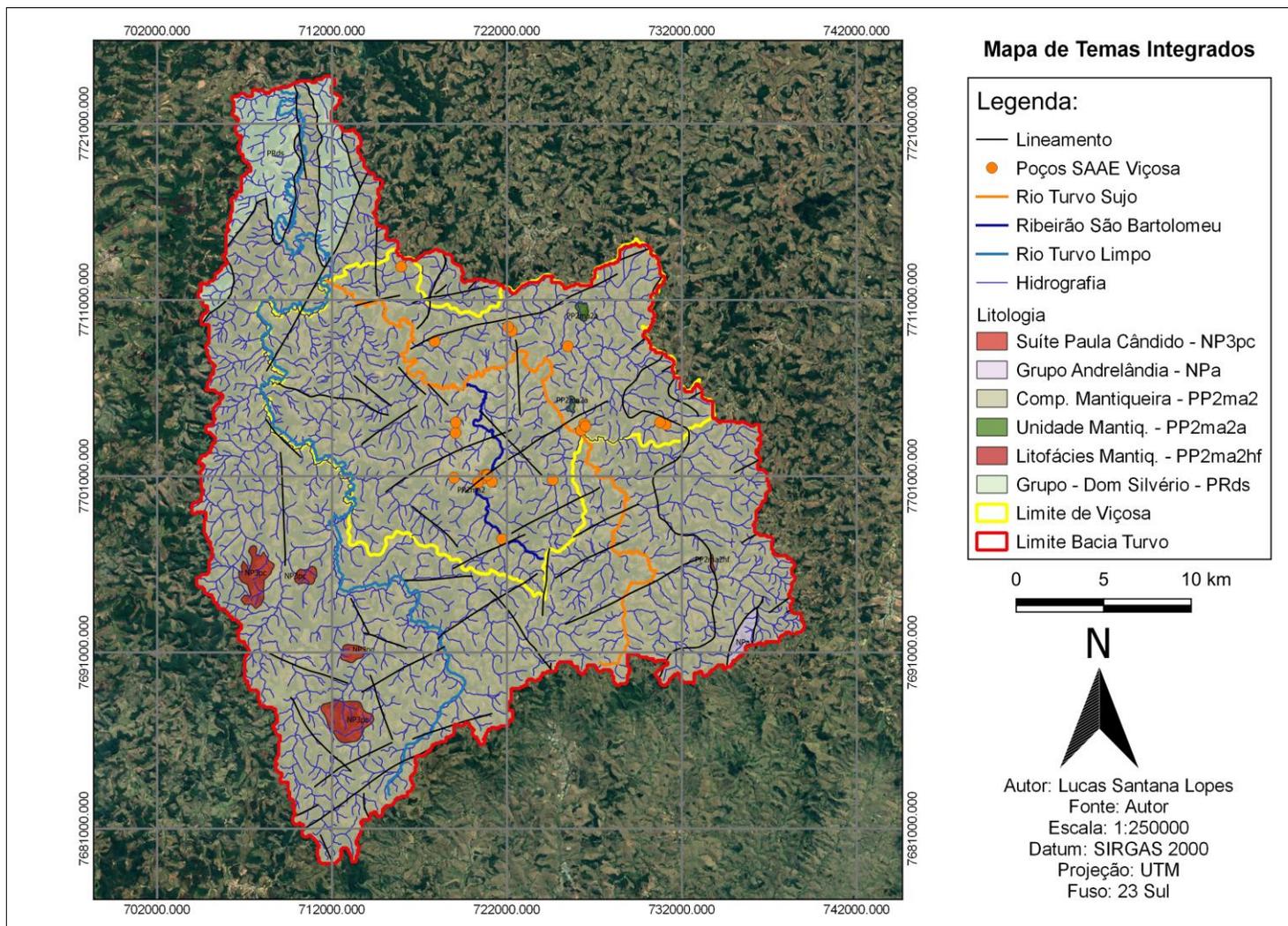


Figura 51: Mapa de Temas Integrados. Fonte: Autor, 2021.

## **5.8 Análise de resultados e discussões:**

A menor vazão registrada é para o poço de código final 18, que tem valor de 2,8 m<sup>3</sup>/h. A maior vazão é do poço de código final 20, com valor de 15 m<sup>3</sup>/h. A média das 21 vazões é 5,89 m<sup>3</sup>/h.

Foi observado que as vazões dos poços não possuem uma correlação estável com a litologia e com os lineamentos presentes na área de estudo, conforme já comentado anteriormente. As melhores vazões foram identificadas nos poços que estão locados em campo em áreas mais favoráveis do ponto de vista geológico local, bem como com a presença de filtros na estrutura do poço. Daí é importante citar que a utilização de filtros deve ser utilizada com critério, já que nesse caso há o risco de contaminação. O ideal é utilizar os filtros em regiões que permitam uma estrutura de preservação ao entorno do poço, minimizando os riscos de contaminação. Neste caso, políticas de uso e ocupação do solo são essenciais para a segurança hídrica.

A grande maioria dos poços não foi locada em campo com critérios geológicos e sim com critérios de proximidade da via de acesso ou em local disponível/doado para tal. Durante as visitas de campo, foi possível observar que há uma região em específico onde não há nenhum poço e que do ponto de vista geológico é uma área com grande potencial para se obter boas vazões. Este ponto é a jusante do encontro do Rio Turvo Sujo e o Ribeirão São Bartolomeu, onde há o encontro de grandes vales e acúmulo significativo de vazões dos recursos hídricos. Tal área fica situada já na saída da sede urbana, em direção à cidade de Porto Firme. Inclusive por estar dentro da área urbana, tem uma localização privilegiada, próximo as mais importantes estruturas de distribuição de água da companhia local. Ademais, nessa região há locais ainda preservados ao longo das margens dos recursos hídricos superficiais, viabilizando uma possível seleção de área que alinhe critérios geológicos, de proximidade, inseridos a estrutura urbana e com possibilidade de preservação do ambiente, permitindo a segurança hídrica. As figuras 52 e 53 trazem a imagem e a indicação desta região.



Figura 52: Vista da margem do Rio Turvo a jusante do encontro com Ribeirão São Bartolomeu. Data 16/11/2021. Fonte: Autor.



Figura 53: Vista geral da área de interesse. Fonte: Autor.

Uma observação sobre a área citada é que a companhia está construindo na região a ETE Barrinha, que será responsável pelo tratamento do esgoto urbano. Apesar deste fator, é possível selecionar locais em que as estruturas possam coexistir e que haja políticas para preservação ambiental da área de ambas.

Locando poços seguindo critérios geológicos, variando a profundidade e utilizando filtros, é muito provável que se consiga vazões acima de 10 m<sup>3</sup>/h, sendo este valor conservador. Atualmente já existem poços com vazões próximas e superiores e que foram locados sem seguir tais critérios. A companhia local de saneamento trabalha com o valor de 100 l/s (ou 360 m<sup>3</sup>/h) para a fonte de abastecimento necessária a equalização do sistema de abastecimento no curto e médio prazo. Com poços de vazão 10 m<sup>3</sup>/h, seriam precisos a quantidade de 36 poços para o atendimento. Do ponto de vista econômico, para uma profundidade de 150 metros, com um valor médio de R\$ 750,00/m para a execução completa, cada poço custa em média R\$ 112.500,00. Daí 36 poços somariam um montante de R\$ 4.050.000,00. Esses valores são muito conservadores e retratam o cenário com enorme folga, já que um quantitativo maior de serviço oferece maior rendimento e aproveitamento de recursos, com consequente redução de custos. Ademais, em caso de melhores vazões a quantidade e profundidade dos poços também seriam reduzidas, o que impactaria na redução do custo.

A companhia local de saneamento possui orçamento datado de Abril de 2018 de R\$ 10.134.617,94 para construção da ETA III. O valor atualizado deve ser bem superior, devido à inflação do período. Este dado comparado a estimativa de custo para execução de bateria de poços reforça a tese de viabilidade econômica, e a pesquisa in loco das vazões na área indicada não deve ser descartada. Ademais, a ETA III está distante cerca de 14 quilômetros da ETA I, enquanto o local indicado está situado a aproximadamente 6 quilômetros da ETA I, fator que também é favorável ao cenário de abastecimento por poços.

## 6. CONCLUSÃO.

Á água subterrânea é um valioso recurso para a humanidade, sendo importante alternativa para utilização em diversos usos. Nos períodos de seca, as águas subterrâneas tendem a serem menos suscetíveis às crises causadas pelas estiagens prolongadas. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais segundo a Lei das Águas (Lei Federal nº 9.433 de 1997). A partir de então a água subterrânea se apresenta como relevante recurso, em especial para o abastecimento humano em períodos de seca ou mesmo de normalidade.

O município de Viçosa-MG não possui em sua área urbana ou rural um manancial superficial com vazões que possibilitem a expansão da captação a fim de atender às projeções de consumo e a segurança hídrica. O passado e o planejamento atual revelam que para abastecer o centro urbano a companhia de saneamento local necessita buscar água bruta cada vez mais longe.

Nesta perspectiva a água subterrânea emerge como alternativa, principalmente devido às vantagens econômicas. As águas subterrâneas advinda de poços profundos normalmente dispensam o uso de tratamento complexo, de forma que o custo neste sistema se resume ao custo energético. Ademais, esta fonte pode se encontrar em áreas mais próximas ao local que se pretende abastecer, pois em quase todo território há existência de água subterrânea, variando sua disponibilidade com a profundidade. Daí a necessidade de estudar este proveitoso recurso hídrico.

Os resultados apontam a existência de área onde o abastecimento por bateria de poços pode ser amplamente vantajoso do ponto de vista financeiro, o que resulta em melhores condições para o usuário final. Portanto há expectativa de que este estudo sirva de ponto de partida para pesquisa das vazões da área indicada, pois a partir deste trabalho foi possível indicar a água subterrânea como alternativa viável de utilização para o abastecimento urbano, em localidade próxima ao centro urbano e mais próximo que o atual manancial superficial pretendido para captação de água bruta.

Mesmo que as vazões da área indicada não resultem na estimativa definida neste estudo, a Autarquia Municipal de Saneamento poderá se utilizar de um sistema misto para ampliação do sistema de abastecimento de água, com parte advinda de bateria de poços e parte advinda de ampliação do sistema de captação superficial. Ademais a companhia local de saneamento pode ainda investigar a água subterrânea em outras área de seu interesse, que não seja necessariamente no local indicado neste estudo, ainda para ampliação do sistema existente de abastecimento.

No atual quadro financeiro e econômico do País, devido a todo um conjunto recente, de crise no mercado Americano, pandemia provocada pela COVID-19 e cenário de guerra entre potências estrangeiras, à busca por soluções mais vantajosas economicamente deve ser priorizada, sendo a população usuária do sistema público beneficiada diretamente pelos menores custos envolvidos, desde a provável redução das tarifas quanto de uma mais suave elevação de valores para subsídio do investimento a se realizar. Para tanto, os recursos subterrâneos devem ser reconhecidos como essenciais para o planejamento estratégico na expansão do sistema de abastecimento do município em evidência, de forma que os gestores possam tomar decisões assertivas quanto aos investimentos públicos a serem realizados nos próximos anos e décadas. A economia gerada com tais ações tende a ser mais impactante para com as camadas mais carentes da população, justamente as que possuem maiores dificuldades para quitação de débitos com as cobranças decorrentes da prestação dos serviços públicos essenciais.

## 7. REFERÊNCIAS.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012 / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas. 134 p. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Situação da água no mundo. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo#:~:text=Estima%2Dse%20que%2097%2C5,%25%20encontra%2Dse%20nos%20rios>. Acesso em 29 de Abril de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). ATLAS BRASIL - Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2010. 72 p. Disponível em: <https://www.aris.sc.gov.br/uploads/revista/2735/YXwFOHqcDQSDQEA2bJfi2KfS2Pt-Binw.pdf>. Acesso em: 21 de Setembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS). Águas Subterrâneas: o que são? Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>. Acesso em: 03 de Maio de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BERTOLO, R.; HIRATA, R.; CONICELLI, B.; SIMONATO, M.; PINHATTI, A.; FERNANDES, A. Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala?, Revista DAE, nº 199, ISSN 0101-6040, São Paulo, Maio de 2015, p.06-17.

BRASIL. “Lei Federal nº 9.433/1997 de 08 de janeiro de 1997.” Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, Distrito Federal: Diário Oficial da União, s.d.

CARVALHO, Y. M. C. et al. A legislação brasileira de recursos hídricos como instrumentalização à gestão compartilhada. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, São Paulo, p. 112-134. 2008.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Resolução nº. 16 de 2001. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Brasília, MMA. 2001

CORREA, G. F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa. Viçosa: UFV, 1984. 187p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.

COSTA, W. D. Avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade de aquíferos. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas (ANAIS), São Paulo, 1998.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Rio Espera, Folha SE.23-X-B-IV. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Brasília. 1991. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/8434?show=full&locale-attribute=en>.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Folha Viçosa, SE.23-X-B-V. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Brasília. 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17798>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Brasília. 306 p. 2006. ISBN 85-85864-19-2.

FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. Global Diagnostic on Groundwater Governance. FAO. ISBN 978-92-5-109259-0 Roma, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5706e.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2018.

FARIA, L.V; BRITO, G. C. B.; CAGNA, C. E.; LEÃO, G. O. Metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP de sub-bacias hidrográfica. Ed 2a, Belo Horizonte - MG, 2016.

FEITOSA, F. A. C. et al. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

FERNANDES, A.J.; PERROTA, M.; SALVADOR, E.; AZEVEDO, S.; GIMENEZ FILHO, A. STEFANI, F.; PAULON, N. Aquíferos Fraturados. In: G. Rocha, A.J. Fernandes, M. Mancuso (ed.) Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Nota explicativa. DAEE/IG/ CPRM/IPT, 2005, p. 66-84.

FERNANDES, A.J. Aquíferos Fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 29 (1/2), 2008, p. 49-72.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. Água subterrânea. São Paulo: Instituto Água Sustentável, 2017. Traduzido de Groundwater.

GONÇALVES, J. A. C.; PEREIRA, P. H. R.; VIEIRA, E. M. Evaluation of the groundwater recharge potential using GIS multi-criteria data analysis: a case study from district of Itabira, Minas Gerais, southeastern Brazil. *Ciência e Natura*, v. 42. 2020. <https://doi.org/10.5902/2179460X40433>.

UNITED NATIONS UNIVERSITY. Institute for Water, Environment and Health. Global Water Crisis: The Facts. Disponível em: <https://inweh.unu.edu/global-water-crisis-the-facts/>. Acesso em: 20 de junho de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de dados. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Base hidrográfica. 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Relatório técnico do período chuvoso 2019-2020 / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Cadastro de Uso Insignificante. 2020. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/cadastro-de-uso-insignificante-de-recurso-hidrico>. Acesso em: 22 de Setembro de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. 2020.

NUNES, D. G.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Índice de qualidade da água em trechos do Rio Turvo Sujo, Viçosa–MG. Revista REVENG, V.19, nº5, ISSN 2175-6813, Viçosa, Outubro de 2011, p. 459-468.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA. SECRETÁRIA MUNICIPAL DE GOVERNO. Plano Municipal de Saneamento Básico, 2015, Produto 2.2.

RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: Projeto Radambrasil, v. 32, 1983. 767 p.

REBOUÇAS, A. C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas nº. 16. 2002.

REBOUÇAS, A.C. Águas Subterrâneas. In Rebouças, A.C.; Braga, B., Tundisi, J.G. (org.). Águas doces no Brasil. Escrituras Editora, São Paulo, 3ª edição, 2006, p. 111-114.

ROSSI, C. H. A. Fundamentos de geologia. 1. ed. Editora Pearson. 2017. 139 p.

TRIUMPHO, D. B. S (2015). Análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo - MG. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 19. 2015.

TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L. et al. Hidrologia: Ciência e aplicação. 3ª ed. 1ª reimpressão, Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

UNESCO IHP ISARM PROGRAM. Atlas of Transboundary Aquifers: Global maps, regional cooperation and local inventories. Paris: UNESCO/ISARM, 2009.

VAN DER GUN, J. Groundwater and Global Change: Trends, Opportunities and Challenges. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. ISBN 978-92-3-001049-2 Paris: UNESCO, 2012.

VIEIRA, V. Caracterização preliminar do risco geológico da área urbana de Viçosa - MG. Viçosa: UFV, 2000. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa, 2000.

VIÇOSA-MG. Plano Municipal de Saneamento Básico. Viçosa, Minas Gerais, 2015, 321 p. Disponível em: <http://www.saaevicosa.mg.gov.br/images/plano-municipal-de-saneamento-basico-2015.pdf>.

VIÇOSA-MG. Plano Municipal de Saneamento Básico. Produto 2.2 – RCPCA, RCPS e ROM. Viçosa, Minas Gerais, 2015, 147 p.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. Fundamentos da Geologia. 1. ed. 2009. 528 p.

## 8. ANEXO – Informações SAAE Viçosa.

10/05/2022 20:34

Gmail - Informações para uso acadêmico do contrato IBIO – AGB Doce Nº 36/2016



Lucas Santana Lopes <engenheirolucaslopes@gmail.com>

### Informações para uso acadêmico do contrato IBIO – AGB Doce Nº 36/2016

2 mensagens

Lucas Santana Lopes <engenheirolucaslopes@gmail.com>  
Para: asdem2@saaevicosa.mg.gov.br

10 de maio de 2022 09:47

Senhor Assessor Técnico da Diretoria de Engenharia e Manutenção,

Com meus cordiais cumprimentos, venho por meio deste, mui respeitosamente, solicitar a V.S.<sup>a</sup>, informações acerca do projeto de ampliação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) municipal, para utilização em estudos acadêmicos.

Conforme observado no noticiário local, tal como nos sítios eletrônicos abaixo:

- <http://www.saaevicosa.mg.gov.br/noticias/item/14-empresas-apresentam-plano-de-trabalho-dos-projetos-de-ampliancao-e-implantacao-de-novo-sistema-de-abastecimento-de-agua-no-municipio-ao-cmsb>
- <https://www.folhadamata.com.br/cidade/noticias/prefeito-decreta-acionamento-de-agua-em-vicosa-2586>

É público que a Autarquia está recebendo estudos para ampliação do sistema de abastecimento de água (SAA) do Município. Portanto, solicito formalmente informações básicas, tais como localização da nova captação de água bruta, distância desta a sede do município, valor estimado do investimento e outras mais que sejam relevantes para o tema. As informações requeridas serão utilizadas de maneira acadêmica para auxílio na elaboração de dissertação com título a água subterrânea como alternativa de abastecimento para o município de Viçosa-mg.

Sem mais para o momento, aproveito a oportunidade para apresentar os votos de elevada estima e distinta consideração.

--

Desde já Grato,

Engº Lucas Santana Lopes

Mestrando ProfÁgua - UNIFEI/Itabira

[engenheirolucaslopes@gmail.com](mailto:engenheirolucaslopes@gmail.com)

(31) 9 8849-7767 OI

"O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos."

*Eleanor Roosevelt*

Joao Lucas Lima Aquino Ganem <asdem2@saaevicosa.mg.gov.br>  
Para: Lucas Santana Lopes <engenheirolucaslopes@gmail.com>

10 de maio de 2022 15:51

Em 2022-05-10 09:47, Lucas Santana Lopes escreveu:  
Senhor Assessor Técnico da Diretoria de Engenharia e Manutenção,

Com meus cordiais cumprimentos, venho por meio deste, mui respeitosamente, solicitar a V.S.<sup>a</sup>, informações acerca do projeto de ampliação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) municipal, para utilização em estudos acadêmicos.

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=fcf126fd8d&view=pt&search=all&permthid=thread-a%3Ar1480069547901161181&simpl=msg-a%3Ar784378...> 1/2

10/05/2022 20:34

Gmail - Informações para uso acadêmico do contrato IBIO – AGB Doce Nº 36/2016

Conforme observado no noticiário local, tal como nos sítios eletrônicos abaixo:

\*

<http://www.saaevicosa.mg.gov.br/noticias/item/14-empresas-apresentam-plano-de-trabalho-dos-projetos-de-ampliancao-e-implantacao-de-novo-sistema-de-abastecimento-de-agua-no-municipio-ao-cmsb>

\*

<https://www.folhadamata.com.br/cidade/noticias/prefeito-decreta-acionamento-de-agua-em-vicosa-2586>

É público que a Autarquia está recebendo estudos para ampliação do sistema de abastecimento de água (SAA) do Município. Portanto, solicito formalmente informações básicas, tais como localização da nova captação de água bruta, distância desta a sede do município, valor estimado do investimento e outras mais que sejam relevantes para o tema. As informações requeridas serão utilizadas de maneira acadêmica para auxílio na elaboração de dissertação com título a água subterrânea como alternativa de abastecimento para o município de Viçosa-mg.

Sem mais para o momento, aproveito a oportunidade para apresentar os votos de elevada estima e distinta consideração.

--

Desde já Grato,

Engº Lucas Santana Lopes

Mestrando Profªgua - UNIFEI/Itabira

[engenheirolucaslopes@gmail.com](mailto:engenheirolucaslopes@gmail.com)

(31) 9 8849-7767 OI

"O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos."

\_Eleanor Roosevelt [1]\_

Links:

-----

[1] [http://pensador.uol.com.br/autor/eleanor\\_roosevelt/](http://pensador.uol.com.br/autor/eleanor_roosevelt/)

Caro pesquisador, boa tarde.

Atendendo ao solicitado, informo:

A localização do ponto de captação e ETA III proposta se situa na localidade do Mainart, no Rio Turvo Limpo, coordenadas 20°46'35.41"S e 42°57'32.92"O (datum WGS84).

A distância aproximada da localidade até a estrutura da ETA I é de 14 quilômetros.

Com base no projeto básico o orçamento em abril de 2018 é conforme segue em anexo.

Atualmente estas são as informações disponíveis, já que o projeto executivo está em elaboração.

--

Atenciosamente,

João Lucas Lima Aquino Ganem

Engenheiro Civil - UFV

Mestrando em Sanitária e Ambiental - UFV

CREA-MG: 232.764/D

Assessor Técnico

Diretoria de Engenharia e Manutenção - DIEM

Serviços Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa/MG - SAAE

Telefone: (31) 3899-5600 e-mail: [asdem2@saaevicosa.mg.gov.br](mailto:asdem2@saaevicosa.mg.gov.br)

---

 **ETAIII.xlsx**  
11K

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=fcf126fd8d&view=pt&search=all&permthid=thread-a%3Ar1480069547901161181&simpl=msg-a%3Ar784378...> 2/2