

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

LUIZ RAFAEL RIZZO

**ANÁLISE DA CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS PARA
ABASTECIMENTO: JAÚ – SP.**

Ilha Solteira
2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

LUIZ RAFAEL RIZZO

ANÁLISE DA CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS PARA
ABASTECIMENTO: JAÚ – SP.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, por meio da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp Campus Ilha Solteira) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Ilha Solteira
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

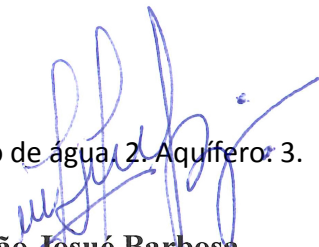
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Rizzo, Luiz Rafael.
R627a Análise da conjuntura dos recursos hídricos para abastecimento: Jaú – SP /
Luiz Rafael Rizzo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
115 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2018

Orientador: Edson Luís Piroli
Inclui bibliografia

1. Vulnerabilidade natural. Abastecimento público de água. 2. Aquífero. 3. DRASTIC. 4. Enquadramento dos corpos de água.



João Josué Barbosa

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: *Análise da Conjuntura dos recursos hídricos
para abastecimento: Jari - SP*

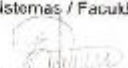
AUTOR: LUIZ RAFAEL RIZZO

ORIENTADOR: EDSON LUIS PIROLI

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


Prof. Dr. EDSON LUIS PIROLI
Coordenadora Executiva / Unidade de Ourinhos / Universidade Estadual Paulista


Prof. Dr. RODRIGO LILLA MANZIONE
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. EDINEIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN
Departamento de Geografia / UNESP - Ourinhos

Ilha Solteira, 04 de setembro de 2018.

DEDICO

À minha mãe, Ruth, que no momento de elaboração deste estudo encarou com muita força e coragem um tratamento desafiador contra um câncer de mama, mostrando mais uma vez que, a vontade e a determinação, são mais fortes que as adversidades que a vida põe em nossos caminhos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Agradeço a Deus pela vida, pela água, pelo ar, pelo alimento, pela paz e principalmente pela saúde e capacidade de aprender e realizar. Aos meus pais Ruth e Roberto por me darem a vida, acreditarem em mim e por me ensinar a ser a pessoa que sou, agradeço à minha irmã Nina por me dar tanto apoio na nossa casa na via Attavanti, 02 para eu poder estudar, obrigado Nina! Também ao meu tio, Marcos Rizzo, que um dia me disse: “Cresça, e se torne um grande homem!”.

Agradeço muitíssimo meus amigos da primeira turma ProfÁgua da UNESP de Ilha Solteira, a Aline, o Erico, a Márcia, a Silvia, a Maria do Rosário, o Artur, o Fernando, ao João Ricardo, a Eliana, o Fabiano, o Juarez, a Mônica, a Ligia, a Fernanda, o Nelson, a Polly, o Renan, a Natália, a Paula e ao Vinícius, seria necessário um livro pra contar todas as vezes que vocês me ajudaram sem nem se darem conta, além dos momentos maravilhosos que vivemos juntos.

Sou muito grato à Juliene, por ler meu trabalho inúmeras vezes, e insistir que eu conseguiria, ao Hermes pela amizade e prontidão para ajudar os amigos, ao Bento pela amizade, estágio, e vivência dos problemas de conflitos de recursos hídricos em Goiás, ao Carlos Diego pelas caronas, ideias, companhia e bons papos, a Lucíola pelo apoio com os textos e palavras de motivação na reta final e também a Ana Clara Costa, pelo apoio com a elaboração dos mapas.

Aos meus amigos e irmãos da república Zona Rural, ali eu tive a oportunidade de vivenciar um período muito importante da minha vida, e aprendi muito com esses caras incríveis. Agradecimento especial ao Jailson, ao Henrique e ao Caio, vocês são minha família em Ilha, obrigado por tudo meus Brothers!

Agradeço à Fatec Jahu, à Latam Water Participações, ao ABCON e ao SINDCON, que foram instituições que me alavancaram como profissional e como pessoa. Em especial agradeço a Amanda, Ana, Elisa, Elizete e Sergio obrigado por participarem da minha formação e serem bons amigos!

Agradecimento especial ao Pedro Paulo Serignolli do SAEMJA pelo auxílio com o Marco regulatório municipal, ao Lui Garcia do Laboratório LG análises ambientais, por me auxiliar na localização de todos os pontos de captação de água em Jaú, agradeço todo o apoio da concessionária: Águas de Jahu através da Mariana Burin e do Ricardo Frazan por fornecerem os dados de qualidade utilizados neste estudo.

Agradeço imensamente a todos os professores, a profissão mais bela entre todas. Em especial ao meu Orientador Edson Luís Piroli por ser antes de tudo um grande amigo no desenvolvimento deste trabalho, pelos poxões de orelha, pela orientação acadêmica e muitas vezes orientações para a vida. Ao Professor Rodrigo Manzione por todos os “*Helps*” atendidos e toda atenção dedicada a este estudo, ao Professor Jozrael Rezende, pela atenção dedicada ao trabalho e por todas as contribuições que levaram a conclusão e sucesso da dissertação e finalmente a professora Edinéia que no último minuto salvou a banca e somou na melhoria e nos resultados do trabalho.

Aproveito para agradecer ao professor Jefferson, obrigado professor! Pela confiança depositada em mim, obrigado pela paciência, apoio e por tudo mais que vivemos nesses dois anos. Posso dizer que meus objetivos particulares escritos na carta de motivação para cursar o ProfÁgua, foram todos atendidos e isso me enche o peito de gratidão.

Aos meus grandes amigos Bruna Helena, companheira aventureira que me apresentou o PROFÁGUA, a Adriana Beretta, pelo cuidado e atenção ao revisar toda a dissertação várias vezes, ao Simone, que me ajudou com os estudos no Idioma para a prova de nivelamento B1 da Romatre, ao Álvaro pela amizade e companheirismo nos estudos e por encontrar o livro do Jensen, ao Vitor Paca que me ajudou com a coleta de dados dos poços e dos dados de ETR, além de todo o suporte em Delft. Obrigado meus amigos, é maravilhoso ter vocês por perto!

Gratidão imensa à Agência Nacional de Águas (ANA), pela sua missão e pelas suas ações, também pela ótima recepção no Seminário ProfÁgua realizado em Agosto de 2017, pelo espaço e pelos profissionais disponibilizados para ouvirem e contribuírem com nossos projetos nas fases de elaboração e desenvolvimento.

Agradeço a toda equipe ProfÁgua, em especial a secretaria da UNESP de Ilha Solteira, por todo o apoio nas burocracias, na elaboração dos documentos para

a realização do estágio na UNESCO IHE – Delft, nos processos finais de conclusão do programa e por nos manter sempre informados sobre as decisões e prazos.

THANKS TO FOREIGN FRIENDS

Netherlands / Delft.

I use this space to express my thanks to the team of IHE Delft, for the support, reception, equipment availability and all the support to carry out the internship.

I thank Professors Michael McClain and Jan Willem Foppen for their patience and attention during the internship, and especially for guiding me in choosing the DRASTIC method.

Thanks to the friends I made in Delft, Mazen, Vitor, Katty, Joyce and Arianna, You helped me a lot with my work, but helped me mainly to live happier and to be more confident in my potential.

I would especially like to thank Şengül Güngör to helping me in the drafting of the DRASTIC spreadsheet and Lauren Zielinski for the help with the Abstract for the project, which also came with an extra dose of motivation. Thank you very much! You are always welcome with me, whatever I'll stay.

Itália.

Uso questo spazio anche per ringraziare i miei amici in Italia, voi mi avete dato supporto in ogni momento in cui avevo bisogno, ringrazio immensamente Sandra Niccolai, Luigi e Loranzo Gaeta, Simone Bezzini, Valerio Leoni, Massimo Pipucci, Elvio e Franco Corradin e Jane Soares, grazie mille per la vostra fiducia, per sentire tante volte io parlare di questo “master”, per la vostra preziosa amicizia e per essere la mia famiglia in Italia, ringrazio anche Marco Bianchi Orazzini per attenzione e indicazione a un tirocinio. Io vi voglio un sacco di bene! Grazie!

*“Todo mundo sempre começa com uma complicação:
simplicidade é bem mais difícil e só pode ser
aprendida mais tarde (ou nunca)”*
Escher, M. C. (1898 – 1972).

RESUMO

Com o crescimento da população urbana mundial, há um aumento na demanda pelo abastecimento público de água, que é fornecida pelas águas doces de rios, lagos e águas subterrâneas. Segundo a ANA (Agência Nacional de Águas, 2017), o abastecimento urbano de água foi o segundo maior usuário de recursos hídricos de água doce do Brasil em 2016. Com uma oferta finita e uma demanda crescente, muitas cidades em todo o país tem enfrentado escassez de água. Além do consumo, as atividades antrópicas em torno de áreas urbanas podem causar impactos negativos na qualidade dos recursos hídricos locais utilizados para o abastecimento, diminuindo ainda mais a disponibilidade de água doce. O objetivo desta pesquisa foi estudar a vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação antrópica e identificar fontes potenciais de contaminação às águas subterrâneas e superficiais. Esta análise foi realizada no município de Jaú, São Paulo, visando identificar possíveis soluções para evitar prováveis crises de escassez de água, como as enfrentadas nos últimos anos. A área de estudo incluiu a área urbana do município e três microbacias localizadas a montante da cidade que contêm os mananciais que são utilizados para abastecimento de água. Primeiro, foi gerado um mapa de vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos que foi desenvolvido para a área usando o método DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987). Os resultados mostraram que 50% da área tinham uma vulnerabilidade média, enquanto 25% da área apresentavam uma vulnerabilidade muito alta à contaminação antrópica no lençol freático. Em seguida, um mapa de uso da terra foi desenvolvido usando imagem de satélite para identificar possíveis fontes de contaminação antrópica que poderiam afetar a qualidade dos recursos hídricos usados para o abastecimento. Ao sobrepor os resultados do modelo DRASTIC com o mapa do uso da terra, pode-se correlacionar estrategicamente a disposição dos empreendimentos com o uso adequado da terra. Para verificar os resultados, foram analisados relatórios de qualidade da água dos recursos hídricos subterrâneos (Portaria 2.914/2011) da área urbana e dos mananciais superficiais (CONAMA 357/2005) quanto à contaminação antrópica. Enquanto as amostras de águas subterrâneas não mostram sinais de contaminação antrópica, houve contaminação frequente por coliformes termotolerantes em amostras de águas superficiais. Quando comparado ao mapa de uso da terra e dados de precipitação, foi possível identificar sua origem a partir das atividades antrópicas identificadas e propor soluções de manejo. Finalmente, concluiu-se que há uma grande necessidade de implementação de projetos e programas de gestão, produção e conservação de águas como medida de solução para melhorar a quantidade e a qualidade da água na área de estudo.

Palavras-chave: Vulnerabilidade natural. Aquífero. DRASTIC. Enquadramento dos corpos de água. Abastecimento público de água.

ABSTRACT

With a growing urban population globally, there is increasing demand for urban water supply and the consumption of freshwater resources from rivers, lakes, and groundwater. According to ANA (National Agency of Water, 2017), urban water supply was the second largest user of freshwater resources in Brazil in 2016. With a finite supply and an increasing demand, this is leading to water shortages in cities across the country. In addition to consuming water, human activities around urban environments can cause a degradation in the water quality of the local freshwater resources used for urban water supply, further decreasing the availability of freshwater resources. The objective of this research was to study the vulnerability of groundwater to anthropogenic contamination and identify potential sources. This analysis was carried out using in the municipality of Jaú, São Paulo in order to identify possible solutions to the water shortage crisis that it has faced in recent years. The study area included the urban area surrounding the municipality and three micro-basins located upstream of the city which contain rivers that are used for urban water supply. First, a vulnerability map of the groundwater resources was developed for the area using the DRASTIC method (ALLER et al., 1987). The results showed that 50% of the area had a medium vulnerability while 25% of the area had very high vulnerability of anthropogenic contamination in the groundwater table. Then a land use map was developed using satellite images to identify potential sources of anthropogenic contamination which could impact the quality of groundwater and surface water used for urban public supply. By overlapping the results of the DRASTIC model with the land use map, one can strategically correlate the disposition of enterprises to the appropriate use of land. To verify the findings, water quality samples from groundwater resources in the urban area and surface water resources from the upstream river were analyzed for anthropogenic contamination. While the groundwater samples shows no signs of anthropogenic contamination, there was frequent contamination of thermotolerant coliforms in surface water samples. When compared to the land use map and precipitation data, it was possible to identify its origin from human activities and to propose management solutions. Finally, it was concluded that there is a great need for the implementation of water management projects and programs as a solution to improve the quantity and quality of the water in the study.

Key-words: Natural vulnerability. Aquifer. DRASTIC. Water bodies framework. Public water supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Percentual de água no planeta, por reservatórios.....	22
Figura 2: Panorama dos usos múltiplos dos recursos hídricos no Brasil em 2016....	23
Figura 3: Sistema de representação do ciclo hidrológico na bacia hidrográfica	30
Figura 4: Enquadramento dos corpos hídricos em relação aos usos (CONAMA 357/2005).	34
Figura 5: Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	35
Figura 6: - Representação esquemática dos parâmetros do método DRASTIC	42
Figura 7: Fluxograma do esquema de trabalho desta pesquisa.	47
Figura 8: Localização da UGRHI 13 e da área de estudo	48
Figura 9: Imagem de satélite da área estudada e identificação dos elementos	49
Figura 10: Localização do Município de Jaú e da área de estudo dentro da UGRHI 13	50
Figura 11: Precipitação média em Jaú (mm), 2017.....	51
Figura 12: Esquema representativo do método DRASTIC (ALLER et al. 1987).	54
Figura 13: Coleta de dados para os parâmetros DRASTIC.	55
Figura 14: Percentual de água subterrânea e superficial - Jaú, SP.	57
Figura 15: Elaboração dos perfis estratigráficos do recorte territorial.	60
Figura 16: perfil estratigráfico do município.....	61
Figura 17: (D) - Profundidade do nível da água (intervalos modificados).....	64
Figura 18: (D) - Profundidade do nível da água.	65
Figura 19: (R) - Taxa de recarga anual	68
Figura 20: (A) - Material do aquífero: formação Serra Geral.	70
Figura 21: (S) - Mapa pedológico	72
Figura 22: (T) – Topografia / declividade do terreno.	74
Figura 23: (I) - Zona vadosa.....	76
Figura 24: (C)- Condutividade Hidráulica.	78
Figura 25: Mapa de vulnerabilidade da região.	80
Figura 26: Classificação dos usos da terra com potencial de contaminação das águas (<i>Sentinel 2-A</i>).....	83
Figura 27: Avaliação do uso da terra em comparação com as áreas vulneráveis.....	85
Figura 28: Classes dos corpos de água.	88

Figura 29: Precipitação de Dezembro de 2016.	95
Figura 30: Precipitação de Dezembro de 2017.	95
Figura 31: Imagem aérea da represa São Joaquim.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos de regulação associados aos entes do SINGREH	37
Tabela 2: Tabela de atributos dos parâmetros DRASTIC.	44
Tabela 3: Definição das classes de vulnerabilidade dos aquíferos	45
Tabela 4: Recumo da coleta de dados - DRASTIC.	55
Tabela 5: Laudos disponibilizados para análises das águas subterrâneas.....	58
Tabela 6: Laudos referente à análise da água bruta superficial em Jaú.	59
Tabela 7: detalhes do perfil estratigráfico.....	60
Tabela 8: (D) Profundidade do nível da água.....	63
Tabela 9: (R) Recarga líquida: Índice DRASTIC.	67
Tabela 10: (A) Material do aquífero:Índice DRASTIC.....	69
Tabela 11: (S) Tipo de solo: Índice DRASTIC.	71
Tabela 12: (T) Topografia/Declividade: Índice DRASTIC.	74
Tabela 13: (I) Zona vadosa: Índice DRASTIC.	75
Tabela 14: (C) Condutividade hidráulica: Índice DRASTIC.	77
Tabela 15: Classes de vulnerabilidade.....	79
Tabela 16:Áreas de risco a contaminação dos recursos hídricos em Jaú - SP.....	84
Tabela 17: Parâmetros em inconformidade no córrego João da Velha.....	89
Tabela 18: Parâmetros em Inconformidade no córrego Santo Antônio.....	91
Tabela 19: Parâmetros em inconformidade no rio Jaú.....	94
Tabela 20: Parâmetros em Inconformidade na represa São Joaquim.	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1	RECURSOS HÍDRICOS	22
3.1.1	Águas subterrâneas	24
3.1.2	Águas superficiais.....	27
3.1.3	Bacias hidrográficas	29
3.2	PLANEJAMENTO, GESTÃO E MANEJO DAS ÁGUAS.....	31
3.2.1	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	35
3.3	GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AOS RECURSOS HÍDRICOS	38
3.3.1	Análise da Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.....	39
3.3.2	DRASTIC	42
4	MATERIAL E MÉTODOS	46
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	48
4.1.1	Definição do recorte territorial	49
4.1.2	Caracterização da área de estudo	50
4.2	COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS	52
4.2.1	Vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas	54
4.2.2	Classificação de imagens de satélite	57
4.2.3	Águas subterrâneas e superficiais usadas no abastecimento público.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
5.1	IDENTIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DRASTIC.....	62
5.1.1	D – Profundidade do nível da água.....	62
5.1.2	R – Recarga do aquífero	66
5.1.3	A – Material do aquífero	69
5.1.4	S – Tipo de solo.....	71
5.1.5	T – Topografia, declividade	73
5.1.6	I – Zona vadosa.....	75
5.1.7	C – Condutividade hidráulica.....	77
5.1.8	DRASTIC - Mapa de vulnerabilidade	79
5.2	USOS DA TERRA COM RISCO DE CONTAMINAÇÃO ÀS ÁGUAS	82
5.2.1	Cruzamento de mapas (vulnerabilidade x riscos)	84
5.3	AVERIGUAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	87
5.3.1	Córrego João da Velha.....	89

5.3.2	<i>Córrego Santo Antônio</i>	90
5.3.3	<i>Rio Jaú</i>	93
5.3.4	<i>Represa São Joaquim</i>	97
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERENCIAS	102
	ANEXOS	109

1 INTRODUÇÃO

O município de Jaú localizado no centro do estado de São Paulo tem enfrentado problemas no abastecimento público de água nos últimos anos. Esta situação tem se agravado na medida em que sua população aumenta. De acordo com o IBGE (2018) entre os anos de 2010 e 2018 o número de habitantes saltou de 131.040 para 148.581, ampliando-se em mais de 13%. No mesmo período, importante parcela da população teve dificuldades relacionadas ao abastecimento de água. Entretanto o crescimento populacional não justifica por si só a ocorrência destas crises de desabastecimento, visto que a disponibilidade de água é abundante na região estudada, e conta com importantes mananciais superficiais e subterrâneos, principalmente nas formações Serra Geral e Guarani.

Pirolí (2016) afirma que as crises hídricas ocorrem como consequência do aumento da demanda pelos recursos hídricos, sem o prévio planejamento e sem a implantação de estruturas e da gestão necessária, somados ao manejo inadequado das bacias e microbacias antropizadas, onde a intensa impermeabilização do solo e a remoção da vegetação nativa fazem com que as águas provenientes das chuvas escoem superficialmente, diminuindo seu volume armazenado nos solos e a recarga do lençol freático e dos aquíferos. Isto reduz o armazenamento de água no sistema da referida bacia, e a quantidade de água necessária para suprir as nascentes nos períodos de estiagens prolongadas.

Jacobi *et al.* (2015) dizem que os resultados de tais crises se refletem em múltiplos níveis, desde o desabastecimento em municípios, impactos negativos nos ecossistemas aquáticos, além da descontinuidade de processos industriais e comerciais que ficam inoperantes na condição de desabastecimento, impactando também o setor de turismo em algumas localidades e reforçando os conflitos pelo uso da água.

Neste contexto até o ano de 2017 o município de Jaú possuía seu abastecimento urbano com águas provenientes de captações superficiais (67%) e subterrâneas (33%). Os mananciais utilizados para abastecimento público dentro da área de estudo são os Córregos Santo Antônio, João da Velha, São Joaquim e o rio Jaú e uma vez alcançados os limites das captações superficiais, passa-se a

complementar a demanda com poços de águas subterrâneas, até o ano de 2017 eram 17 poços utilizados para o abastecimento público no total.

Manzione (2015) destaca duas questões fundamentais na escolha pelo uso das águas subterrâneas: a qualidade das águas, que comumente estão compatíveis com os usos preponderantes, dispensando tratamentos complexos, e consequentemente, os custos de implantação reduzidos, se comparado com outros empreendimentos destinados a captações superficiais, como estações de tratamento, diques ou represas.

Rezende (2009) ao realizar a análise fluviológica e ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaú, verificou que os tributários do rio Jaú, utilizados para o abastecimento público de água possuem suas respectivas bacias degradadas, com baixo índice de cobertura vegetal remanescente, ausência de mata ciliar na maior parte das margens e sua vazão interrompida no período de estiagem, ou seja, identificou que toda a água dos três córregos é destinada para o abastecimento do município, esgotando completamente seu fluxo à jusante.

Devido a estas condições e à situação de risco a que parte da população do município é submetida, decidiu-se elaborar este estudo, definindo-se como recorte espacial as microbacias utilizadas no abastecimento da população do município mais a área urbana, com foco no desenvolvimento de ferramentas que fomentem a preservação e melhoria do seu potencial de abastecimento hídrico, a partir das águas superficiais e subterrâneas.

Para isto, a presente pesquisa realizou a análise das condições dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, por meio da análise da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas pelo método DRASTIC, identificando as cargas contaminantes existentes no município com o uso de imagem de satélite e simultaneamente verificou-se a qualidade das águas dos mananciais supramencionados com análises da resolução CONAMA 357 de 2005, artigo 15.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi elaborar um documento cartográfico de Jaú, SP para determinar as áreas vulneráveis a contaminação natural das águas subterrâneas, identificar os usos da terra com potencial carga contaminante na área estudada a partir de imagens de satélite e averiguar a qualidade das águas superficiais dos mananciais utilizados no abastecimento, por meio da análise semestral exigida pela resolução CONAMA 357/2005.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os pontos de captação das águas superficial e subterrânea usados para o abastecimento público em Jaú - SP;
- Avaliar a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no recorte territorial estudado, por meio da metodologia DRASTIC;
- Analisar os aspectos do uso da terra na área de estudo, a partir de imagem de satélite;
- Elaborar mapa de disposição dos usos da terra que oferecem risco de contaminação aos aquíferos e às águas superficiais;
- Averiguar se os padrões de qualidade das águas superficiais usadas para o abastecimento público atendem aos padrões estabelecidos em suas respectivas classes (Dec. nº 10.755/1977 e Res. CONAMA 357/2005).

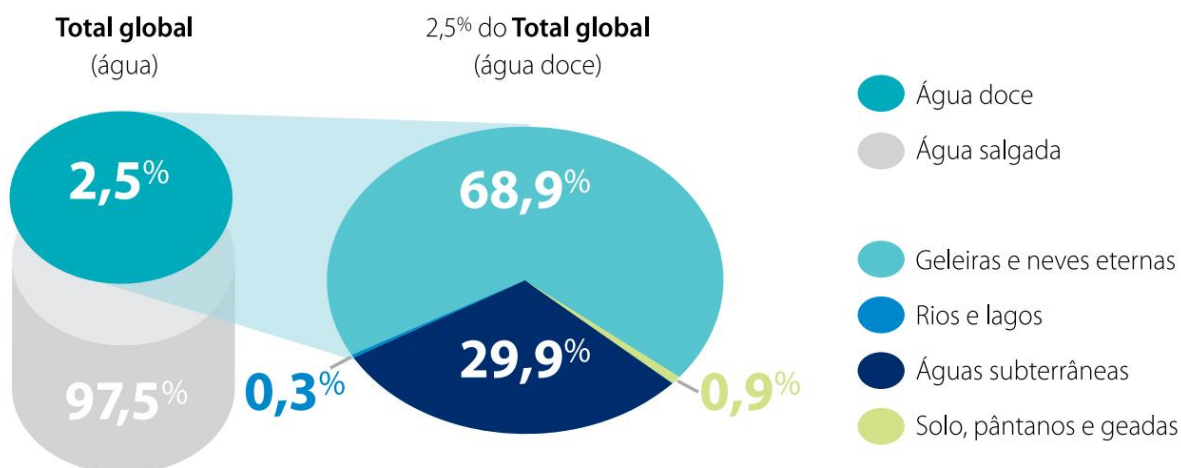
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos hídricos

Reboulas, Braga e Tundisi (2006) definem o termo “recurso hídrico” como a água aplicada ao bem econômico, e ressalta que nem toda água no planeta é necessariamente considerada como recurso hídrico, na medida em que seu uso nem sempre tem fins econômicos. Um dos fundamentos da PNRH, Lei 9.433 de 1997 é que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Estudos recentes quantificaram a presença de água no Planeta Terra em suas diferentes composições e forma, concluindo que o volume do recurso em nosso planeta permanece inalterado há 500 milhões de anos, e representa cerca de 1.386 milhões de km³, sendo 97,5% oceanos e 2,5% água doce (REBOUÇAS; BRAGA ; TUNDISI, 2006). A Figura 1 apresenta a disposição do recurso em seus diferentes reservatórios.

Figura 1: Percentual de água no planeta, por reservatórios.

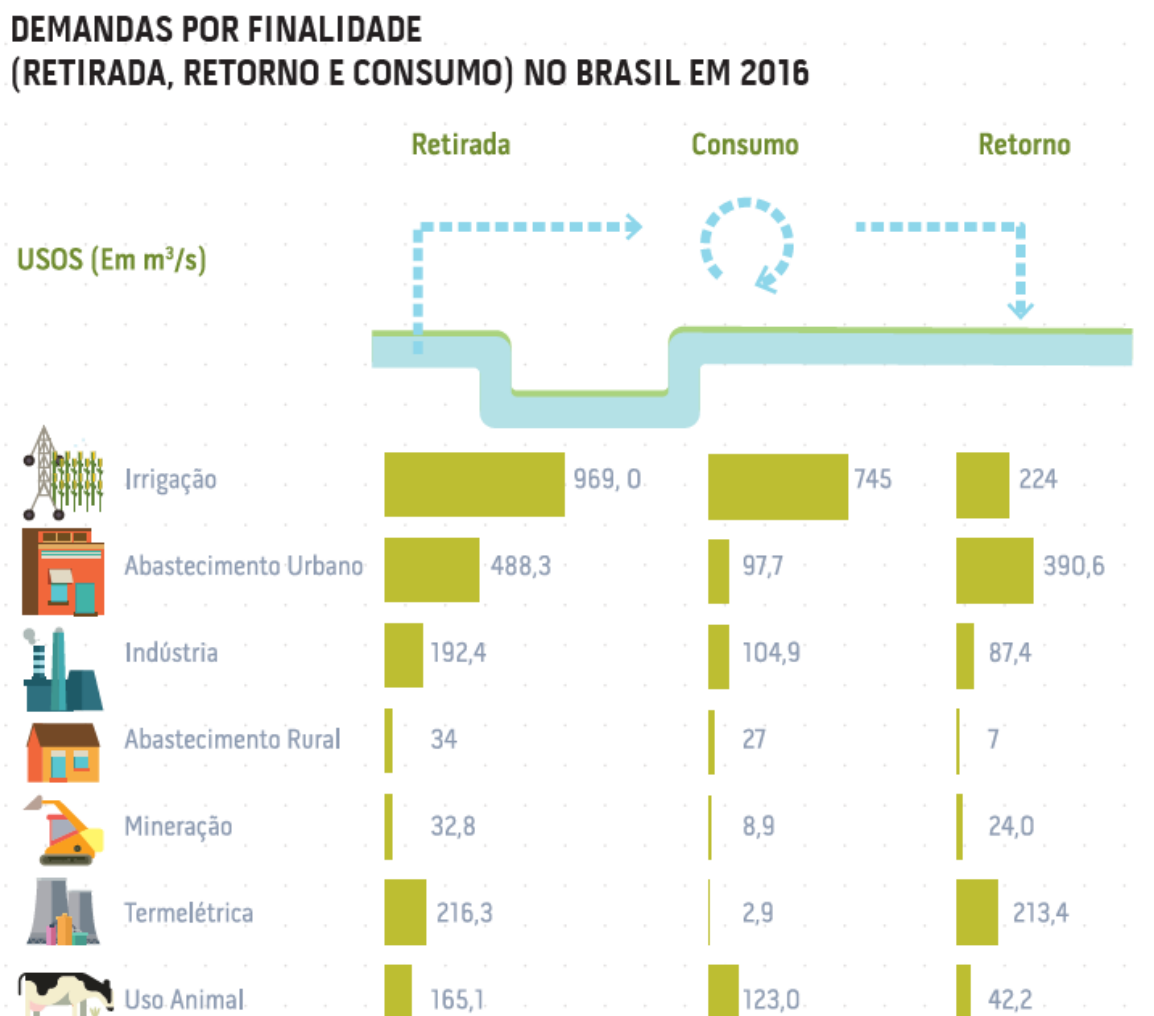


Fonte: MMA. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf > Acesso em: 13/05/2018.

Segundo a Agência Nacional de Água (2017) no ano de 2016 a média de consumo de água anual foi de 2.098 m³/s. Os maiores usuários dos recursos hídricos foram a irrigação (46,2%), abastecimento urbano (23,3%) e rural (1,6%), abastecimento animal (7,9%), industrial (9,2%), termelétricas (10,3%) e mineração

(1,6%). A Figura 2 apresenta os valores de retirada de água, consumo e a quantidade de água que retornou para o sistema por cada usuário, no ano de 2016.

Figura 2: Panorama dos usos múltiplos dos recursos hídricos no Brasil em 2016.



Fonte: ANA p. 53 (2017).

Neste contexto a ANA afirma que os recursos hídricos devem ser geridos de forma a garantir seus usos múltiplos, ou seja, um uso não deve impactar negativamente a qualidade do recurso hídrico a ponto de impossibilitar um outro usuário a jusante a aproveitar o mesmo. As peculiaridades e necessidades de cada uso devem ser consideradas na sua gestão, por exemplo, a qualidade da água não é importante para a navegação, porém, é fundamental para o abastecimento humano e animal (ANA, 2017,p. 58).

3.1.1 Águas subterrâneas

Os excedentes das águas provenientes das chuvas permeiam os solos e suas camadas mais profundas, ocupando os espaços vazios existentes nos diversos tipos de rochas presentes no subsolo formando as águas subterrâneas. As formações onde ficam armazenadas estas águas são denominadas de aquíferos e são divididas, no Brasil de três maneiras: fraturado, poroso ou cárstico (ANA, 2017).

Manzione (2015) afirma que a compreensão das relações entre as águas superficiais e subterrâneas é fundamental no processo de gestão de recursos hídricos, para isso, um dos parâmetros cruciais na tomada de decisões é a sua taxa de recarga, ou seja, a quantidade de água excedente das chuvas que vai permear os solos e alcançar os aquíferos. Para o autor, tanto a gestão direcionada ao abastecimento quanto à prevenção da contaminação, devem considerar as taxas de recarga, as épocas em que ocorrem e os locais da recarga, uma vez que as áreas com altas taxas de recarga, são altamente vulneráveis a contaminação dos aquíferos.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (2000) o conceito de infiltração foi introduzido por Horton em 1933, os autores explicam que é possível dividir as zonas de infiltração da água que permeia no solo em três partes:

- **Zona não saturada ou zona de fluxo não saturado:** onde os espaços vazios do solo são preenchidos parcialmente com água e ar e estão acima do nível freático;
- **Interfluxo ou escoamento subsuperficial:** pode fluir no sentido horizontal através da zona não saturada em profundidades maiores encontrando camadas pouco permeáveis imediatamente abaixo da superfície do solo, e assim permear até os leitos dos cursos d'água superficiais;
- **Reservas de água subterrânea:** se refere à água que continua no perfil vertical da coluna de solo, que por sua vez alcança o nível freático.

Segundo Hirata et al. (2010) o Brasil possui uma reserva renovável de água subterrânea na casa de 42.289 m³/s, este volume de água representa aproximadamente 24% do escoamento dos rios em território nacional (vazão média anual de 179.433 m³/s) e 49% se considerarmos a vazão de estiagem (95% de permanência). Conforme os autores, este grande volume está distribuído em

praticamente dois grandes grupos de aquíferos: os de rochas e materiais sedimentares (porosos), e os aquíferos de rochas fraturadas.

Hirata et al. (2010) apontam que no Brasil, os aquíferos de rochas sedimentares representam cerca de 4,13 milhões de km², algo em torno de 48,5% do seu território (8,5 milhões de km²), são conhecidos atualmente 27 sistemas de porosidade granular, e em menor número aquíferos cársticos e fraturados. O somatório estimado das suas áreas de afloramento e recarga é de 2,76 milhões de km² (32% do país). As principais bacias sedimentares brasileiras são:

- **Bacia do rio São Francisco** (Sistema aquífero Bambuí e Sistema aquífero Urucuia-areado) totalizando 175 mil km²;
- **Bacia do rio Paraná** (sistema aquífero Bauru-Caiuá, Guarani, Tubarão, Ponta Grossa e Furnas) totalizando um milhão de km² na porção brasileira;
- **Bacia do rio Parnaíba** (sistema aquífero Siluriano) com 600 mil km²; destaque para os sistemas aquíferos Itaperucu, Corda, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande; e
- **Bacia do Amazonas** (Sistemas aquíferos Boa Vista, Solimões e Alter do Chão) somando aproximadamente 1,3 milhões de km².

Os aquíferos de rochas fraturadas ou fissural, compreendem aqueles que a água tem circulação livres através das fraturas, fendas e falhas nas rochas. Comumente se caracterizam de acordo com a grande anisotropia (apresenta grande diferenciação conforme a mudança de direção) e heterogeneidade, os aquíferos costumam ser muito descontínuos no espaço. As fraturas tendem a se fechar conforme a profundidade, este fato faz com que os primeiros 50 metros sejam mais produtivos (MANZIONE, 2015). Os principais aquíferos fraturados no estado de São Paulo são:

- **Aquífero cristalino**: cerca de 53.400 km² de área, rochas de origem ígnea metamórfica. Constituem o embasamento sobre o qual os aquíferos sedimentares se depositaram;
- **Aquífero Serra Geral**: localiza-se acima do aquífero Guarani e abaixo do aquífero Bauru. Sua porção aflorante varia em torno de 31.900 km², constituído por sequência de derrames de lavas vulcânicas, que deram origem as rochas basálticas, compactas, duras e de coloração cinza escura;

- **Aquífero Diabásio:** composição e formação iguais ao Serra Geral, porém está presente entre os aquíferos Guarani, limite inferior e tubarão no limite superior.

Feitosa e Manoel Filho (2000) classificam os aquíferos de acordo com a pressão das águas armazenadas, podendo ser confinados ou livres, os aquíferos confinados têm pressão da água na sua camada superior maior que à pressão atmosférica e podem ser drenantes e não drenantes. Também existem os aquíferos suspensos:

- **Aquífero confinado não drenantes:** é aquele cujas camadas limítrofes, superiores e inferiores, são impermeáveis;
- **Aquífero confinado drenantes:** é um aquífero no qual ao menos uma das camadas limítrofes é pelo menos semipermeável, possibilitando fluxo de entrada e/ou saída pelo topo ou pela base;
- **Aquífero livre ou freático ou não confinado:** aquele cuja superfície superior é freática, ou seja, os pontos se encontram à pressão atmosférica e, a exemplo dos aquíferos confinados, também se classifica em drenantes ou não drenantes;
- **Aquífero suspenso:** uma variação especial do aquífero livre, constituído por uma camada impermeável ou semipermeável com uma extensão limitada, e sua localização se dá entre o nível do terreno e a superfície freática do lençol. Em geral, esses aquíferos existem de forma efêmera, uma vez que suas reservas são drenadas para o nível freático subjacente.

Os aquíferos confinados não drenantes, possuem áreas de recarga mais significativas, somente nas regiões onde os mesmos afloram na superfície do terreno. Por exemplo, o sistema aquífero Guarani (SAG) que aflora na região da Cuesta, próximo aos municípios de Botucatu e Bofete no estado de São Paulo.

Segundo Paes e Manzione (2014) as áreas de afloramento apresentam maior vulnerabilidade por estarem em contato direto com a superfície. Os usos e manejos do solo interferem nas suas características físico/hídricas, e assim, na dinâmica de infiltração da água para recarregar os aquíferos. O manejo inadequado destas áreas pode influenciar negativamente na dinâmica da infiltração, pois estas áreas possibilitam a entrada de poluentes para as águas subterrâneas.

3.1.2 Águas superficiais

Segundo Rezende (2009) os rios são sistemas lineares que escoam as águas provenientes da precipitação nos continentes até os oceanos. Para o autor, existem diversas formas das águas provenientes das chuvas chegarem aos rios, sejam através da precipitação direta no corpo d'água, escoamento superficial ou subsuperficial, próximo à superfície ou escoamento profundo subterrâneo. A declividade, o tipo e a permeabilidade do solo determinam o fluxo hidrológico dos rios.

Para Rebouças et al. (2017) as águas superficiais sofrem transformações em qualidade e em quantidade, por causas naturais e/ou antrópicas. Segundo os autores, as causas naturais que alteram as características quali/quantidade das águas superficiais são as flutuações sazonais, aquelas que ocorrem anualmente, como precipitação, incidência solar, temperatura, características físicas, químicas e biológicas do sistema, além das interações da fauna e da flora.

As transformações na qualidade e na quantidade das águas superficiais de origem antrópica estão relacionadas por Rebouças et al. (2017) em escala local e regional como desmatamentos, mudanças do uso da terra, projetos de irrigação e construção de barragens. Os resultados negativos destes processos são aumento do escoamento superficial, erosão do solo, assoreamento dos corpos de água pelo material particulado transportado para os rios e remoção da proteção natural oferecida pelas matas ripárias contra a poluição proveniente dos usos antrópicos.

Novaes e Perusi (2014) chamam a atenção para a retirada ou substituição da cobertura vegetal local que provoca a redução do tempo de concentração e o aumento do volume do escoamento superficial proveniente das chuvas, ocasionando extravasamento dos cursos d'água nos períodos de alta precipitação e redução da vazão nos períodos de estiagem. As autoras enfatizam sobre a expansão dos centros urbanos nas áreas de várzea dos rios, suprimindo o fluxo natural dos alagamentos sazonais dos corpos de água, intensificando os picos de vazão e as inundações nas áreas urbanas.

Pode-se considerar que as enchentes e inundações são fenômenos naturais, entretanto, quando ocorrem em regiões urbanas de aglomerados populacionais, provocam desastres e têm consequências ainda mais graves, devido aos efeitos da

urbanização, da falta de planejamento urbano e da falta de acesso à moradia em áreas apropriadas (NOVAES; PERUSI, 2014).

Veniziani Junior (2018) relacionando dados de precipitação, vazão e cobertura vegetal nas sub-bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jaú, concluiu que o rio Jaú apresentou picos de vazão maiores que no Jacaré-Pepira. Este fato foi relacionado pelo autor ao maior índice de vegetação na bacia do rio Jacaré-Pepira, que por aumentar a capacidade de absorção da água precipitada, proporciona maior equilíbrio ao sistema. No município de Jaú, há intensa atividade agrícola de cana de açúcar, sujeita a cobertura vegetal a uma dinâmica muito intensa por causa das safras, reduzindo assim a infiltração da água da chuva e aumentando o escoamento superficial.

Segundo Piroli (2016) o aumento da densidade populacional nos centros urbanos gera crescente pressão sobre os corpos hídricos superficiais das bacias hidrográficas, principalmente aquelas urbanizadas. Esta pressão, relacionada à poluição e à contaminação compromete a qualidade da água em seu território ou mesmo por longos trechos, após passarem por elas, o que impossibilita o uso da água.

O mesmo autor afirma que a quantidade de água doce superficial, de boa qualidade e de fácil captação é pequena e tem diminuído progressivamente em relação ao aumento da população e da demanda. Piroli (2016) ressalta ainda que a quantidade de água no planeta, não pode ser aumentada nem diminuída. Mesmo que a humanidade contamine, polua e altere o ciclo hidrológico, não consegue criar nem destruir a água. Neste contexto é de suma importância que as fontes disponíveis sejam preservadas e protegidas.

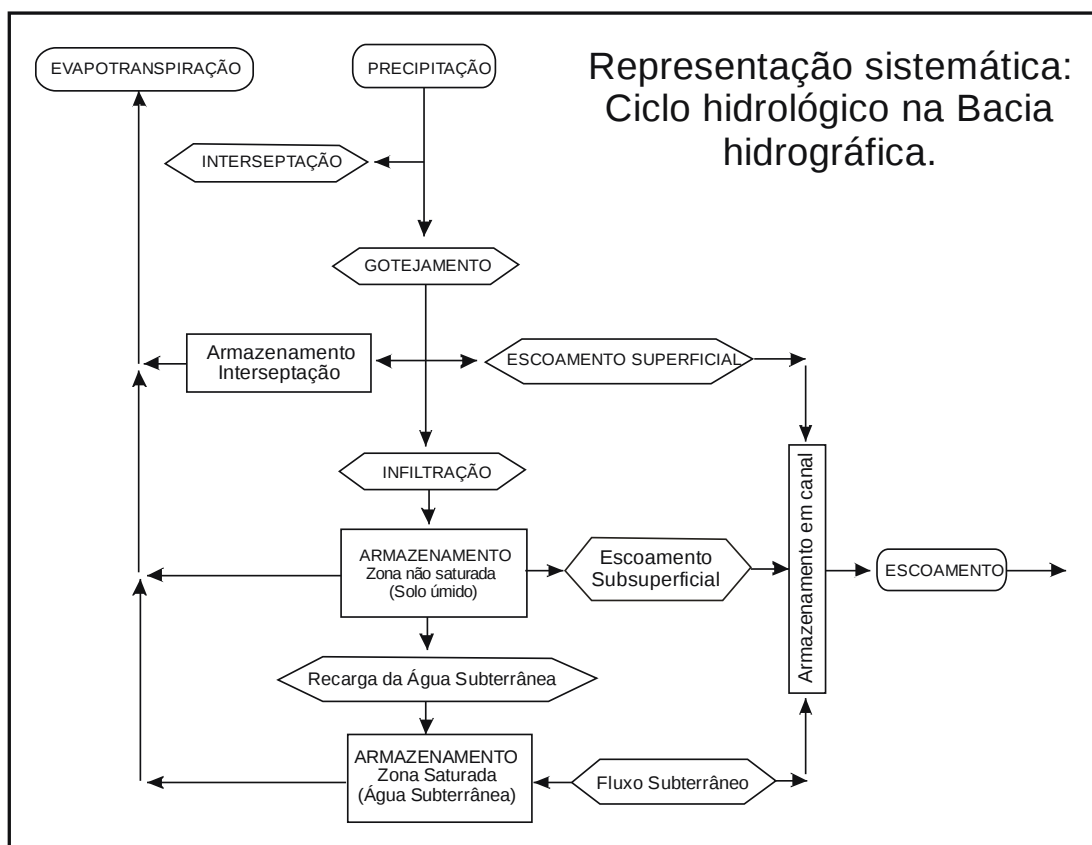
3.1.3 *Bacias hidrográficas*

A bacia hidrográfica é a unidade de gerenciamento de recursos hídricos, e tem a precipitação como um fluxo de entrada de água e, como fluxo de saída, o escoamento superficial ou evapotranspiração (evaporação direta pela radiação solar e transpiração pelas plantas) e possivelmente, através de conexões subterrâneas com outros aquíferos sob outras bacias (FREEZE; CHERRY, 1979).

Segundo a ANA (2011) bacia hidrográfica é uma região territorial que inclui diversos cursos de água. Esta água precipita na bacia em forma de chuva, uma parte escoam superficialmente, enquanto outra infiltra no solo. O escoamento superficial segue a declividade do terreno para a região mais baixa da bacia, juntando-se ao curso de água principal ou, um sistema de cursos de água afluentes conectado. As águas que infiltram no solo, por sua vez, abastecem os leitos dos rios, através do interfluxo e outra parcela evapora, por meio da transpiração da vegetação ou evaporação da água pelo sol e finalmente a terceira parte, que é armazenada no subsolo, compondo os aquíferos subterrâneos.

A bacia hidrográfica compreende a drenagem superficial, que inclui parcelas de uso da terra, solos subsuperficiais e formações geológicas que dão sustentação ao sistema. Freeze e Cherry(1979) sugerem que o processo hidrológico subterrâneo é mais importante que o superficial, pois é a natureza dos materiais presentes no subsolo que controlam as taxas de infiltração e influenciam o escoamento superficial em escala temporal e espacial. Na Figura 3 temos uma representação gráfica da dinâmica da água na bacia hidrográfica.

Figura 3: Sistema de representação do ciclo hidrológico na bacia hidrográfica



Fonte: Adaptado de Freeze Cherry (1979).

A gestão dos recursos hídricos deve estar relacionada ao planejamento de uso do solo e as atividades antrópicas, com o objetivo de reduzir o agravamento da escassez de água, sem dissociar os aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Segundo Poletto (2014) praticamente todas as atividades na bacia hidrográfica que realizam desmatamento causam impactos negativos sobre a mesma, reduzindo a recarga dos aquíferos e a evapotranspiração natural. O autor aponta a urbanização como a prática que mais impacta no ciclo hidrológico local, pois, reduz a infiltração da água no solo, consequentemente a recarga dos aquíferos e a evapotranspiração, em decorrência aumento drástico do escoamento superficial que gera processos erosivos intensos e assoreamento dos corpos de água a jusante.

3.2 Planejamento, gestão e manejo das águas

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, têm como objetivos garantir a disponibilidade de água em qualidade e quantidade para as atuais e futuras gerações; promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos sejam eles de origem natural ou antrópicas; e incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento das águas pluviais em território brasileiro (BRASIL, 1997).

Para que estes objetivos sejam alcançados é fundamental adotar e implementar técnicas de planejamento, que em recursos hídricos são instrumentos orientativos para a sociedade, gestores e usuários, que possibilitam definir metas e objetivos para preservação e/ou recuperação dos recursos hídricos locais.

Para alcançar os objetivos propostos no planejamento é necessário conhecer a situação atual e elaborar prognósticos dos cenários que se deseja alcançar. O mesmo deve considerar as águas nas escalas de tempo e espaço conforme os ciclos sazonais e sua distribuição no território e auxiliar na tomada de decisões considerando as esferas políticas, sociais e econômicas, que têm exigências específicas. A gestão dos recursos hídricos deve ser integrada à gestão ambiental e dos solos (BRASIL, 1997).

Sendo assim o planejamento de recursos hídricos, pode ser entendido como planos diretores que visam o desenvolvimento regional e devem formar uma agenda para a gestão, programas, obras e as prioridades de investimento. Eles devem compatibilizar os usos dos recursos hídricos de acordo com o seu potencial, visando a sua proteção, controle e equilíbrio entre oferta e demanda de água (ANA, 2013).

É fundamental a presença de um corpo gestor para realizar o controle e a coordenação dos planos de recursos hídricos, assim foi instituído pela PNRH o SINGREH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos), que além das funções de gerir o sistema nacional de recursos hídricos nos níveis federal, estadual e de bacias, deve aprovar os planos de bacias e de recursos hídricos. O SINGREH segue o fundamento da lei das águas, onde a gestão dos recursos hídricos é descentralizada e participativa, e conta com a atuação dos poderes públicos, usuários e sociedade civil organizada (BRASIL, 1997).

Uma das medidas que reforçaram a gestão das águas no Brasil, foi a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) pela lei 9.984, de 17 de julho de 2000, que marca o início do novo modelo de gestão. A gestão dos recursos hídricos é uma maneira pela qual se pode resolver as questões de escassez e adequação do uso sustentável dos recursos hídricos em benefício da sociedade.

Para Braga, Porto e Tucci (2006) a gestão eficiente dos recursos hídricos exige informações confiáveis referentes à sua demanda e oferta, para isso é fundamental uma rede de monitoramento que forneça dados e informações seguros e confiáveis, tanto de qualidade como de quantidade com variação temporal e espacial. Os autores dividem os dados a partir das seguintes características:

- **Características físicas dos sistemas:** relevo; hidrografia; geologia; solo; cobertura vegetal; ações antrópicas; obras hidráulicas, etc.
- **Comportamento hidroclimatológico:** séries históricas e dados em tempo real dos eventos climáticos; dados pluviométricos e fluviométricos; sedimentometria; e qualidade das águas;
- **Dados econômicos:** dados de população; produção industrial e agrícola; ocupação rural; dados e informações referente aos impactos nos recursos hídricos.

Em termos práticos, os sistemas de gestão dependem de instrumentos que possam ser desenvolvidos e aplicados de forma a atender às expectativas e aos desejos da comunidade, nos limites impostos pela aptidão natural das bacias hidrográficas, seja na perspectiva mais utilitarista seja para o atendimento de objetivos de preservação ambiental, idealmente na medida equilibrada que é requerida para a garantia da sustentabilidade, no médio e no longo prazo (PORTO; PORTO, 2008).

Os instrumentos de gestão introduzidos pela Lei n. 9.433/97, com os objetivos de aproveitamento distinto e ser aplicado para alcançar diferentes fins (planejar, disciplinar, incentivar e apoiar), devendo ser empregados para proporcionar a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, são eles:

- I. Os Planos de Recursos Hídricos;
- II. O enquadramento dos corpos de águas em classes conforme os usos preponderantes;
- III. A outorga de direitos de uso dos recursos hídricos;
- IV. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

V. A compensação aos municípios;

VI. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

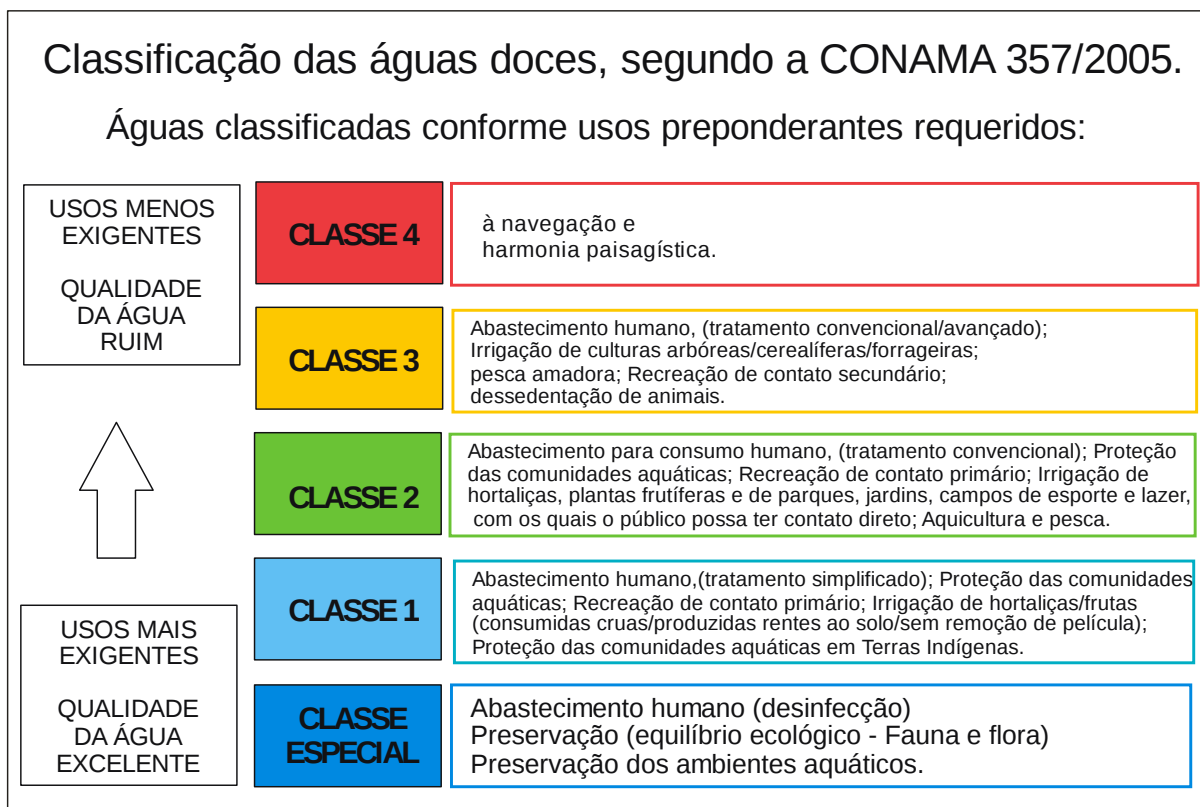
Segundo a ANA (2013) os planos de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos de água, são instrumentos voltados ao planejamento, ambos possuem alta eficácia na prevenção e na solução de problemas correlatos a qualidade e quantidade das águas. Estes instrumentos devem considerar os interesses sociais, econômicos, políticos e ambientais em seu processo de desenvolvimento, pois possibilitam ações proativas voltadas a preservação dos corpos de água.

O Plano de recursos hídricos é desenvolvido a partir da elaboração de uma análise da situação atual, seguido de uma previsão da situação futura desejada. No plano devem estar contidos os acordos com o poder público, usuários de recursos hídricos, sociedade civil organizada, entre outros interessados. O plano também deve levar em conta a capacidade financeira do município, utilizar as bases técnicas para mostrar as potencialidades e perspectivas de crescimento de demandas, as potencialidades, vulnerabilidades oportunidades ameaças e riscos aos recursos hídricos (ANA, 2013).

O enquadramento dos corpos de água conforme os usos preponderantes, por sua vez pode apresentar duas finalidades, alcançar um padrão de qualidade desejado, ou manter a qualidade existente. Segundo Poleto (2014) o conceito de enquadramento refere-se aos usos preponderantes pretendidos, no curto, médio e longo prazos, e reforça que no artigo 10, está especificado que as classes são determinadas pela legislação ambiental, remetendo à resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) n.º 357/2005.

As cinco primeiras classes do enquadramento contemplam as águas doces, seguidas pelas águas salobras e salinas, no total são nove classes determinadas pela CONAMA 357/05. As classes de águas doces variam de 1 a 5, e quanto maior sua classe, menos exigentes são os usos. Por exemplo, os rios de classe de 1 à 3 destinam-se ao abastecimento doméstico, e seu nível de tratamento aumenta conforme aumenta a classe do corpo hídrico (OLIVEIRA, 2004). A Figura 4 apresenta um exemplo das classes e dos usos preponderantes.

Figura 4: Enquadramento dos corpos hídricos em relação aos usos (CONAMA 357/2005).



Elaborado pelo autor.

Outro aspecto de grande relevância que deve ser levado em conta neste processo é o manejo das águas, as estratégias de aproximação entre a comunidade e os recursos hídricos, a relação direta entre o bem utilizado e o usuário. Pirolí (2016) propõe que para o manejo adequado das águas em áreas urbanas e rurais, são necessárias medidas de nível governamental, como:

- Políticas de ordenamento territorial e dos recursos naturais de acordo com seu potencial, para assegurar a preservação dos recursos para as gerações futuras, atendendo as necessidades básicas das demais espécies e dos ciclos naturais;
- Políticas de gestão de bacias e sub-bacias com estratégias para as maiores e plano de manejo para as menores;
- Políticas de gestão de eventos climáticos extremos, prevenção, controle e medidas de ação em casos de emergência; e
- Atividades de Educação ambiental com a população, visando sua integração nas problemáticas que relacionam os usos dos recursos hídricos e sua interferência em cada etapa do ciclo hidrológico.

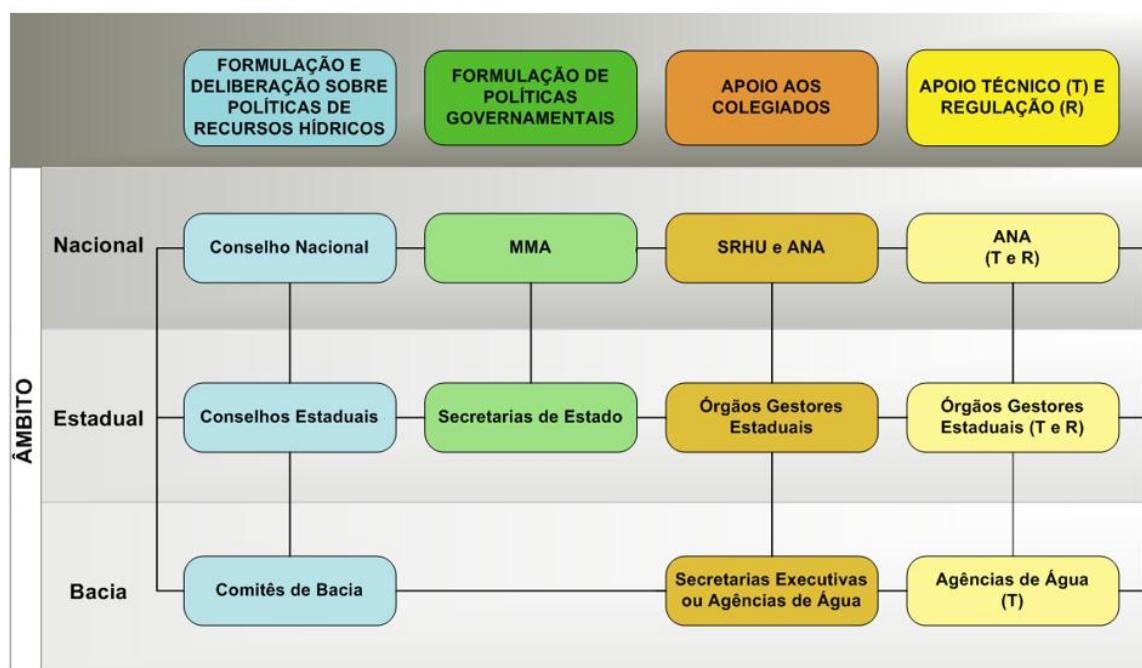
Diversas políticas visam ordenar o manejo dos recursos hídricos, em prol de sua conservação e proteção, dentre elas se destacam a Lei das Águas, a política nacional de saneamento básico, Lei 11.445 de 2007, e o estatuto das cidades Lei 10.257 de 2001 que estabelece normas públicas de ordem social, além de regular a relação entre a propriedade e proprietários, visando o bem-estar das populações e o equilíbrio ambiental.

3.2.1 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

A Lei das águas estabelece a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), instituindo um corpo gestor para coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar os conflitos de forma administrativa; implantar a PNRH; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e, promover a cobrança pelo uso dos recursos (BRASIL, 1997).

Conforme a ANA (2016) o SINGREH, expressa um arranjo institucional que atua como corpo gestor dos recursos hídricos no Brasil, nas escalas de Bacia hidrográfica, que possuem uma proximidade maior com os municípios, seguido pelos estados e pela união. A Figura 5 mostra a matriz institucional do SINGREH.

Figura 5: Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



Fonte: Adaptado de ANA (2013).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) demonstra as principais atribuições dos integrantes do SINGREH (MMA, 2017):

- **Conselhos:** subsidiar a formulação da Política de Recursos Hídricos e resolver conflitos;
- **MMA/SRHU:** formular a PNRH e subsidiar a formulação do orçamento da União;
- **ANA:** programar o Sistema nacional de Recursos Hídricos, outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio da União;
- **Órgão estadual:** outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio do Estado;
- **Comitê de Bacia:** decidir sobre o plano de recursos hídricos, quando, quanto e para quê cobrar pelo uso de recursos hídricos;
- **Agência de água:** atua como escritório técnico dos comitês de bacia.

Os municípios estão presentes na gestão das águas pela atuação nos órgãos colegiados do SINGREH, como conselhos nacionais e estaduais e comitês de bacias, onde têm assento de forma direta, ou ainda por meio de representantes como consórcios, associações intermunicipais ou outras formas de agrupamento (ANA, 2013). Para compreender de forma mais abrangente as atribuições dos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos recursos Hídricos, a Tabela 1 apresenta de forma escalonada cada membro associado as suas competências.

Tabela 1: Atributos de regulação associados aos entes do SINGREH

Membros do SINGREH Atributos de regulação	Conselho Nacional de R.H.	Agência Nacional de Águas	Conselho Estadual de R.H.	Órgãos Executivos Estaduais	Comitês de Bacia	Agência de águas.
Normativo						
Diretrizes Nacionais de efetivação e implantação dos instrumentos da PNRH.	X	X				
Diretrizes estaduais de efetivação dos instrumentos da PNRH.			X	X		
Determinar prioridades de uso.					X	
Determinar critérios de uso.		X		X		X
Determinação de critérios para outorga.	X		X		X	
Determinação de critérios para cobrança.	X		X		X	
Executivo						
Efetivação dos Instrumentos da PNRH	X	X	X	X	X	X
Outorga de uso		X		X		
Cobrança de uso		X		X	X	X
Resolução de Conflitos	X		X		X	
Fiscalização						
Supervisão da implementação dos instrumentos	X	X	X	X	X	X
Fiscalização da implementação da Legislação federal		X				
Fiscalização da implementação da Legislação estadual				X		
Fiscalização do Uso		X		X		X
Punições de Infração		X		X		

Fonte: Adaptado de Fadul et al. (2013).

3.3 Geotecnologias aplicadas aos recursos hídricos

Segundo Veniziani Junior (2018) as geotecnologias proporcionam base aos estudos que abrangem grande quantidade de dados e possuem características de caráter espacial, pois oferecem agilidade na coleta, no processamento e nas análises dos referidos dados. O autor reforça que as geotecnologias oferecem suporte a qualquer área do conhecimento que necessite trabalhar com dados de origem espacial, uma vez que subsidiam o planejamento e a gestão.

Martins e Assunção (2008) apresentaram o uso de geotecnologias, voltados a gestão e ao manejo dos recursos hídricos através do estudo de caso do projeto “Cachoeira Legal” em Itapegipe – MG, visando identificar as áreas de preservação permanente irregulares na região estudada. Os autores elaboraram mapas de uso e cobertura da terra, onde foram identificadas as principais áreas de vegetação, ainda conservadas, e a partir de um mapa de distância em relação à drenagem do canal principal, foram medidas as áreas que de acordo com a legislação específica, deveriam estar sendo destinadas a preservação permanente.

Visando subsidiar a gestão dos recursos hídricos em Americana – SP, Cantador e Fonseca Matias (2017) realizaram um mapeamento do uso da terra e do zoneamento no município, possibilitando a compreensão da sua dinâmica histórica de ocupação. O zoneamento está diretamente conectado com aspectos legais, podendo trazer implicações diretas para o meio ambiente e para a sociedade em caso de descumprimentos. Para identificar a regularidade as informações adquiridas no mapeamento foram confrontadas com a legislação vigente e assim pode-se averiguar a realidade e atender aos objetivos da pesquisa.

Braz et al. (2017) em seu trabalho sobre o manejo e capacidade de uso das terras aplicando geotecnologias na bacia hidrográfica do córrego Lajeado Amarelo em Três Lagoas/MT, realizou um mapeamento do uso e manejo da terra e fez também uma caracterização das suas classes de manejo. Realizou o cruzamento de informações do uso e manejo da terra, pedologia e topografia terreno (declividade), e preparou um mapa de capacidade dos usos das terras, objetivando um gerenciamento melhor e uma distribuição adequada do uso da terra e seu manejo nesta bacia hidrográfica.

Somando técnicas de geoprocessamento aos dados de nível do lençol freático, taxa de recarga e material do aquífero, tipo de solo, topografia, zona vadosa

e condutividade hidráulica, Santos et al. (2016) aplicaram o método DRASTIC (ALLER et al. 1987) para identificar as áreas vulneráveis a contaminação natural das águas subterrâneas em Ribeirão Bonito, SP. Os autores constataram que 55.5% da área estudada apresentam Alta vulnerabilidade à contaminação, 35.6% média e 9.0% apresenta baixa vulnerabilidade, atendendo aos objetivos do estudo, os autores identificaram os mapas de vulnerabilidade como uma importante ferramenta ou instrumento para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

A partir de informações georreferenciadas é possível propor diretrizes para a gestão, ordenamento do território, manejo das águas e de futuras atividades a serem instaladas, promovendo a proteção efetiva dos recursos hídricos subterrâneos e minimizar os impactos nas áreas de recargas (SANTOS et al., 2016).

3.3.1 Análise da Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas

Foster e Hirata (1988) definem a vulnerabilidade natural à contaminação como sendo a sensibilidade de um aquífero ser atingido por uma carga contaminante aplicada na superfície em função de suas características intrínsecas. Essas particularidades estão associadas à inacessibilidade hidráulica da zona saturada e a capacidade de atenuação dos estratos de cobertura, devido à retenção dos contaminantes no solo.

A seleção do método está relacionada de acordo com a disponibilidade de informações ou dados necessários para se aplicá-lo. Quando existem poucos dados, se escolhe o emprego de métodos mais simples e amplos, que podem ser usados de forma mais rápida e menos custosa (MENESES et al., 2009).

Batista (2017) afirma que para a determinação de vulnerabilidade de aquíferos já foram estudados vários métodos, e a escolha dos mesmos e sua eficácia estão diretamente ligados com a qualidade dos dados necessários para definição dos parâmetros envolvidos (métodos paramétricos).

Para se obter uma gestão mais precisa dos recursos hídricos, surge a necessidade do desenvolvimento e o emprego de metodologias para fazer o mapeamento de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, tratando-se de uma ferramenta válida na gestão de aquíferos (HIRATA, 1997).

A vulnerabilidade pode ser representada na forma de mapas, proporcionando aos órgãos gestores, uma avaliação mais satisfatória das sugestões de desenvolvimento associada ao controle da poluição e monitoramento da qualidade das águas subterrâneas (RIBEIRO; ROCHA; GARCIA, 2011).

Realizar estudos da avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos é de suma importância para se conhecer as áreas que estão sujeitas à contaminação, especialmente em territórios que possuem destaque econômico e ambiental para a sociedade (BATISTA, 2017).

O mapa de vulnerabilidade e risco de poluição de águas subterrâneas, em nível de reconhecimento regional, constitui uma base técnica de planejamento para as ações governamentais de controle e proteção dos aquíferos, na medida em que identifica e representa o zoneamento cartográfico de áreas potencialmente críticas (FOSTER; HIRATA; ROCHA, 1988).

O mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos apresenta-se útil na medida em que pode auxiliar na alocação de recursos e na priorização das diversas atividades de monitoramento ambiental. Pode-se, por exemplo, pela utilização de mapas de vulnerabilidade, definir áreas onde o monitoramento deva ser executado de maneira mais intensiva, bem como auxiliar no planejamento de práticas conservacionistas visando à definição de áreas que devam ser protegidas de modo a garantir a integridade do aquífero em termos de qualidade da água (MENESES et al., 2009).

Para determinar a vulnerabilidade das águas subterrâneas, são empregados diversos métodos, onde alguns deles são para contaminantes específicos e outros para contaminação em geral, tais como GOD, DRASTIC, SINTACS e IS (ALLER et al., 1987; FOSTER; HIRATA, 1988; CIVITA et al., 1994).

Um dos métodos amplamente utilizados é o DRASTIC (ALLER et al. 1985), entretanto, vários parâmetros devem ser analisados para sua utilização, exigindo assim abundância de dados-base referentes à região de estudo. Outro método, denominado GOD (G – ground water hydraulic confinement; O – overlaying strata; D – depth to groundwater table), produzido por Foster et al. (2003), foi utilizado para definição dos índices de vulnerabilidade das diferentes áreas representadas pelas unidades geomorfológicas, mas tem se mostrado uma alternativa à ausência de informações preliminares devido à simplificação dos parâmetros (CUNHA KEMERICH et al. 2011).

Para Foster et al. (2003), as metodologias de avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos determinam uma escala por grau de suscetibilidade, onde essa escala é ponderada de acordo com a localidade da área de estudo, e é retratada na forma de mapas temáticos. Esse levantamento é o primeiro passo na avaliação da ameaça de contaminação de água subterrânea e posteriormente servirá para se fazer a proteção da qualidade da água.

Desde então, os mapas de vulnerabilidade vêm sendo amplamente usados, cujo objetivo é de defender as áreas que detêm atividades antrópicas com pouca expressividade, mas com elevado potencial para exploração das águas subterrâneas e também áreas que são fortemente povoadas e com atividades intensas de risco (MELO JUNIOR, 2008).

Para Cutrim e Campos (2010), os mapas envolvem muitas simplificações de situações geológicas e hidrogeológicas tanto na teoria quanto na prática, onde na maioria das ocorrências são bem complexas, porém, as averiguações locais específicas resolvem os problemas locais e, assim, a avaliação do perigo de poluição da água subterrânea é possível.

Cutrim e Campos (2010) realizaram um estudo na cidade de Rondonópolis – MT, os autores aplicaram conjuntamente os método DRASTIC (ALLER, et al. 1987) e o método POSH (FOSTER et al. 2002), e assim, determinar as classes de vulnerabilidade dos aquíferos e identificaram as cargas contaminantes respectivamente. Finalmente, para averiguar o perigo a contaminação das águas subterrâneas, os autores correlacionaram a presença de cargas contaminantes (elevada, moderada ou reduzida) em suas respectivas classes de vulnerabilidade (insignificante, baixa, média, alta ou extrema).

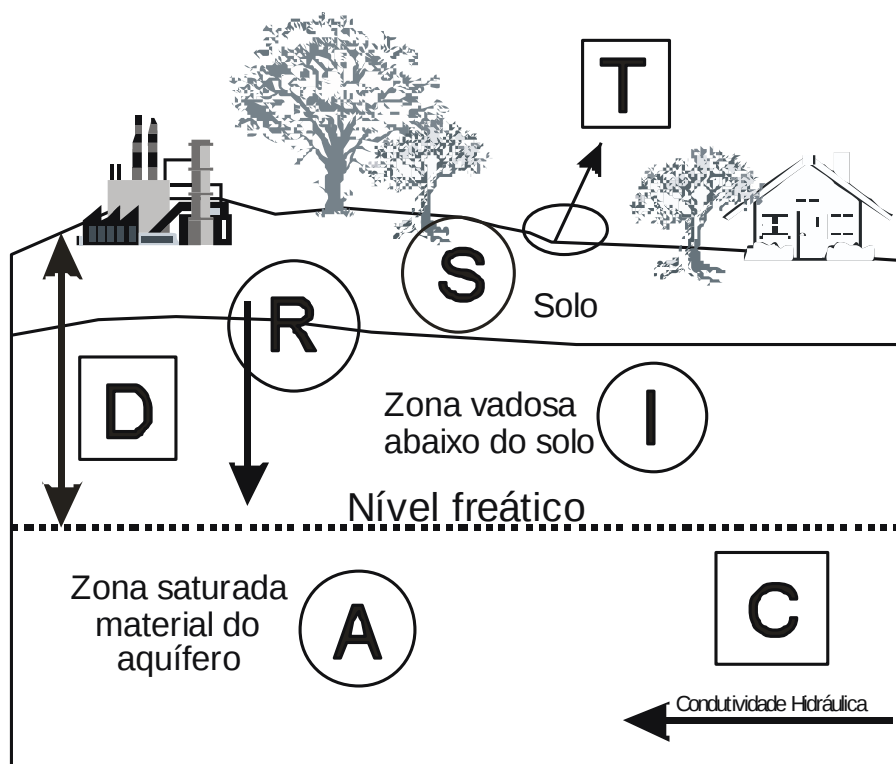
3.3.2 DRASTIC

Nas últimas décadas houve um grande progresso averiguado nas técnicas dos mapeamentos, associadas ao custo mais baixo dos sistemas informatizados e dos computadores, em consequência produziu uma grande revolução nos processos cartográficos por meio da introdução do geoprocessamento e da cartografia digital nos processos de elaboração e manutenção de bases cartográficas (MENESES et al. 2009).

Os mapas de vulnerabilidade têm se mostrado uma ferramenta adequada para a análise e consequentemente gestão das águas subterrâneas, devido a isso, foram desenvolvidos diferentes métodos nas últimas décadas, o método DRASTIC desenvolvido por Aller et al. (1987) é amplamente aplicado nos cinco continentes (MELO JUNIOR, 2008).

O método DRASTIC (ALLER et al., 1987) é considerado o mais popular de cartografia de vulnerabilidade na Europa e Estados Unidos (HIRATA; FERNANDES, 2008). A abreviatura DRASTIC faz referência aos parâmetros considerados por Aller et al. (1985; 1987) (Figura 6):

Figura 6: - Representação esquemática dos parâmetros do método DRASTIC



Fonte: Adaptado de (HIRATA ; FERNANDES, 2008).

D - Depth to water (Profundidade do nível d'água);
 R - Net Recharge (Recarga do Aquífero);
 A - Aquifer media (Material do Aquífero);
 S - Soil media (Tipo de Solo);
 T – Topography, Slope (Topografia);
 I - Impact of Vadose Zone (Influência da Zona Vadosa);
 C - Hydraulic Conductivity of the aquifer (Condutividade Hidráulica do Aquífero).

O índice é calculado pelo somatório dos produtos dos valores relativos pelos pesos de cada parâmetro. naTabela 2, pode se observar estes valores. O cálculo do índice Drastic está apresentado na fórmula 1.

$$\text{DRASTIC} = \sum_{n=1}^7 1 (Dr * Dw + Rr * Rw + Ar * Aw + Sr * Sw + Tr * Tw + Ir * Iw + Cr * Cw)$$

- Os valores “r” têm relação com as condições locais de cada parâmetro, pode variar entre 1 a 10, onde quanto maior o valor, maior o potencial natural de vulnerabilidade.
- Os valores “w” correspondem à importância relativa de cada fator na quantificação da vulnerabilidade do aquífero, podendo variar entre 1 a 5.

Tabela 2: Tabela de atributos dos parâmetros DRASTIC.

Parâmetro	Peso	Variáveis	Cargas
Profundidade do nível da água (m)	5	0 - 5	10
		5,01 - 10	8
		10,01 - 15	7
		15,01 - 20	5
		20,01 - 25	3
		25,01 - 30	2
		> 30,01	1
Recarga (mm/ano)	4	< 51	1
		51 - 102 ou área urbana	3
		102 - 178 ou áreas urbanas permeáveis	6
		178 - 254	8
		> 254	9
Material do aquífero	3	Xisto Massivo	1 to 3
		Metamórfico / Igneo	2 to 5
		Metamórfico / Intemperizada	3 to 5
		Arenito de camada fina	4 to 6
		Calcário e sequências de Xisto	5 to 9
		Arenito Maciço	4 to 9
		Calcário Maciço	4 to 9
		Área e Cascalho	4 to 9
		Basalto	2 to 10
		Calcário Karstico.	9 to 10
Tipo de solo	2	Neossolo Litólicos	10
		Cascalho	10
		Área	9
		turfa	8
		Latossolo Vermelho	7
		Latossolos Vermelho-Amarelos	6
		Barro	5
		Barro Siltoso	4
		Nitossolo Vermelho	3
		Sujeira	2
		Encolhimento e argila não agregada.	1
Topografia / declividade	1	0 - 3 %	10
		3 - 8 %	9
		8 - 20 %	5
		20 - 45 %	3
		> 45%	1
Zona vadosa	5	Camada Impermeabilizada / Confinante / Área Urbana	1
		Argila / Silte	2 to 6
		Xisto Argiloso / Argilito	2 to 5
		Calcário	2 to 7
		Arenito	4 to 8
		Arenito / Calcário e argilito estratificados;	4 to 8
		Área e Cascalho com Silte e argila	4 to 8
		Rocha metamórfica / Ignea	2 to 8
		Área e Cascalho.	6 to 9
		Basalto	2 to 10
Condutividade hidráulica do aquífero	3	0 to 4.1	1
		4.1 to 12.2	2
		12.2 to 28.5	4
		28.5 to 40.7	6
		40.7 to 81.5	8
		> 81.5	10

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2016).

O índice DRASTIC mais alto revela vulnerabilidade maior. Esses índices são distribuídos em classes de vulnerabilidade e representados na forma de mapa que mostra os fatores hidrogeológicos divididos em subáreas com características intrínsecas, mostrando os diferentes ambientes hidrogeológicos. (CUTRIM; CAMPOS, 2010). No guia "Proteção da qualidade da água subterrânea" elaborado por Foster et al. (2002), apresenta a definição prática das classes de vulnerabilidade das águas subterrâneas (Tabela 3).

Tabela 3: Definição das classes de vulnerabilidade dos aquíferos

CLASSE DE VULNERABILIDADE	DEFINIÇÃO CORRESPONDENTE
MUITO ALTA	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação;
ALTA	Vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação;
MODERADA	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados;
BAIXA	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, a longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados;
MUITO BAIXA	Presença de camada confinante sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).

Fonte: Adaptado de Foster et al. (2002).

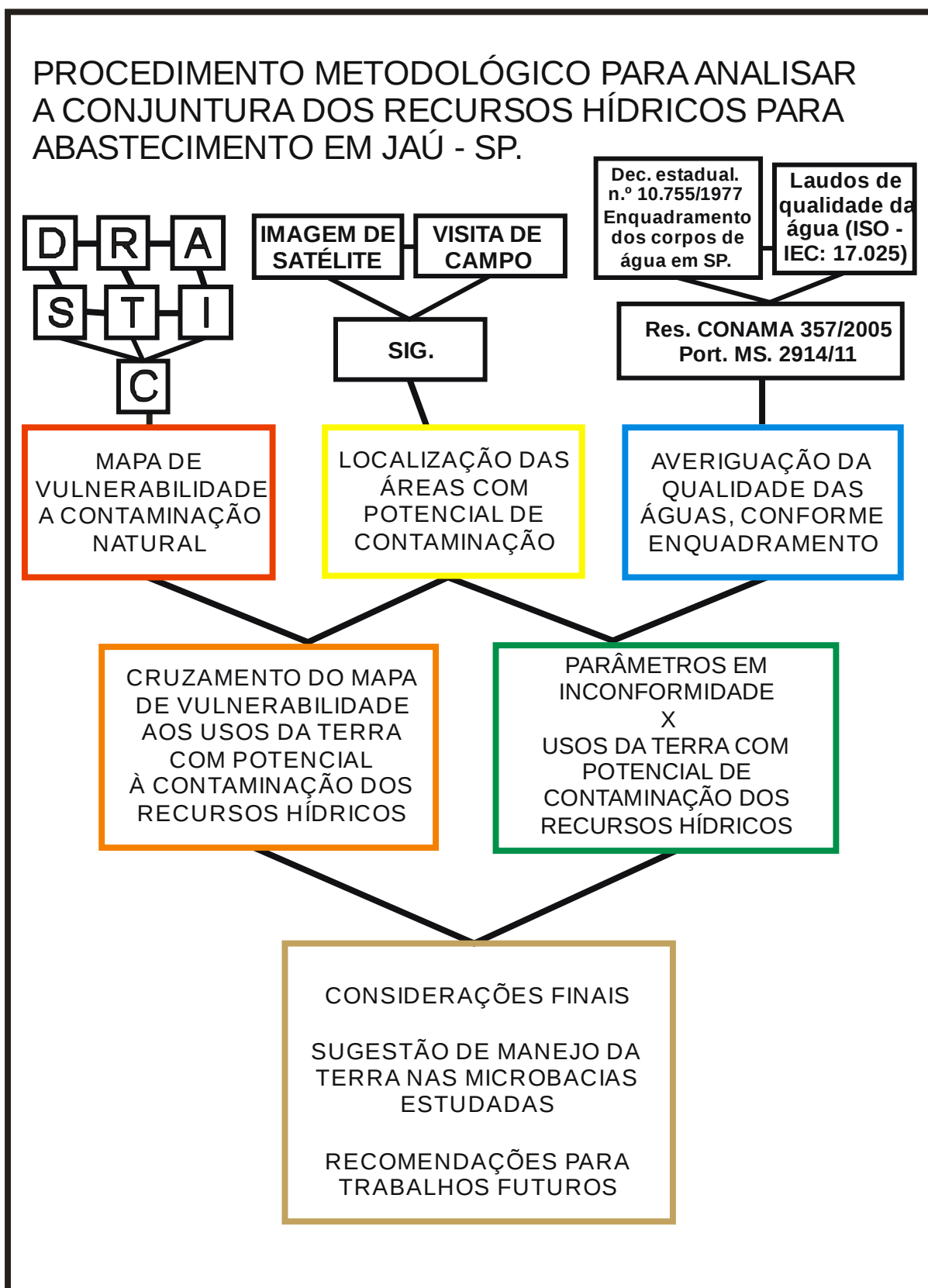
4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos neste estudo, fez o uso da aplicação de 3 métodos de pesquisa, sendo elas: Uma avaliação da vulnerabilidade natural a contaminação das águas subterrâneas com o método DRASTIC; uma classificação da imagem do Satélite Sentinel 2A, com o objetivo de se identificar os usos da terra com potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais; e na sequência, realizou-se o cruzamento dos mapas de vulnerabilidade (DRASTIC), com a classificação da imagem de satélite.

Finalmente foi realizada uma comparação entre a qualidade da água superficiais usadas para abastecimento (todos enquadrados na classe 2), com os valores estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005, artigo 15. Também foram considerados os empreendimentos com potencial de contaminação, identificados na classificação de imagem para discutir as origens dos contaminantes presente nas águas superficiais.

Os procedimentos de coleta de dados, bem como seus referentes processamentos e resultados estão apresentados nos capítulos a seguir. A Figura 7 representa de forma esquemática as etapas de trabalho aplicada neste estudo.

Figura 7: Fluxograma do esquema de trabalho desta pesquisa.

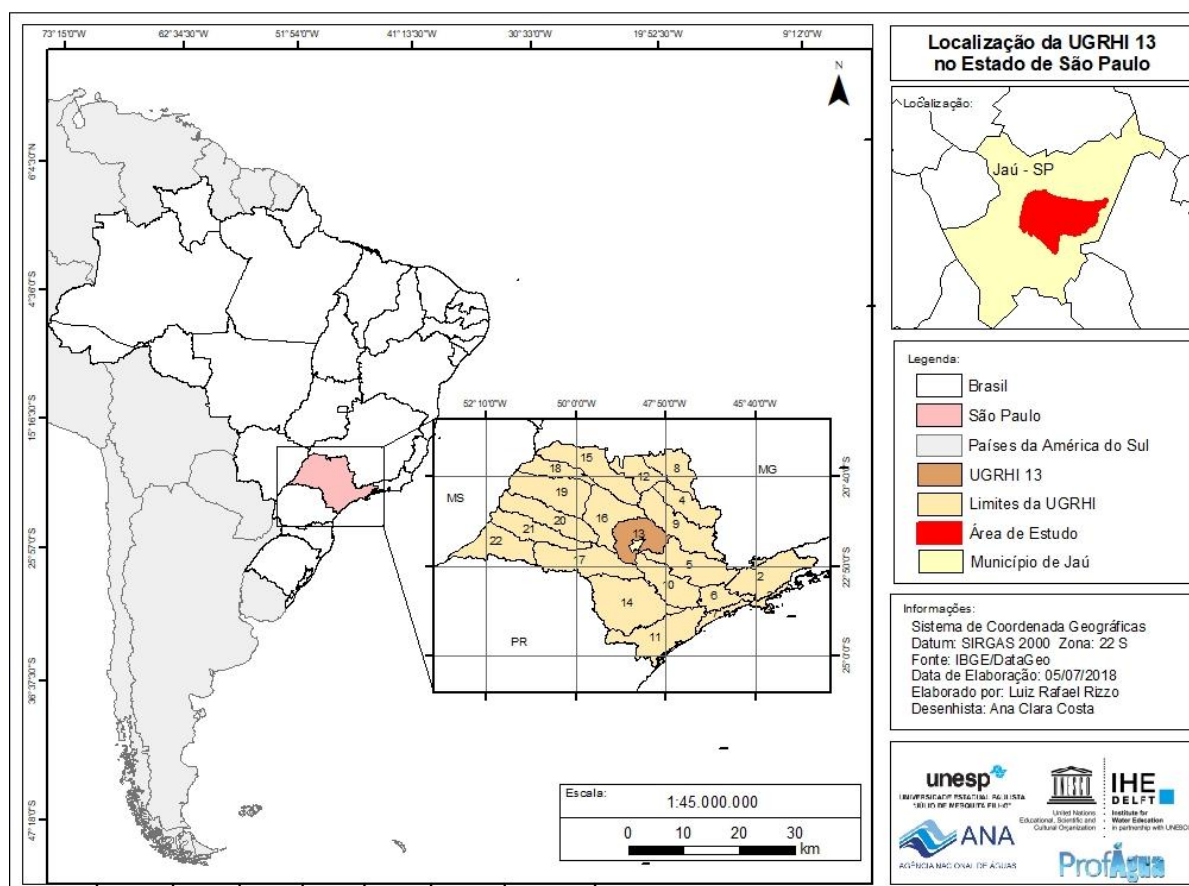


Elaborado pelo autor.

4.1 Localização da área de estudo

Este estudo se concentra em um recorte territorial dentro da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI 13) Tietê Jacaré, que está localizada no centro geográfico do Estado de São Paulo (Figura 8).

Figura 8: Localização da UGRHI 13 e da área de estudo



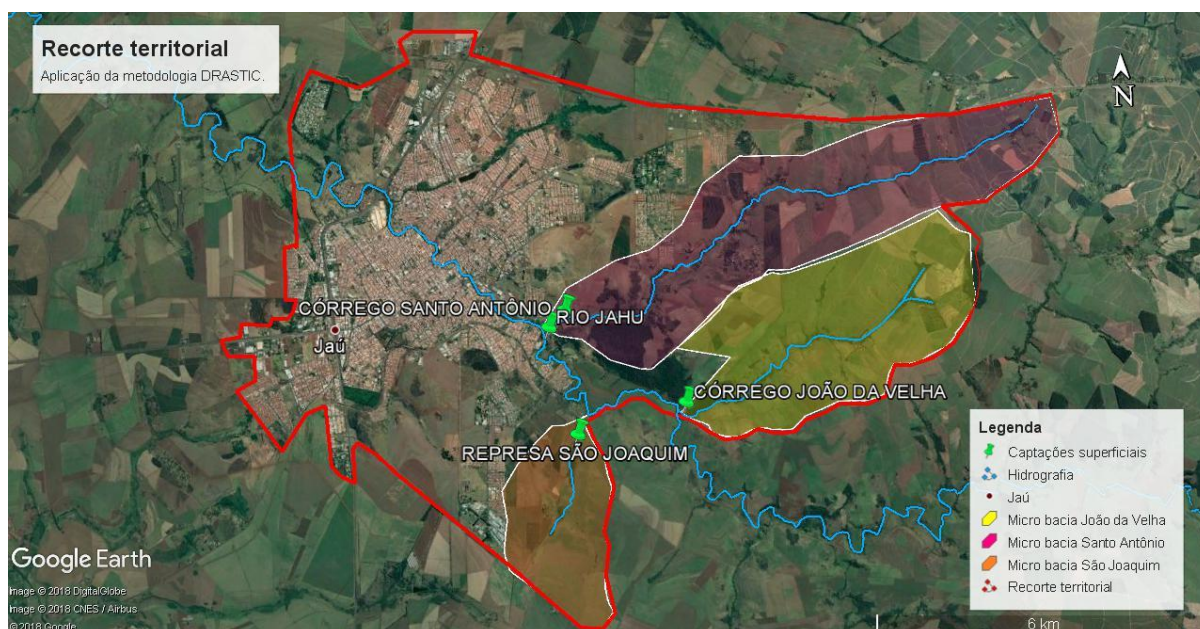
A UGRHI 13 é composta por 34 municípios, com uma população aproximada de 1.623.415 habitantes (IBGE, 2017). Esta UGRHI faz divisa com as UGRHI's 5 PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), 10 (Tietê-Sorocaba), e 16 (Tietê-Batalha) e UGRHI 17 (Médio Paranapanema).

O principal curso hídrico da UGRHI 13 é o segmento do rio Tietê que vai desde Barra Bonita até a barragem localizada na cidade de Ibitinga, as principais Sub-Bacias da UGRHI são: sub-bacia do rio Jacaré-Guaçu (35,4%), sub-bacia do rio Jacaré-Pepira (22,6%), sub-bacia do rio Jaú (12,9%), onde todas estão inseridas na margem direita, e na margem esquerda encontram-se a sub-bacia do rio Lençóis (12,2%), sub-bacia do rio Bauru (7,0) e sub-bacia dos rios, Claro, Ribeirão Bonito, Ribeirão do Veado, Ribeirão das águas limpas (9,8%).

4.1.1 Definição do recorte territorial

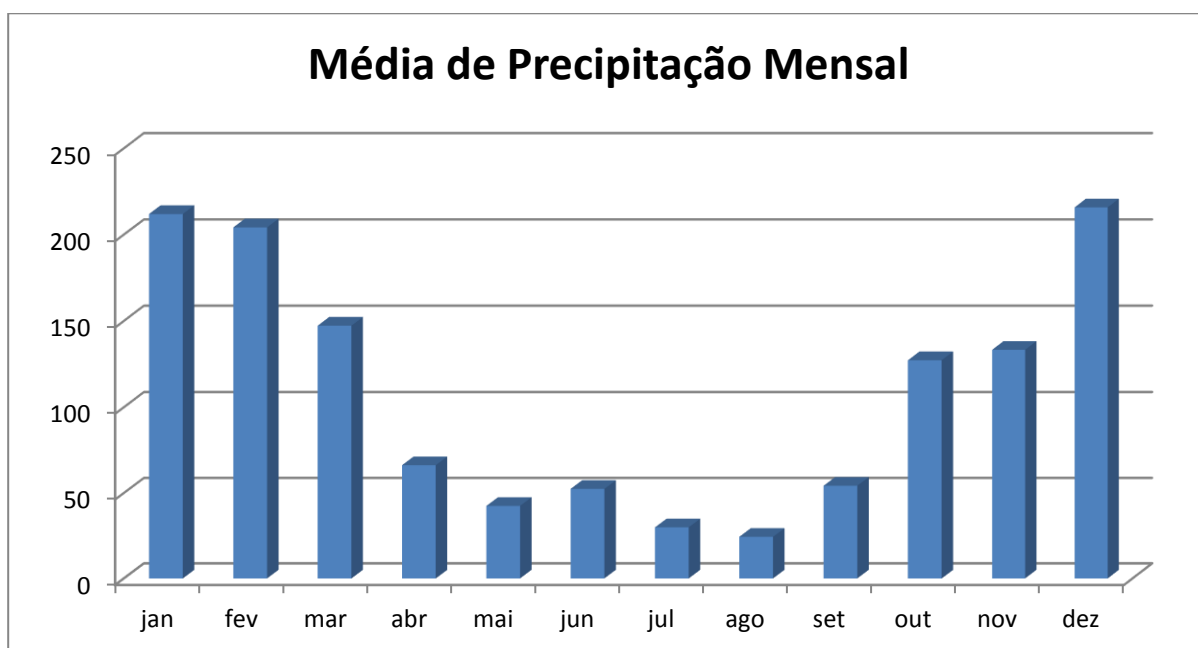
Nos últimos anos o município de Jaú enfrentou severas crises de abastecimento de água e a medida que a população da cidade cresceu, também se agravaram as dificuldades com o abastecimento público de água. Diante de tais fatos, buscando-se contribuir para a solução deste problema, optou-se por trabalhar 3 micro bacias tributárias do rio Jaú, imediatamente à montante da área urbana do município, sendo elas: Micro bacia do córrego São Joaquim, córrego Santo Antônio e córrego João da Velha. A soma da área urbana com a das três microbacias, alcança área aproximada de 9.583 ha (Figura 9).

Figura 9: Imagem de satélite da área estudada e identificação dos elementos



Fonte: Google Earth, 2018. Elaborado pelo Autor.

Figura 11: Precipitação média em Jaú (mm), 2017.



Fonte: Adaptado de DAEE (2018). Disponível em: <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em: 25/06/2018. Elaborado pelo autor.

As temperaturas médias do ar no município de Jaú-SP variam de 19°C à 25°C sendo a média mínima 12°C em julho e a máxima média 30°C de Dezembro à Fevereiro. A altitude média é de 523 metros e a precipitação média anual é de 1.200 mm (MIRANDA, 2017).

As unidades geológicas que afloram na UGRHI 13 são em sua maioria sedimentos clássicos arenosos, pertencentes a formação Itaqueri, rochas Ígneas basálticas do grupo São Bento (Formações Piramboia, Botucatu e Serra Geral), rochas sedimentares do grupo Bauru (Vale do Rio do Peixe – Adamantina – Marília), depósitos das serras em São Carlos e Santana e os Depósitos aluvionáres, que estão associados à rede de drenagem, além dos eluviões e coluviões (CPTI, 2008).

4.2 Coleta e processamento de dados

A coleta de dados para este estudo, foi realizada em fontes variadas. Os dados relativos à análise da vulnerabilidade à contaminação natural dos aquíferos, foram coletados no sistema de informação sobre recursos hídricos (SIRH's). A imagem de satélite para a classificação foi coletada na plataforma da Agência Espacial Européia e a identificação dos empreendimentos ou áreas com potencial de contaminação foram identificados com visitas ao campo. E finalmente, os dados relativos a qualidade das águas foram cedidos pela concessionária local dos serviços de abastecimento público de água e esgotamento sanitário.

As plataformas e demais fontes de consultas utilizadas foram:

- **SIAGAS:** Plataforma da CPRM (Serviços Geológicos do Brasil), onde foram coletados os documentos de perfuração dos poços utilizados na investigação do perfil vertical do terreno, do nível freático do aquífero e outros dados necessários;
- **DAEE:** Coleta de dados de vazão do Rio Jaú e dados de precipitação no município de Jaú – SP;
- **Estação meteorológica da Fatec Jaú.** Estação meteorológica operada e instalada na Faculdade de Tecnologia de Jaú, coleta de dados de precipitação no município e na bacia hidrográfica do rio Jaú, os dados foram comparados com os dados coletados na plataforma do DAEE;
- **SISDAGRO:** plataforma do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), onde foram coletados os dados de evapotranspiração real (ETR) para cálculo da taxa de Recarga na Bacia;
- **Datageo:** Coleta de dados referente à pedologia, a geologia e a geomorfologia do estado de São Paulo, os dados foram utilizados para elaboração dos Layersempregados na geração do mapa final de vulnerabilidade do recorte territorial;
- **Iflorestal:** Coleta de dados de solo e geomorfologia, os dados foram confrontados com os dados obtidos no Datageo;
- **EMBRAPA:** Coleta dos dados da missão SRTM para o estado de São Paulo, as imagens foram disponibilizadas em escala 1 : 250.000;
- **Scihub:** Copernicus Open Access Hub, dados dos sensores instalados nos satélites da família Sentinel da ESA (*European Space Agency*);

- **Concessionária Local:** dados referentes às captações para o abastecimento municipal, sendo eles:Localização geográfica das captações de água subterrâneas e superficiais;Volume captado por unidade produtiva;Análise da água bruta semestral, para os anos de 2016 e 2017;
- **Resolução CONAMA 357/2005, artigo 15:**Qualidade da água superficial bruta, conforme a classe 2, devido aos mananciais utilizados neste estudo;
- **Portaria MS 2.914 de 2011:** valores estipulados referente a potabilidade da águadistribuída.

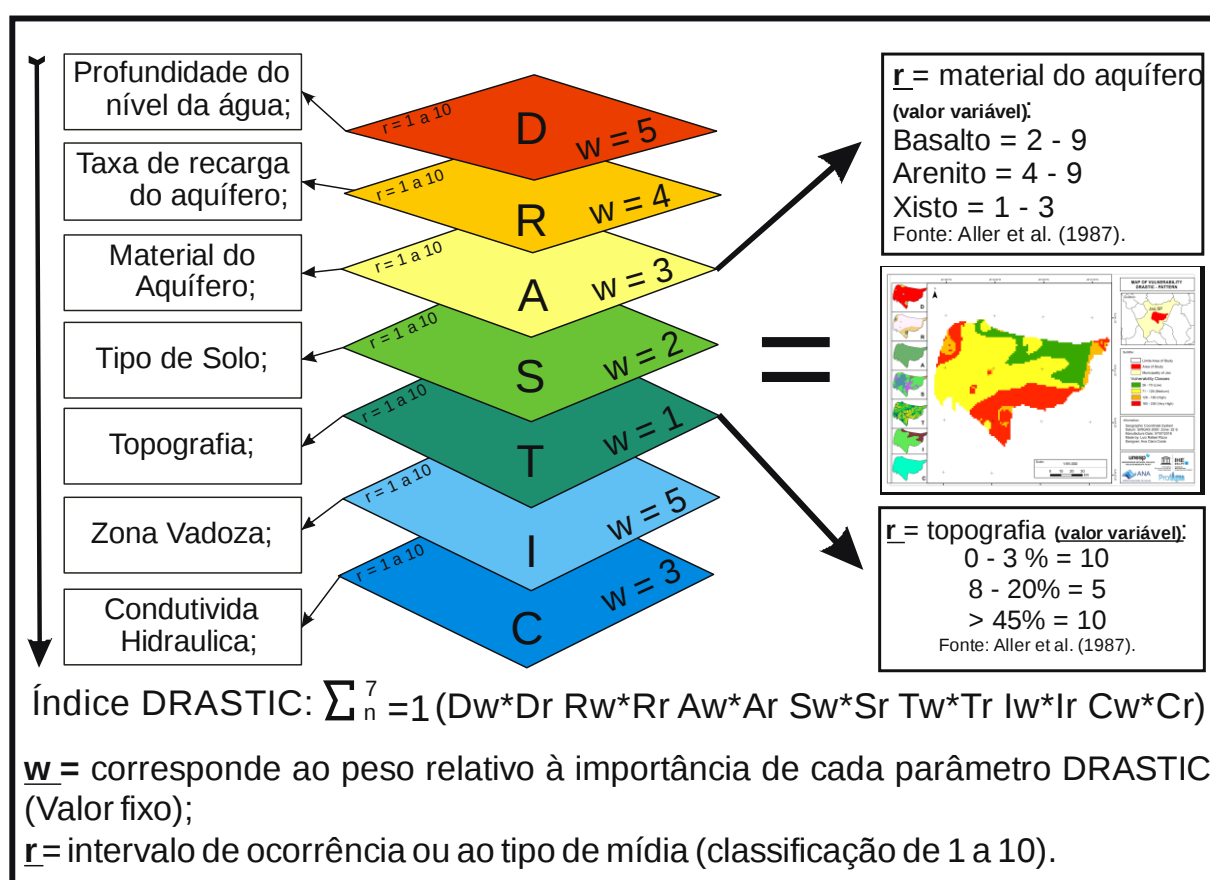
As análises utilizadas neste estudo, foram realizadas no ano de 2016, assim não havia entrado em vigor aPortaria de Consolidação n.º 5 do Ministério da Saúde. Entretanto os valores, documentos e prazos estipulados na antiga Portaria 2.914/2012 foram mantidos na nova portaria.

Após coletar todos os dados, eles foram analisados e testados, para averiguar se estavam aptosa serem utilizados em suas devidas aplicações.Finalmente pode-se organizar em planilhas,pastas e criação de um banco de dados para facilitar o acesso e garantir a maior precisão dos resultados.

4.2.1 Vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas

Para identificação das áreas vulneráveis a contaminação natural das águas subterrâneas na área de estudo, utilizou-se do método DRASTIC e a partir de uma álgebra de mapas, gerada com todos os parâmetros do acrônimo, obteve-se um mapa síntese. De acordo com a Figura 12 é possível analisar de forma resumida a metodologia proposta.

Figura 12: Esquema representativo do método DRASTIC (ALLER et al. 1987).



Elaborado pelo autor.

Devido ao grande volume de dados e informações necessários para elaboração dos parâmetros, foram desenvolvidas a Tabela 4 e a Figura 13, onde se pode observar um resumo genérico e orientativo da aquisição dos dados, locais e plataformas on-line de acesso, conforme cada parâmetro. É importante salientar que os parâmetros na maioria das vezes são disponibilizados em diferentes medidas e unidades, sendo necessário a conversão das unidades conforme a necessidade.

Tabela 4: Recumo da coleta de dados - DRASTIC.

Parâmetro (DRASTIC)	Tipo de dados coletados	Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos	Endereço (Plataforma) On-Line
D – Profundidade do nível da água (m)	Nível Estático (m) Documentos de perfuração dos poços.	SIAGAS – CPRM	http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/
R – Recarga (mm/ano)	Precipitação (mm/ano)	DAEE / FATEC JAHU	http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/estacao.fatecjahu@fatec.sp.gov.br
	Evapotranspiração Real (mm/dia)	SISDAGRO	http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs
	Escoamento Superficial (m³/s)	DAEE	http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br
A – Material do aquífero	Mapa Geológico do estado de São Paulo.	Datageo	http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/
S – Tipo de solo	Mapa pedológico do Estado de São Paulo	Datageo / Iflorestal	http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/ http://s.ambiente.sp.gov.br/if.html
T – Topografia (Relevo)	Imagens (RASTER)	EMBRAPA – (SRTM/NASA)	https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/sp/sf-22-z-a.htm HTTP://srtm.usgs.gov/
I – Zona Vadosa	Mapa geomorfológico	Datageo	http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/
C – Condutividade Hidráulica (m/dia)	Mapa Geológico – Material do aquífero (Docs. de perfuração dos poços)	SIAGAS Datageo	http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/ http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/

Elaborada pelo autor.

Figura 13: Coleta de dados para os parâmetros DRASTIC.



SIRH's: Sistema de informação sobre recursos hídricos. Elaborado pelo Autor.

Os parâmetros geologia, geomorfologia e pedologia encontram-se no formato de mapas temáticos, estes associados a valores de x, y e z. Todos os mapas foram disponibilizados pelo programa de Base de informações ambientais e territoriais do sistema ambiental paulista (IDEA – SP) através da plataforma Datageo.

Através do mapa geológico disponível no DATAGEO identificou-se a classe predominante da formação Serra Geral (Basalto), com ou sem a presença de fraturas. O arquivo original foi obtido no formato *Shape file* (vetor – Polígono) e foi necessária a conversão para o formato raster, através da ferramenta de conversão do software Arcgis (*ArcToolBox* → *Conversion Tools* → *ToRaster* → *Polígono to Raster*).

Os parâmetros profundidade do nível da água, recarga do aquífero e condutividade hidráulica, são provenientes de fontes como literatura/campo/pesquisa/cálculos e seus valores foram inseridos em uma planilha do Microsoft Excel com seus respectivos índices reclassificados (conforme Tabela 2). Por se tratar de uma informação pontual, e não compreender toda a área de interesse foi realizado uma interpolação com seus respectivos valores de profundidade para profundidade, de recarga para recarga e assim sucessivamente.

Foi utilizado o método de interpolação por *InverseDistanceWeighting* (IDW), em português: Ponderação da distância inversa, o modelo matemático leva em consideração a proximidade entre os pontos ou células amostrados que se desejam interpolar. Como o próprio nome do método diz os pesos para a interpolação são calculados de acordo com a distância inversa, assim os pontos mais próximos terão um peso maior. O resultado deste método é um arquivo em formato raster e visando sua compatibilidade, todos os mapas foram elaborados no SIG Arcgis 11.0 na escala '1:95.000'.

Os documentos de perfuração dos poços coletados na plataforma on-line SIAGAS/CPRM (ver exemplo no Anexo 1) contêm diversas informações referentes aos poços. Para este estudo, foram selecionados os poços que continham as informações de Profundidade do nível da água (Nível Estático) e perfil de perfuração.

4.2.2 Classificação de imagens de satélite

A imagem de satélite foi coletada na plataforma SCIHUB (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), a imagem escolhida para a execução do trabalho foi do satélite Sentinel 2-A, devido a boas condições climáticas, resolução, qualidade da imagem e disponibilidade de imagem em uma janela específica de tempo. A partir de uma série de filtros como, data, resolução, local, tipo de banda e /ou sensor, dentre outros, se pode localizar imagens de alta resolução, disponibilizadas gratuitamente.

O processamento da imagem obtida foi realizado no software ArcGIS 10.5, onde precisou ser corrigida, devido aos efeitos da pressão atmosférica, e posteriormente recortada para focalizar a área de interesse. A classificação dos pontos ou áreas com potencial de contaminação dos recursos hídricos foram realizados com base em pesquisas de campo, para constatar a existência dos elementos identificados na imagem de satélite.

4.2.3 Águas subterrâneas e superficiais usadas no abastecimento público

Segundo a concessionária local dos serviços de saneamento (2017), o abastecimento de Jaú é proveniente de duas fontes, águas superficiais (691 l/s) e de poços subterrâneos (346 l/s), a Figura 14, demonstra o percentual de água proveniente de cada uma das fontes.

Figura 14: Percentual de água subterrânea e superficial - Jaú, SP.



Fonte: Dados disponibilizados pela Concessionária dos serviços de saneamento. Elaborado pelo autor.

4.2.3.1 Abastecimento proveniente de água subterrânea

A concessionária municipal responsável pelos serviços de Abastecimento público e Esgotamento sanitário, concedeu para este estudo os laudos referentes às análises semestrais realizadas na água bruta, como exigido pela Portaria do Ministério da Saúde 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Sendo assim, foram concedidos e posteriormente analisados 13 Laudos relativos aos poços utilizados pela concessionária (Tabela 5).

A portaria 2.914/2011 foi revogada pela portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017, esta que consolida as normas referentes as ações e aos serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017). O conteúdo presente na antiga portaria não foi alterado, somente inserido dentro da nova. Neste estudo ainda é considerada a portaria 2.914/2011, devido a data da elaboração e a coleta de dados estarem dentro da vigência da mesma.

Tabela 5: Laudos disponibilizados para análise das águas subterrâneas.

Poços	Endereço	Análise realizada e data de coleta	n.º do laudo
P1	Rua São Sebastião, 146	Portaria MS 2.914/2011	183568
P3	Rua Rodolfo Magnani, 642		183571
P4	Rua Aristides Cordeiro, 50		183572
P5	Rua Ângelo Veronesi, 395		183573
P7	Rua Osvaldo Brizzi, 440		183575
P8	Rua João Buoro, 327		183576
P10	Rua Três, 08		183570
P1P	Rua José Felice	Todas as coletas realizadas em 14/10/2016	183574
P2P	Rua Santa Catarina, 800		183577
P1VR	Rua Sebastião Ribeiro de Barros		183578
P2VR	Rua Sebastião Ribeiro de Barros		183579
P1PA	Alto do Morro		183581
P. Mandaguahy	Rodovia SP 225 – Jaú / Bariri		183580

Elaborado pelo autor.

Não foram realizadas discussões sobre as águas subterrâneas, pois todos os laudos apresentaram os parâmetros em conformidade com a portaria vigente no período de análise.

4.2.3.2 Abastecimento proveniente de água superficial

Todos os corpos de água doces superficiais utilizados para o abastecimento público em Jaú estão enquadrados na Classe 2, conforme o decreto estadual de São Paulo n.º 10.755/1977 e tiveram suas águas analisadas conforme a resolução CONAMA 357/2005, artigo 15 (classe 2). A Tabela 6 apresenta todos os pontos de captação, juntamente à suas respectivas datas de coleta.

Tabela 6: Laudos referente à análise da água bruta superficial em Jaú.

<i>Datas de coleta</i>	<i>Ponto de captação</i>	<i>Análise realizada</i>	<i>Q captada (m³ / h) total</i>
20. Jun. 2016	Represa São Joaquim	CONAMA 357/2005 – Artigo 15º	190,8
09. Dez. 2016	Córrego João da Velha		
20. Jun. 2017	Córrego Santo Antônio		
11. Dez. 2017	Rio Jaú		

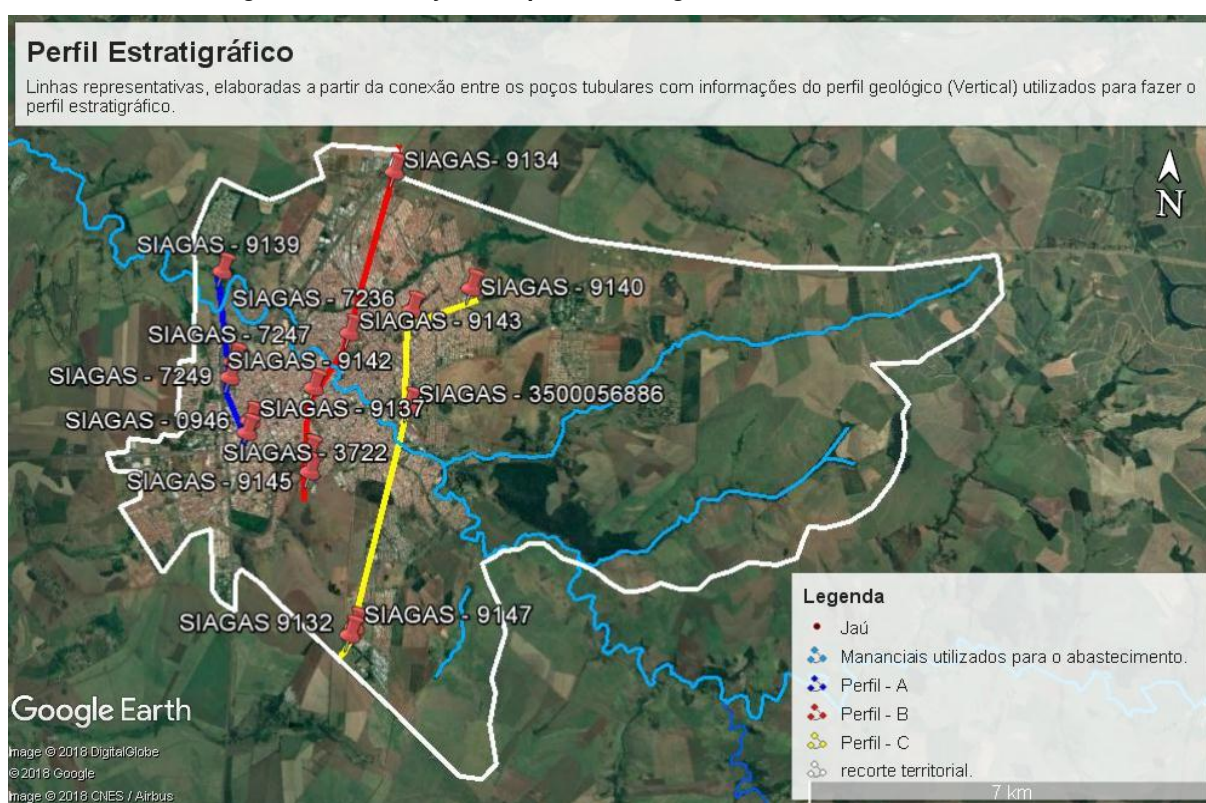
Fonte: Dados fornecidos pela concessionária dos serviços de saneamento. Elaborado pelo autor.

Todos os resultados que apresentaram valores em inconformidade com a resolução da CONAMA 357/2005 estão discutidos no capítulo resultados e discussões.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor compreensão do perfil geológico, foram traçados 3 perfis horizontais ao longo da área de estudo (A, B e C). Na Figura 15 pode-se observar o traço no terreno (horizontal) onde os pontos foram conectados. Na tabela 7 estão apresentadas as informações referente às distâncias e profundidades em relação a cada ponto (poço). Na figura 16 estão apresentadas as informações encontradas e interpoladas.

Figura 15: Elaboração dos perfis estratigráficos do recorte territorial.



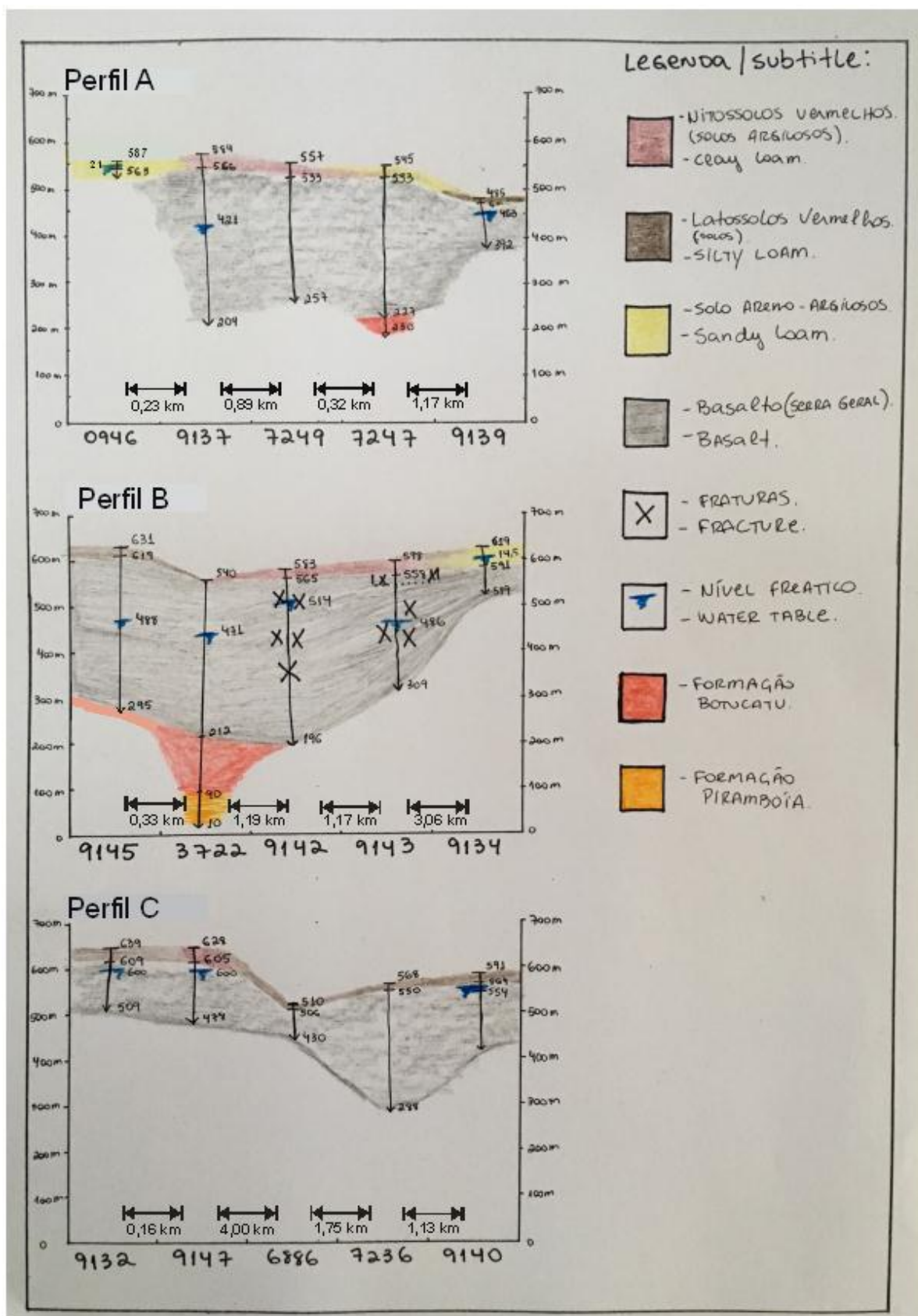
Fonte: Google Earth, elaborado pelo autor.

Tabela 7: detalhes do perfil estratigráfico.

Perfil	Pontos utilizados (poços)	Medida da linha (superficial – km)	Poço com maior profundidade (metros)	Maior profundidade alcançada (cota do terreno, nível do mar - m)
A – Azul	5	3,61	380	230
B – Vermelho	5	6,82	530	10
C – Amarelo	5	7,44	280	288

Fonte: Siagas/CPRM. Elaborado pelo autor.

Figura 16: perfil estratigráfico do município.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observa-se na Figura 16 que a predominância na região é o basalto da formação Serra Geral com espessura identificada de até 370 metros, com ou sem ocorrência de fraturas. Foram identificados 3 pontos onde a perfuração alcançou o aquífero Guarani, representado pelas formações Botucatu e Pirambóia. Rezende (2009) afirma que a presença dos arenitos SAG (Sistema Aquífero Guarani) estão presentes sob o município, porém confinados pela camada de basalto.

A partir da análise do perfil estratigráfico, observa-se que a camada de solo alcança uma profundidade máxima de 40 metros e sua composição apresenta características arenosas nas partes mais altas do relevo, principalmente na face norte. As áreas com maior representatividade de nitossolos vermelhos e latossolos vermelhos localizam-se próxima ao rio Jaú e na região sul e oeste do recorte territorial.

5.1 Identificação dos Índices DRASTIC

O mapa de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas foi gerado a partir da elaboração de mapas individuais de cada parâmetro do acrônimo DRASTIC, que após sua conclusão foi aplicada uma técnica de álgebra de mapas para calcular o índice DRASTIC e chegar a um mapa síntese.

Como resultados foram obtidos Tabelas e mapas que representam os valores e características relativos à área, os resultados são apresentados individualmente nos subcapítulos a seguir.

5.1.1 D – Profundidade do nível da água

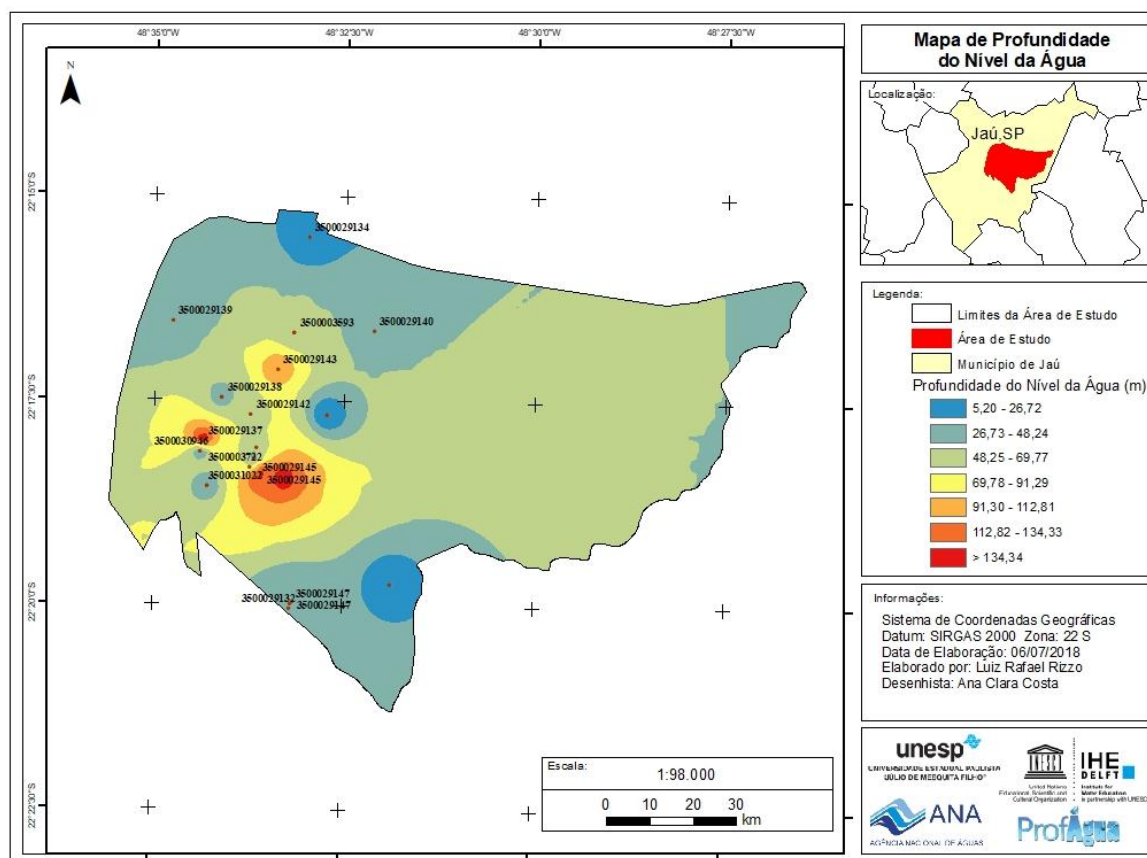
Foram utilizados 23 poços na análise da profundidade do nível da água (Tabela 8), as informações foram coletadas na plataforma SIAGAS/CPRM e os pontos foram interpolados em ambiente SIG. Para melhor visualização e interpretação dos dados de profundidade, foram elaborados dois mapas, com intervalos de classes diferentes entre si. A Figura 17 apresenta os dados do nível da zona saturada divididos em intervalos iguais, conforme a variação existente entre a profundidade mínima e máxima identificadas. A Figura 18 apresenta as classes estabelecidas de acordo com o método DRASTIC (Tabela 2).

Tabela 8: (D) Profundidade do nível da água.

ENDEREÇO	POÇO	Latitude	Longitude	COTA DO TERRENO	PROFUNDIDA DE FINAL	NÍVEL ESTÁTICO (m)
Avenida Frederico Ozanan, 560	3500029138	221728	483406	542	66	35,00
Avenida do Café, 2195	3500029139	221146	483450	485	93	27,58
Praça Dr. Adolpho Bezzerra de Menezes, s./n.	3500029137	221800	483421	584	380	162,49
Avenida ItaloMazzei, 1250	3500029134	221529	483258	619	100	14,62
Avenida João Moraes Prado Neto, 420	3500031022	221833	483417	587	80	25,00
Bairro dos Pires (Abastecimento urbano)	3500003593	221640	483310	510	552	54,75
Rua Luiz Pengo (Biomecânica)	3500029147	221959	483310	628	150	27,42
Avenida Ana Claudina, 700 (TIGER)	3500030946	221806	483423	587	24	21,00
Rua 2, n. 05 (SUPERCOURO ACABAMENTOS)	3500029132	222002	483312	639	130	38,37
Rua Rui Barbosa, 2.500	3500029140	221636	483204	580	177	36,12
Rua Bento Prado, 20	3500031023	221812	483340	531	60	26,41
Rodovia Dep. Leonidas Pacheco Ferreira, KM 17	3500028966	221118	483656	507	120	36,50
Rua Major Marcelo Almeida Prado, 435	3500029145	221827	483338	631	336	142,55
Rod. SP 225 Jaú / Araraquara. KM 2,5	3500026415	221455	483216	606	36	16,00
Chácara São Judas Tadeu, s.n.	3500029133	222212	483920	477	101	17,00
Rua Humaitá, 908	3500029142	221741	483341	583	387	58,12
Rua Gomes Botão, 785	3500003722	221818	483350	540	530	68,32
Fazenda São José.	3500030493	222214	484115	456	430	51,78
Fazenda São José II 'Gleba B'	3500029148	222155	484054	860	100	12,44
Sebastião de Oliveira Lima, 240	3500029152	222142	482334	756	106	11,54
Fazenda Palmeiras Dois Corregos.	3500029151	221910	482229	650	200	6,97
Rua José Mandruzatto, 371. Chacara Nunes	3500029135	221827	483318	550	414	158,30
Avenida do Café, 327	3500029143	221706	483324	598	289	112,00

Fonte: SIAGAS (2018). Elaborado pelo autor.

Figura 17: (D) - Profundidade do nível da água (intervalos modificados).



Observa-se na Figura 17 a presença de alguns pontos onde o nível da água varia entre 5 e 26 metros (são 8 pontos na Tabela 6, mais 3 pontos visíveis na Figura), este nível freático encontra-se em três diferentes cotas, dando a indicação que existe um lençol subsuperficial que possivelmente se conecta ao longo de todo o relevo. Entretanto não se pode afirmar que este lençol encontra-se conectado, uma vez que os dados disponíveis não são suficientes para tal constatação.

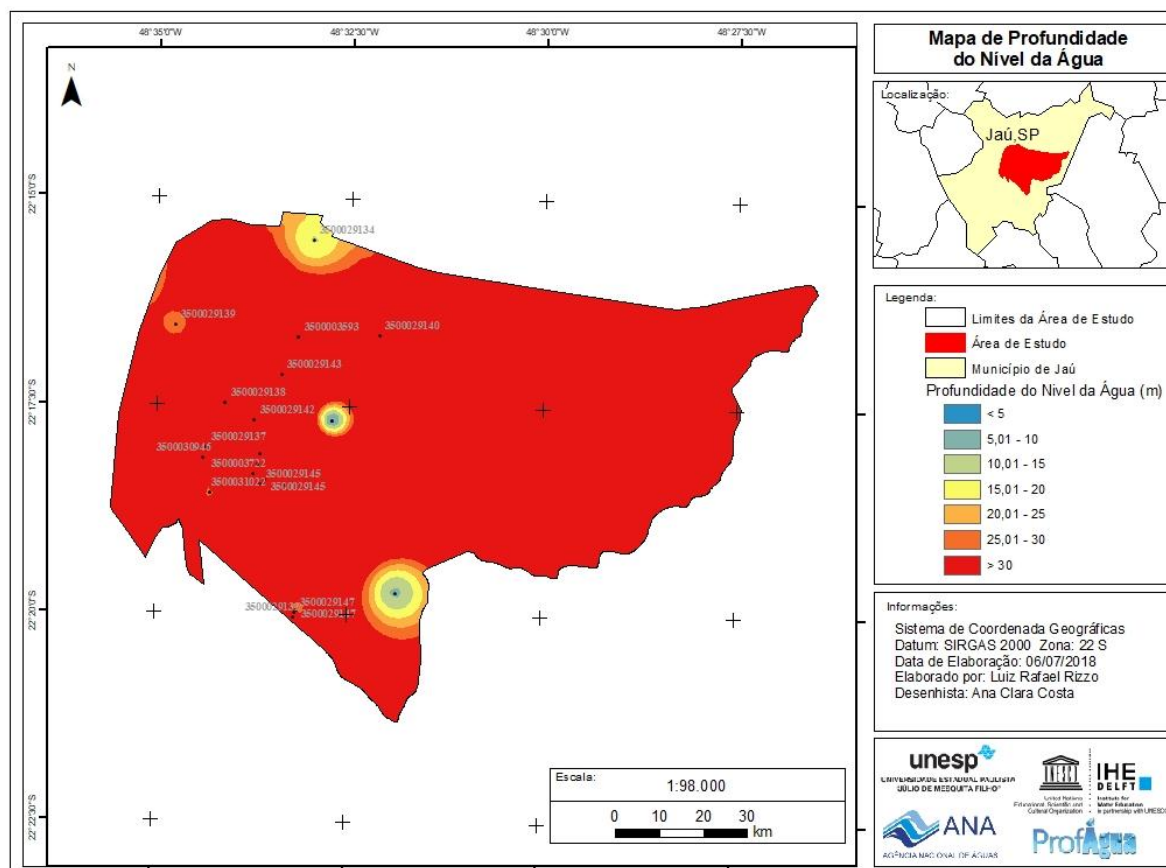
Dos poços utilizados, sete deles possuem profundidade final entre 330 e 550 metros, cinco destes alcançam o aquífero Guarani, seja na formação Botucatu ou Piramboia que foram localizados a partir de 302 metros e com uma presença da formação Botucatu confinada entre uma camada de basalto da formação Serra-Geral entre 202 e 257 metros.

Os níveis estáticos dos poços supramencionados encontram-se sempre entre 50 e 165 metros, ou seja, todos os sete poços, possuem o nível de água na camada de basalto, segundo estes dados não foi possível afirmar-se a água é proveniente do SAG ou de uma fratura no basalto. Os demais poços estão com profundidade final variando entre 60 e 289 metros e a profundidade do nível da água varia entre 27 e

112 metros, do mesmo modo, não foi identificado de qual aquífero a água é proveniente, ou se existe uma interconexão entre eles.

A Figura 18 apresenta os dados, conforme apresentado na Tabela 2.

Figura 18: (D) - Profundidade do nível da água.



Os dados da profundidade do nível da água, atuaram como um importante fator na definição da vulnerabilidade de contaminação natural dos aquíferos. Em todos os pontos onde o parâmetro encontra-se próximo a superfície, o índice DRASTIC é alto ou muito alto. Cutrim e Campos (2010) associaram as classes de vulnerabilidade alta e muito alta a presença da profundidade do nível da água estar entre 3 e 15 metros e a taxa de recarga entre 90 e 265 mm/ano.

Tanajura e Leite (2016) também conectaram a profundidade do nível da água a vulnerabilidade natural de contaminação dos aquíferos, segundo os autores a profundidade do nível da água tem relação direta ao tempo curto de migração do contaminante no perfil vertical do solo e da zona vadosa, o que reduz as ações naturais de atenuação.

5.1.2 R – Recarga do aquífero

Os dados utilizados para calcular a recarga na área de estudo, foram coletados no DAEE, Estação Meteorológica da Fatec Jaú e no SISDAGRO, os dados coletados foram respectivamente o escoamento superficial na bacia, precipitação e evapotranspiração real.

- **Precipitação (P):** Os dados foram coletados no DAEE e na Estação Meteorológica da Fatec Jaú, e apresentaram valores muito próximos. Assim optou-se por utilizar os dados da Estação da Fatec Jaú, devido à proximidade da estação com os pontos de captação. Os valores das precipitações de 2016 e 2017 foram captados em valores anuais e posteriormente realizou-se o cálculo para definir um valor médio, sendo 1.313,78 mm/ano (113,78 mm a mais que a média definida pela CEPAGRI (MIRANDA, 2017)).
- **Escoamento Superficial:** Os valores foram coletados na plataforma do DAEE, foram feitas 6 medições em 2016 e outras 5 no ano de 2017, os valores precisaram ser convertidos de m³/s para mm/ano. O valor final do escoamento foi dividido pela área total da bacia, obtendo o valor de escoamento superficial de 391,74 mm/ano.
- **Evapotranspiração real (ETR):** Os valores de ETR foram coletados na plataforma online SISDAGRO a partir de medições diárias, por não haver informação para o município de Jaú, utilizou-se os dados da cidade de Barra Bonita para os anos de 2016 e 2017, estas foram também convertidas de mm/dia para mm/ano, e calculada a média anual obtendo o valor de 665,99 mm/ano.
- **Recarga líquida:** Após a obtenção dos três parâmetros, os mesmos foram submetidos à Equação do balanço hídrico:

$$\text{Precipitação} - \text{Escoamento superficial} - \text{ETR} = \text{Recarga líquida}$$

Como resultado, a recarga foi estimada em 256,05 mm/ano na área de estudo

Tabela9:

Tabela 9: (R) Recarga líquida: Índice DRASTIC.

Recarga líquida (mm/ano)	Precipitação (mm/ano)	Vazão (mm/ano)	ETR (mm/ano)
256,05	1.313,78	391,74	665,99

Elaborado pelo autor.

Considerando os estudos de Borges et al.(2017) ao aplicar os cálculos de filtro inverso e da precipitação (razão Q90/Q50), definiu que as taxas de recarga no sistema aquífero Serra Geral (SASG) variam entre 20,81 e 20,93% do valor total da precipitação. Ao comparar com os valores de recarga do presente estudo, constatou-se que a mesma, para a área estudada, foi de 19,5% da precipitação, ou seja, uma margem de erro relativamente baixa em comparação ao estudo mencionado.

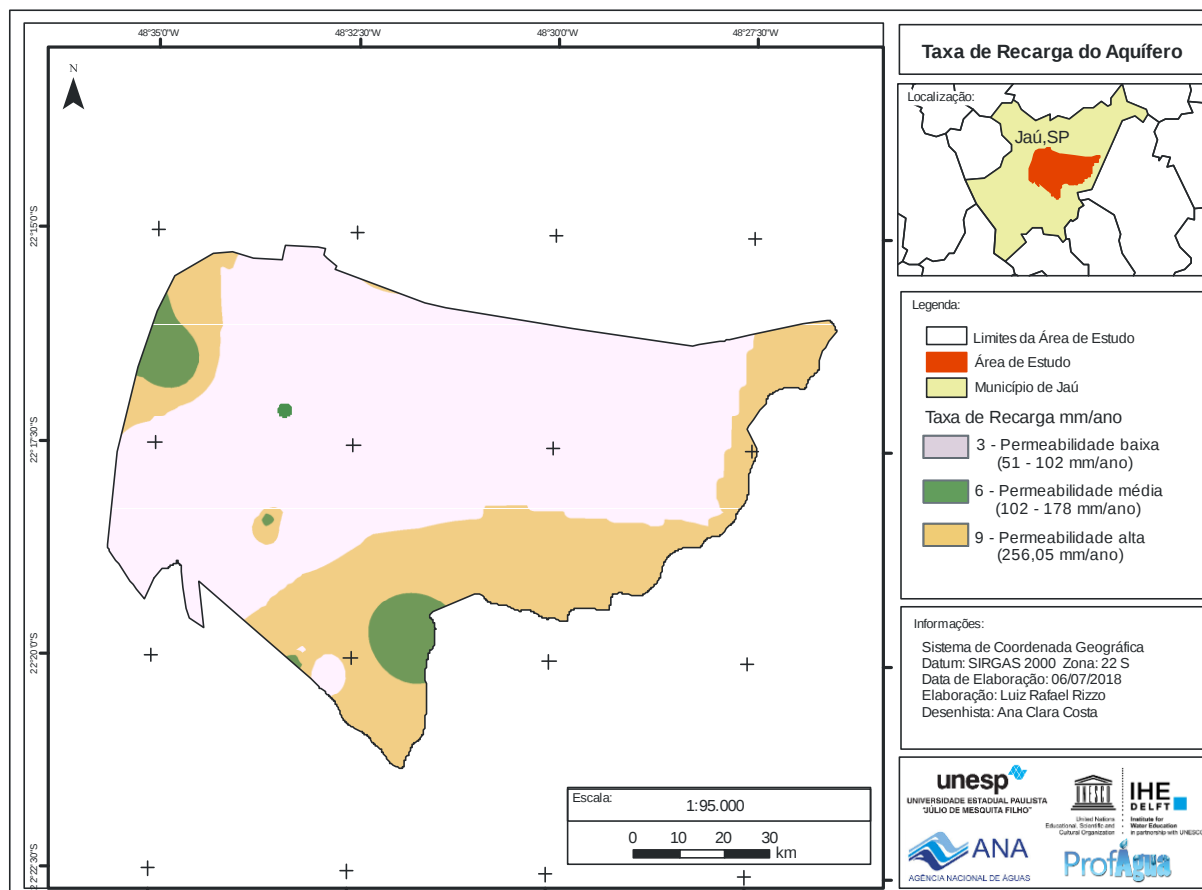
Estudo realizado por Tanajura et al. (2016) na bacia hidrográfica do rio Jacaré-Pepira, divisa norte com a área de estudo, observou-se um valor de recarga de 285,12 mm/ano, sendo 29,07 mm/ano a mais que na área estudada. Esta verificação e comparação de valores presentes na bibliografia conferem credibilidade às informações apresentadas, pois indicam que diferentes estudos, alcançam resultados muito próximos.

Segundo Ferreira (2014) o processo de recarga das águas subterrâneas, pode sofrer grandes alterações devido a atividades antrópicas, principalmente devido as alterações na permeabilidade do solo. Assim, considerando que grande parte do recorte territorial analisado corresponde à área urbana de Jaú, não se pode considerar o valor da recarga como igual em toda à área, assim, foram atribuídas às cargas de 3, 6 e 9 (Figura 19), correspondendo respectivamente à área urbana muito impermeabilizada, área mista pouco impermeabilizada e área verde ausência de áreas impermeáveis.

O parâmetro taxa de recarga confere grande importância na avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas, uma vez que são as águas que infiltram no solo que tem a capacidade de transportar os poluentes da superfície até o nível freático através da infiltração e da lixiviação. Borges et al. (2017) afirma que outros métodos que não utilizam a recarga na averiguação da vulnerabilidade dos aquíferos tendem a sofrer um grande aumento na incerteza dos resultados, afinal este parâmetro juntamente com a declividade são os responsáveis por transportar os contaminantes da superfície até o lençol ou aquífero.

Entretanto o parâmetro taxa de recarga pode ter seus efeitos negativos atenuados ou potencializados quando em contato com as zonas, como o tipo de solo e zona vadosa, uma vez que o contaminante pode ser filtrado ou sofrer alguma reação química ou biológica que aumente ou reduza seus efeitos da contaminação no aquífero.

Figura 19: (R) - Taxa de recarga anual



5.1.3 A – Material do aquífero

Segundo informação presente no mapa Geológico do Estado de São Paulo disponibilizado pelo portal DATAGEO, o município de Jaú encontra-se inteiramente sobre a formação Serra Geral, que segundo Rezende (2009) se caracteriza pelos derrames de lavas eruptivas superpostas, presentes em camadas espessas em grandes áreas, datado da idade triássico-cretáceo (245 a 66,4 milhões de anos atrás), composto por rochas vulcânicas toleíticas de coloração cinza a negra. O autor também acrescenta que existem intercalações de arenitos intertrapeanos (eólicos) finos a médios, com estratificações cruzadas tangenciais.

Buscando compreender a afirmação de Rezende (2009), analisaram-se os documentos de perfuração dos poços e foram identificados cinco importantes pontos de captação em arenitos, conforme apresentado na Tabela 10, uma das formações é classificada como arenito fino, com nível estático a 21 metros de profundidade, a partir de uma cota de 590 metros em relação ao nível do mar, indicando um aquífero livre, com camada isolante limítrofe de fundo, constituído por basalto (Serra Geral).

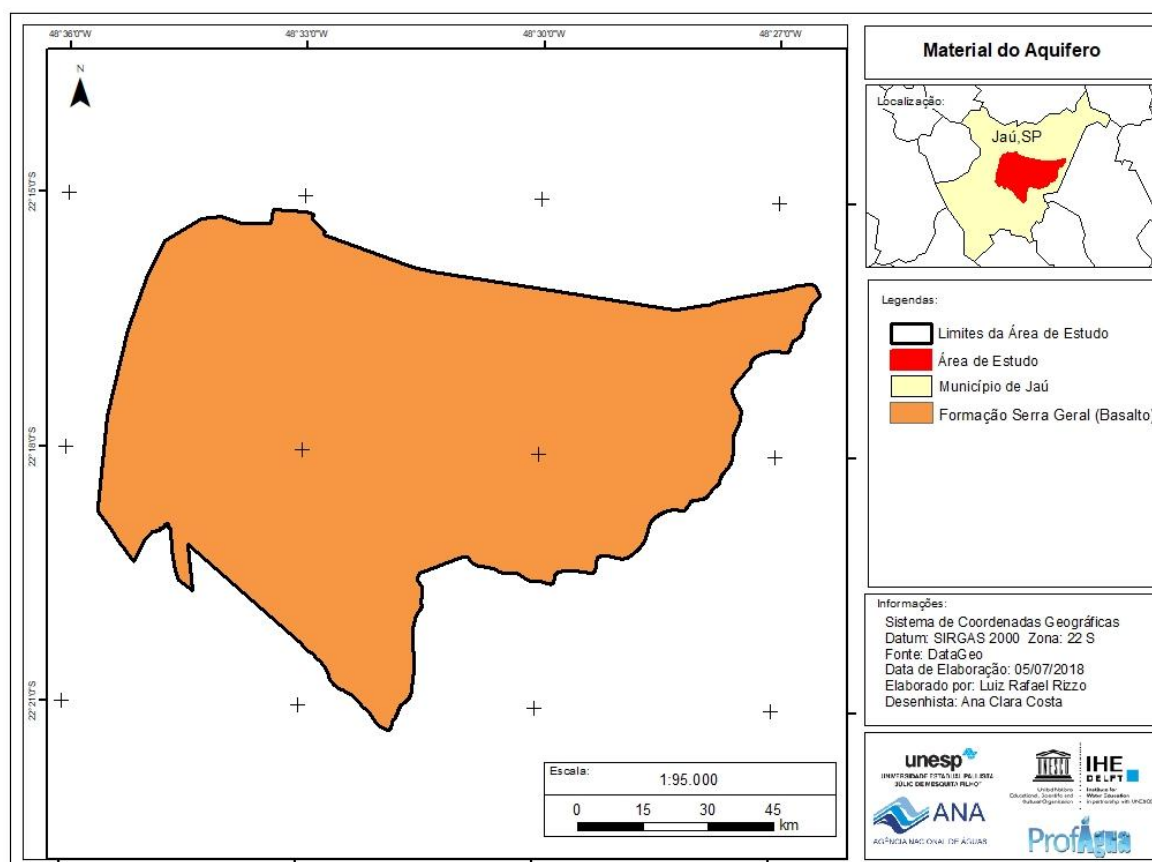
Tabela 10: (A) Material do aquífero: Índice DRASTIC.

Material do aquífero (A)	Ocorrência	Classificação (r)	Ar.Aw (Aw = 3)
Folheto maciço	--	1 to 3 (3)	--
Metamórfica / Ígneas	--	2 to 5 (5)	--
Arenito, calcário e folheto sequencial.	--	3 to 5 (5)	--
Arenitos finos.	1 / 23	4 to 6 (6)	18
Xisto	--	5 to 9 (7)	--
Arenito maciço	4 / 23	4 to 9 (8)	18
Areia e cascalho	--	4 to 9 (8)	--
Basalto	18 / 23	4 to 9 (9)	27
Kárstico	--	2 to 10 (10)	--

Elaborado pelo autor.

Na Tabela 10 pode-se observar que existem 4 pontos onde a perfuração dos poços ultrapassou o limite do aquífero Serra Geral e atingiu o SAG (Arenito maciço), nas formações Botucatu e Pirambóia. Verificou-se, também, que o aquífero Serra Geral, aflora entre as cotas superficiais de 619 a 506 metros em relação ao nível do mar, apresentando pontos de afloramento a 585 metros e camadas de solo no seu limite superior, com até 40 metros de altura. Deste modo, todo o material do aquífero foi determinado pela formação Serra Geral (Figura 20) conforme sua predominância.

Figura 20: (A) - Material do aquífero: formação Serra Geral.



Outra importante constatação foi a análise dos poços 3500003722 e 3500029145 com uma pequena distância de superfície de aproximadamente 300 metros, em cotas de 527 e 543 metros em relação ao nível do mar, ambos com captações no SAG, onde o nível da água para ambos, está aproximadamente entre 470 e 490 metros, indicando uma conexão entre os dois poços.

Trabalhos realizados na UGRHI 13, mais especificamente nas bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, apontaram as áreas de baixa e média vulnerabilidade à contaminação natural do aquífero Guarani em locais onde o mesmo encontra-se confinado pela camada de basalto da formação Serra Geral (SANTOS et al. 2016; TANAJURA ; LEITE, 2016).

Segundo Muradás et al. (2010) os valores para as rochas basálticas recebem valores diferentes entre si, conforme fatores físicos e de interpretações que podem variar conforme os objetivos do estudo. Do mesmo modo, este estudo apresentou os o parâmetro A (material do aquífero), como zoneamento de domínio seguindo o critério litológico, onde o mesmo será multiplicado pelos demais parâmetros.

5.1.4 S – Tipo de solo

Segundo Aller et al. (1987) o solo está diretamente relacionado com a recarga, ou seja, o tipo de solo influencia na quantidade de água que vai penetrar no aquífero e indiretamente o quanto de poluente pode ser transportado, os autores chamam a atenção para quatro importantes fatores atenuantes que podem alterar os efeitos da contaminação, sendo eles a filtração, biodegradação, absorção e volatilização.

Em estudo realizado por Amaral et al. (2003) os autores verificaram que a ausência de fatores de proteção, aliado ao fato de a maioria das águas subterrâneas, em sua área de estudo, estavam em profundidades menores de 20 metros (limitando a capacidade de filtração oferecida pelo solo) as fontes ficaram expostas à contaminação, principalmente proporcionada pelas águas pluviais que infiltram no solo. Os autores verificaram que os valores médios de microrganismos identificados nas análises nos períodos de chuva e estiagem, foram significativamente maiores nos poços com até 20 metros de profundidade.

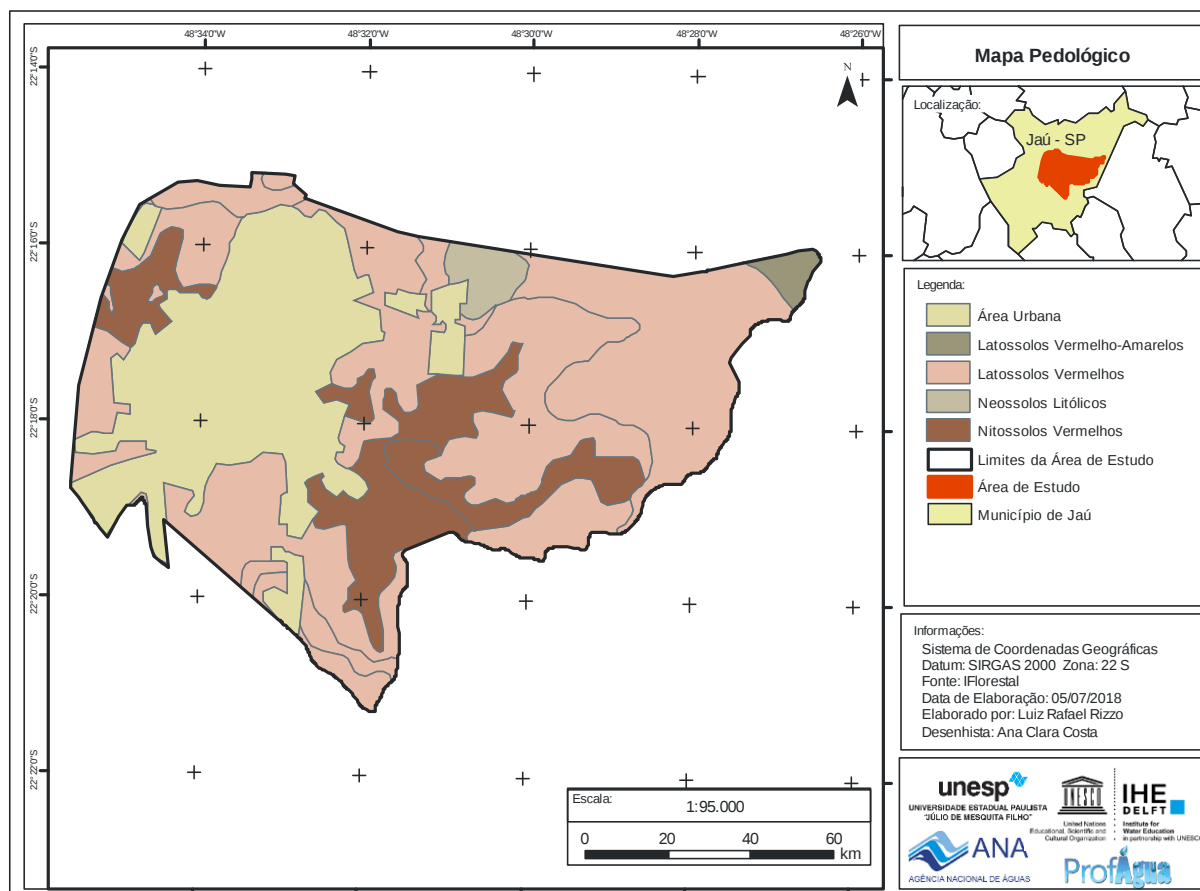
O mapa de solo foi elaborado a partir do mapa pedológico disponível na plataforma on-line do Instituto Florestal. O mapa pedológico abrange toda a área do estado de São Paulo, assim foi realizado o recorte a partir da área de interesse, na sequência foi classificado segundo a sub ordem (Figura 21), também foi gerada uma Tabela (11) para identificar a ocorrência de cada tipo de solo conforme identificado no mapa pedológico.

Tabela 11: (S) Tipo de solo: Índice DRASTIC.

Tipo de solo (S)	Ocorrência	Classificação (r)	Sr.Sw (Sw = 2)
Neossolo Litólicos	1 / 10	10	20
Cascalho	--	10	--
Áreia	--	9	--
turfa	--	8	--
Latossolo Vermelho	--	7	--
Latossolos Vermelho-Amarelos	5 / 10	6	12
Barro	--	5	--
Barro Siltoso	--	4	--
Nitossolo Vermelho	4 / 10	3	6

Elaborado pelo autor.

Figura 21: (S) - Mapa pedológico



Ao analisar o mapa, percebe-se que as composições de solo presente dentro da área de interesse são: Latossolos Vermelho-Amarelo, Latossolos Vermelho, Neossolos Litólicos e Nitossolos Vermelhos, o mapa foi elaborado na escala 1 / 95.000, Sendo a predominância os Latossolos Vermelhos. Segundo estudo fluviológico realizado na mesma bacia por Rezende (2009) este tipo de solo é facilmente friável, com alta porosidade e textura média e argilosa, fortemente intemperizados e altamente drenados.

A partir do mapa pedológico, percebeu-se que os latossolos Vermelhos compõem a maior parte da bacia. Além deles, foram localizadas duas pequenas manchas isoladas de Neossolo litólico na face Norte do recorte territorial, e a nordeste uma faixa com presença de Latossolos Vermelho-Amarelos, este segundo compreende o tipo do solo mais comum na cabeceira da Bacia, e foi apontado na análise fluviológica de Rezende (2009) como o solo mais propenso a sofrer processos erosivos.

Outro tipo de solo altamente presente são os Nitossolos Vermelhos, que possuem composição argilosa ou muito argilosa, este tipo de solo é mais resistente

a processos erosivos que os outros tipos identificados na bacia, e está fortemente presente ao longo do trecho do Rio Jaú que, também coincidem com os fundos de vale.

Segundo Santos et al. (2016) as características litológicas e pedológicas, promovem impacto diretamente no parâmetro recarga do aquífero. Os fatores pedológicos somados ao índices de topografia (declividade do terreno) podem exercer uma grande influência na determinação da vulnerabilidade natural do aquífero.

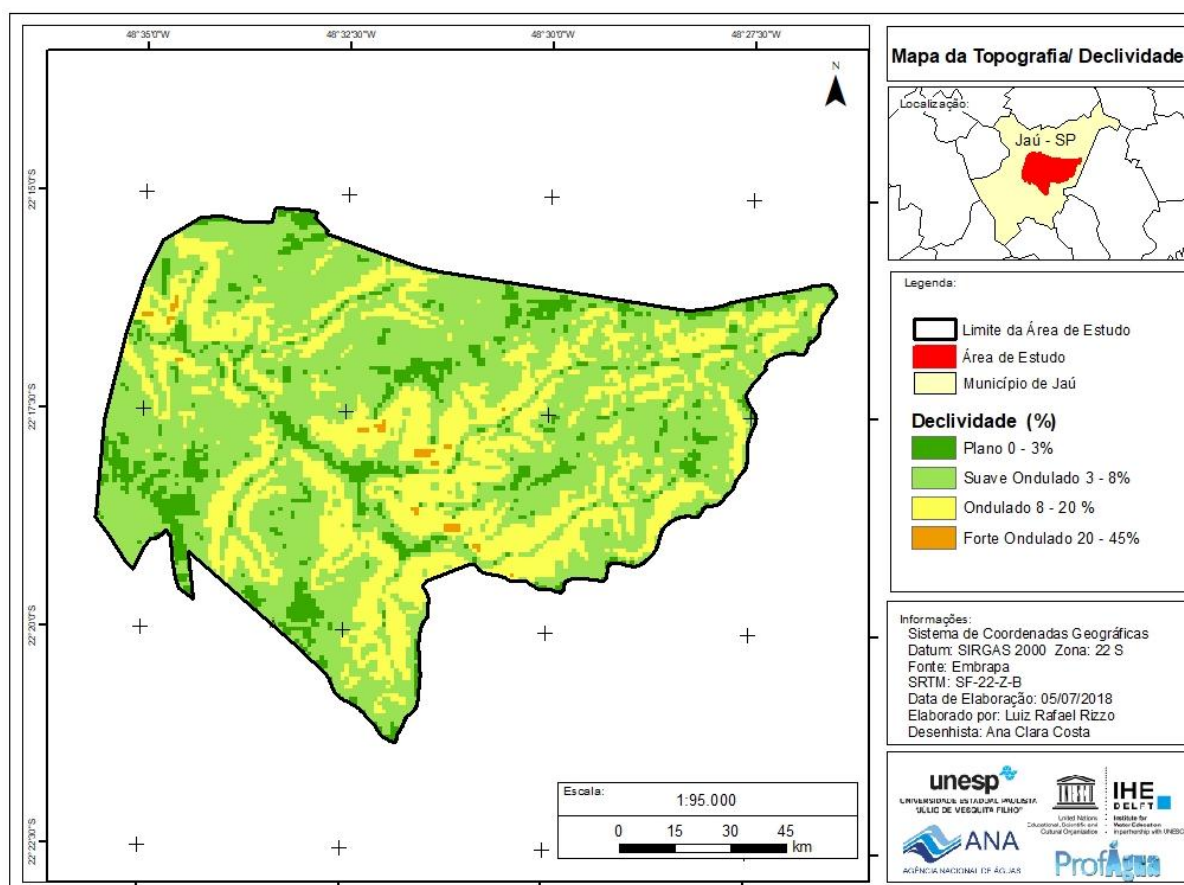
5.1.5 T – Topografia, declividade

A declividade do terreno está diretamente relacionada com a permanência ou com o escoamento da água e/ou dos poluentes, favorecendo respectivamente a infiltração ou o lixiviamento dos mesmos junto a água para fora da bacia (ALLER, et al. 1987).

Através do uso das imagens da missão SRTM do recorte territorial estudado dentro do ambiente SIG, pode-se produzir um mapa de relevo, que posteriormente foi recortado e teve suas declividades reclassificadas e calculadas em área, para melhor visualização e compreensão.

O mapa também foi gerado na escala 1/95.000 e na sequência as classes de declividade foram reclassificadas em percentual de inclinação para os relevos, Plano (0 a 3%), Suave Ondulado (3 a 8%), Ondulado (8 a 20%), Forte Ondulado (20 a 45%) e escarpado (> 45%), conforme Figura 22.

Figura 22: (T) – Topografia / declividade do terreno.



No mapa, pode-se observar que a declividade predominante na área é a suave ondulada, de 3 a 8% de declive, seguida pela Ondulada, 8 a 20%, as áreas planas e forte onduladas estão pouco presente, entretanto observa-se uma grande presença da topografia suave nas proximidades dos corpos de água.

Já a classe forte ondulada está presente em uma área próxima ao corpo hídrico a montante da área urbana e a jusante da área urbana, correspondendo a uma pequena área com o relevo forte ondulado. Os valores atribuídos para o cálculo do Índice DRASTIC para a topografia estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: (T) Topografia/Declividade: Índice DRASTIC.

Topografia, declividade (T)	Ocorrência	Classificação (r)	Tr.Tw (Tw = 1)
0 - 3 % Suave	4 / 10	10	10
3 - 8 % Suave Ondulado	4 / 10	9	9
8 - 20 % Ondulado	2 / 10	5	5
20 - 45 % Forte Ondulado	--	3	--
> 45%	--	1	--

Elaborado pelo autor.

Ao comparar a Tabela 12 e a Figura 22, nota-se uma diferença na predominância de classes de declividades. No mapa de topografia é evidente a predominância dos relevos suave ondulado e ondulado, uma vez que o mapeamento foi realizado de acordo com as imagens da missão SRTM, ou seja, o cálculo foi feito em área. Este problema não se apresenta no mapa de vulnerabilidade, uma vez que foram atribuídos os devidos valores e pesos para cada classe de declividade.

5.1.6 I – Zona vadosa

Esta camada corresponde à camada entre o limite inferior do parâmetro solo (S) e o limite superior da zona saturada (D), a zona vadosa (I) é a zona insaturada (Figura 6). Segundo Aller et al. (1987) a zona vadosa é importante para a análise da vulnerabilidade por conta de suas características atenuantes, filtração mecânica, reações químicas, biodegradação, volatilização ou outro efeito que reduza ou aumente os efeitos dos potenciais contaminantes.

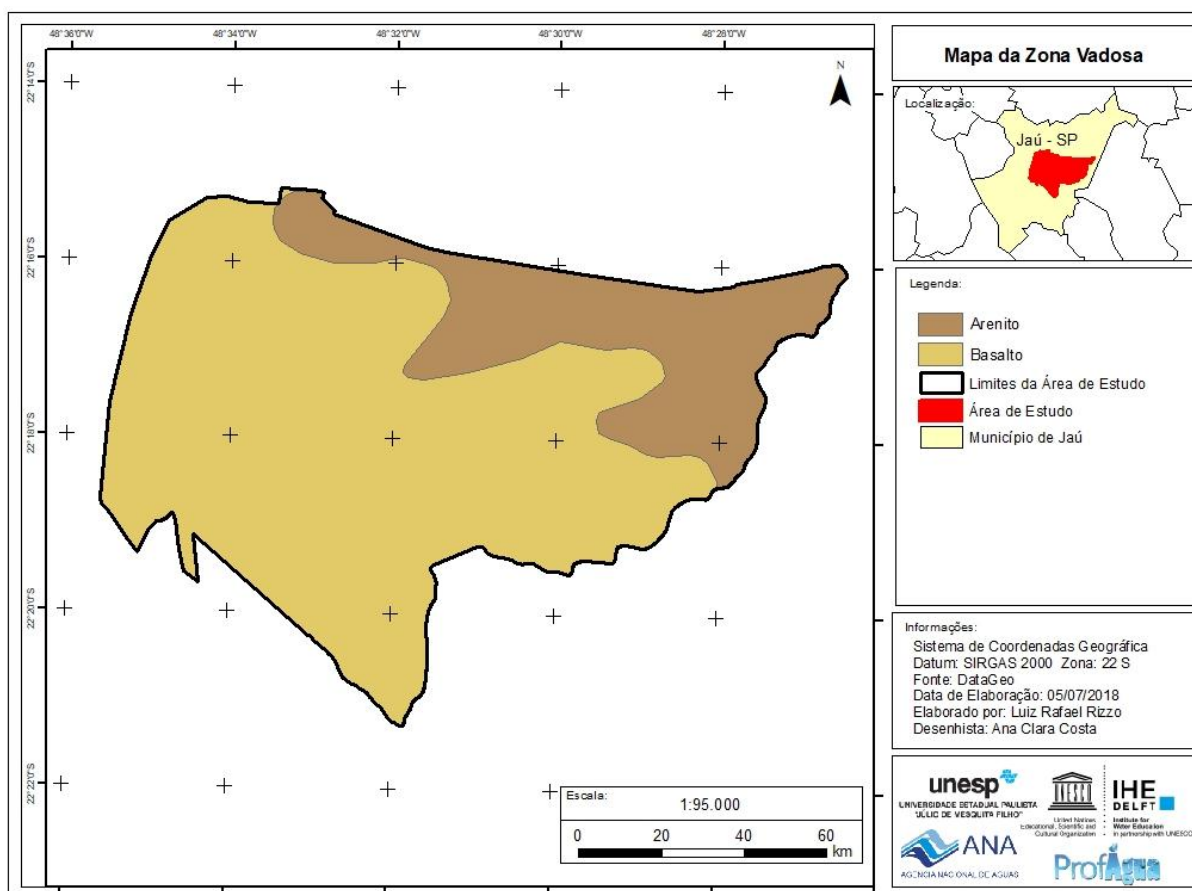
Para elaboração do mapa referente ao parâmetro impacto da zona Vadosa, foi utilizado o mapa Geomorfológico do estado de São Paulo, disponível na plataforma Datageo. O mapa foi elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), e sua profundidade está entre 25 e 50 metros. Na Tabela 13 estão apresentados os valores identificados, e na Figura 23 os dados obtidos no mapa geomorfológico do estado de São Paulo.

Tabela 13: (I) Zona vadosa: Índice DRASTIC.

Impacto da zona vadosa (I)	Ocorrência	Classificação (r)	Ir.lw (lw = 5)
Argila / Silte	--	2 to 6	--
Xisto Argiloso / Argilito	--	2 to 5	--
Calcário	--	2 to 7	--
Arenito	2 / 10	4 to 8 (6)	30
Arenito. Calcário e argilito estartificados;	--	4 to 8	--
Areia e Cascalho com Silte e argila	--	4 to 8	--
Rocha metamórfica / Ignea	--	2 to 8	--
Areia e Cascalho.	--	6 to 9	--
Basalto	8 / 10	2 to 10 (9)	45

Elaborado pelo autor.

Figura 23: (I) - Zona vadosa



Observa-se no mapa referente a zona vadosa, que a camada intermediária entre o limite inferior do solo e o limite superior da zona saturada, é composta principalmente por arenito e basalto, ao comparar os dados da Tabela 13 com a imagem 23, note-se que o arenito possui o Índice DRASTIC mais baixo que o basalto, isto se justifica pelas fraturas presentes no basalto e exceto a camada de solo, o SASG nesta zona, carece de uma zona vadosa que atue como um filtro para a água de recarga.

Segundo Muradás et al. (2010) os parâmetros de maior peso na definição da áreas com alta vulnerabilidade são; (D) profundidade do nível da água, que determina a espessura da zona vadosa; e (I) impacto da zona vadosa, que vem a amortecer os processos de sorção dos contaminantes. Nas áreas onde não existem a zona vadosa, os agentes, dependendo de suas características físicas-químicas-biológicas, podem ser facilmente transferidos para as camadas mais profundas alcançando a zona vadosa e até as águas subterrâneas.

Ao analisar as camadas de solo, zona vadosa e o material do aquífero, observa-se a ausência de zona vadosa sobre o sistema aquífero Serra Geral, demonstrando sua fragilidade na área estudada.

5.1.7 C – Condutividade hidráulica

O parâmetro condutividade hidráulica, determina a capacidade do aquífero em transmitir água, e conseqüentemente, mover um determinado contaminante a partir do momento em que ele entra no aquífero. Este parâmetro é analisado em metros por dia, e quanto maior for a condutividade do aquífero, maior será sua capacidade de propagação dos contaminantes, sendo o mesmo mais vulnerável a contaminação.

Conforme apresentado na Tabela 14 e explanado na Figura 24, o valor determinado para o recorte estudado na bacia do rio Jaú, corresponde a faixa mais baixa proposta por Aller et al. (1987), uma vez que a geologia local é composta por basaltos da formação Serra Geral com ocorrências moderadas à alta de fraturas.

Tabela 14: (C) Condutividade hidráulica: Índice DRASTIC.

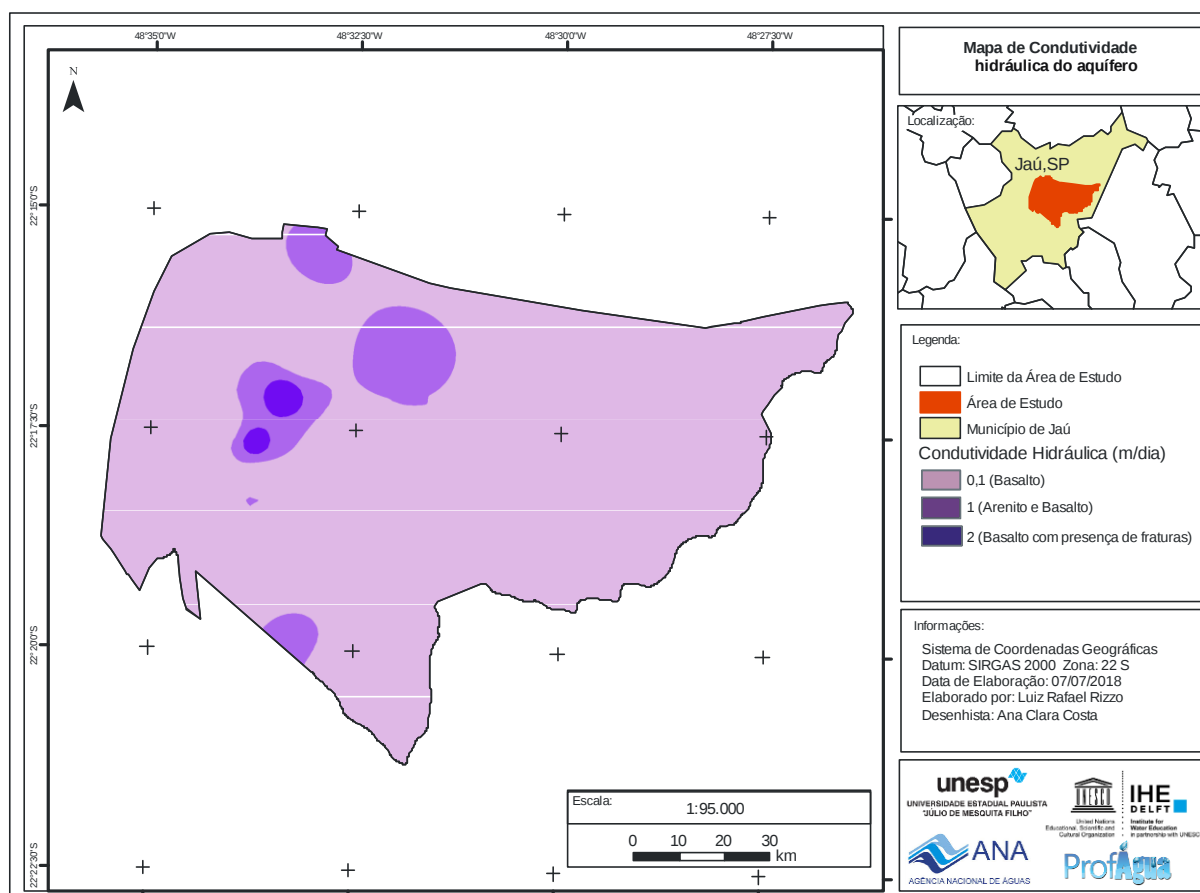
Condutividade Hidráulica (C)	Ocorrência	Classes (r)	Cr.Cw (Cw = 3)
0 to 4.1	10 / 10	1	3
4.1 to 12.2	--	2	--
12.2 to 28.5	--	4	--
28.5 to 40.7	--	6	--
40.7 to 81.5	--	8	--
> 81.5	--	10	--

Elaborado pelo autor.

Foram localizadas outras formações através da análise do perfil estratigráfico como a formação dos Arenitos Botucatu e Piramboia, entretanto estes dois sistemas aquíferos não foram considerados na estimativa da Condutividade hidráulica, uma vez que são muito profundos e não foram identificados afloramento destas formações, estando completamente isolados por uma camada de basalto que ultrapassa os 300 metros de espessura.

Observou-se na Tabela 14 que todos os pontos estimados estão dentro da primeira variável proposta por Aller et al. (1987), entre 0 e 4,1 metros por dia, mesmo apresentando algum grau de variação, tem uma representatividade baixa para o cálculo final da vulnerabilidade. A Figura 24 apresenta as áreas e os valores identificados para cada ponto onde se pode estimar os valores.

Figura 24: (C)- Condutividade Hidráulica.



Conforme Tanajura e Leite (2016) a condutividade hidráulica reflete a facilidade ou dificuldade do meio natural em transmitir água, no perfil vertical e/ou horizontal, e por consequência, também a capacidade de transmitir os contaminantes nela inseridos.

Todos os valores estimados para a condutividade hidráulica na área estudada, estão na classe correspondente ao baixo risco à contaminação. Mesmo assim, foram sinalizadas no mapa as áreas com maior ocorrência de fraturas no basalto, que por sua vez possuem uma capacidade maior de condutividade da água em seu interior, indicando uma situação agravante no caso de uma pluma de poluição alcançar este aquífero, além de sua possível conexão com o aquífero Guarani através das fraturas.

5.1.8 DRASTIC - Mapa de vulnerabilidade

O índice DRASTIC fruto da equação apresentada, resulta um valor entre 26 e 226, esta faixa de valores foi dividida em intervalos, cada intervalo indica um grau de vulnerabilidade. Quanto mais alto o índice Drastic, maior a vulnerabilidade a contaminação das áreas. As classes de vulnerabilidades utilizadas neste estudo, estão apresentadas na Tabela 15.

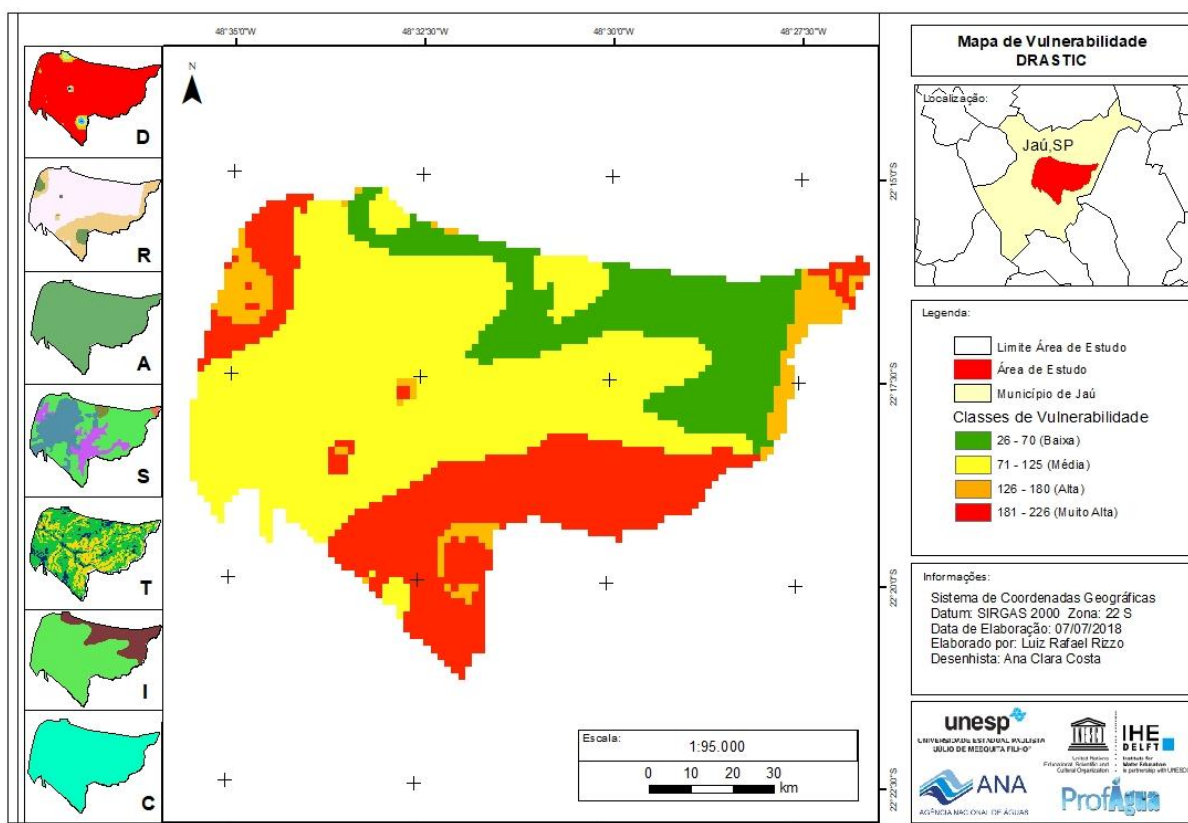
Tabela 15: Classes de vulnerabilidade

Intervalos	Classificação da vulnerabilidade
26 to 70	Baixa
71 to 125	Média
126 to 180	Alta
181to 226	Muito alta

Fonte: Adaptado de Aller et al. (1987)

De acordo com os resultados obtidos no mapa de vulnerabilidade (Figura 25), constatou-se que a predominância é a classe Média vulnerabilidade (71 a 125) com 50,82% do recorte territorial, em segundo a classe Muito Alta (181 a 226) em 25,15% da área. As classes Baixa (26 a 70) e Alta (126 a 180) apresentaram ocorrência na área de 18,69% e 5,34% respectivamente.

Figura 25: Mapa de vulnerabilidade da região.



A área de vulnerabilidade Alta representa a menos ocorrente com 511,98 ha (5,34%), nota-se que esta classe de vulnerabilidade constitui pequenas manchas dentro das áreas altamente vulneráveis (em laranja no mapa), uma pequena ocorrência no centro da área urbana de Jaú, mais uma faixa longa e estreita a leste, nas cabeceiras dos córregos João da Velha e Santo Antônio neste ultimo caso, observou-se que o índice Drastic recebeu uma forte influência pela capacidade de atenuação proporcionada pela zona vadosa e pela profundidade do nível da água.

Pode-se caracterizar a vulnerabilidade alta principalmente pela presença bem definida das camadas de zona vadosa e profundidade do nível da água, observa-se também que a ocorrência desta classe de vulnerabilidade esta em todos os casos associada a maior taxa de recarga identificada na área. Meneses et al. (2009) relacionou a presença de áreas com alta vulnerabilidade a somatória de altas taxas de infiltração a pequena profundidade do nível da água subterrânea. Além disso, se observa também a influência dos mapas de solo e declividade como fatores atenuantes que reforçam a proteção contra a contaminação dos aquíferos.

A vulnerabilidade baixa corresponde a uma área de 1.791,00 hectares (ha), 18,7% da área total. Sua localização é na face norte e nordeste do recorte territorial.

Observa-se que a profundidade do nível da água varia entre 26 e 69 metros, também conta com uma camada de zona vadosa significativa que varia entre 27 e 60 metros, atuando possivelmente como camada atenuante no processo de recarga.

Além do mais observa-se nesta zona a recarga do aquífero reduzida, possivelmente pela presença de forte urbanização e solos muito compactados. Santos et al. (2016) em estudo realizado na área de afloramento do SAG em Ribeirão Bonito SP, identificaram que as áreas com baixa vulnerabilidade a contaminação estavam confinadas pelo sistema aquífero Serra Geral.

A segunda classe de vulnerabilidade com maior representatividade, foi a muito alta, com uma área de 2.410,2 ha (25,15%), ao observar os parâmetros DRASTIC e as classes de vulnerabilidade, constatou-se a prevalência dos parâmetros recarga do aquífero e nível freático como os principais na determinação da vulnerabilidade, também pode-se observar a forte influência do material do aquífero e da ausência da zona vadosa nas áreas de alta vulnerabilidade.

A vulnerabilidade média, representada no mapa pela cor amarela, corresponde a classe predominante, com uma área total de 4.870,37 ha, ou seja, mais da metade da área estudada. Observa-se que o parâmetro recarga do aquífero atribui a forma desta classe de vulnerabilidade, que abrange toda a área central ligando as regiões nordeste, noroeste e sudoeste do mapa.

Na área classificada como média vulnerabilidade, a profundidade do nível da água varia de 48 a 134 metros, reduzindo muito às chances de contaminação destes aquíferos. Entretanto o fato de haver uma camada de Basalto com forte presença de fraturas aumenta a chance de entrada de contaminantes, somando este fator à ocorrência da zona vadosa também ser constituída por basalto, esta área não possui ou possui pouca capacidade de filtrar os contaminantes no perfil vertical.

O mapa de vulnerabilidade se apresentou como uma ferramenta muito eficiente no planejamento urbano e territorial, pela apresentação espacializada e de fácil compreensão das informações produzidas. Meneses et al. (2009) relacionam a identificação das classes de vulnerabilidade obtidas em seu estudo ao crescimento urbano desordenado, no município de João Pessoa PB. O autor relaciona a pressão exercida pela expansão urbana com os impactos gerados às águas subterrâneas, ao fato que, tais atitudes, podem levar ao comprometimento ou esgotamento das águas subterrâneas como fontes de água alternativa para o futuro.

Guerreiro et al. (2017) propõe a espacialização das classes vulneráveis a contaminação como um instrumento aos gestores públicos, no sentido de subsidiar decisões voltadas ao ordenamento e planejamento territorial, visando implementação de práticas mais sustentáveis em conformidade com o meio físico. O autor aponta que a conservação das águas é o principal objetivo deste tipo de estudo, e recomenda a replicação de tais metodologias em demais áreas, principalmente onde ocorre afloramento de aquífero.

5.2 Usos da terra com risco de contaminação às águas

Segundo Foster et al. (1988) a vulnerabilidade à contaminação de um aquífero refere-se a sua maior ou menor suscetibilidade de ser atingido por uma carga contaminante atribuída. Diferentemente dos corpos de água superficiais, os aquíferos contam com camadas subterrâneas as quais lhe conferem proteção contra agentes externos. Após identificar as áreas com maior ou menor grau de vulnerabilidade à contaminação, deve-se considerar o modo de disposição do solo a mobilidade físico química e a persistência do poluente.

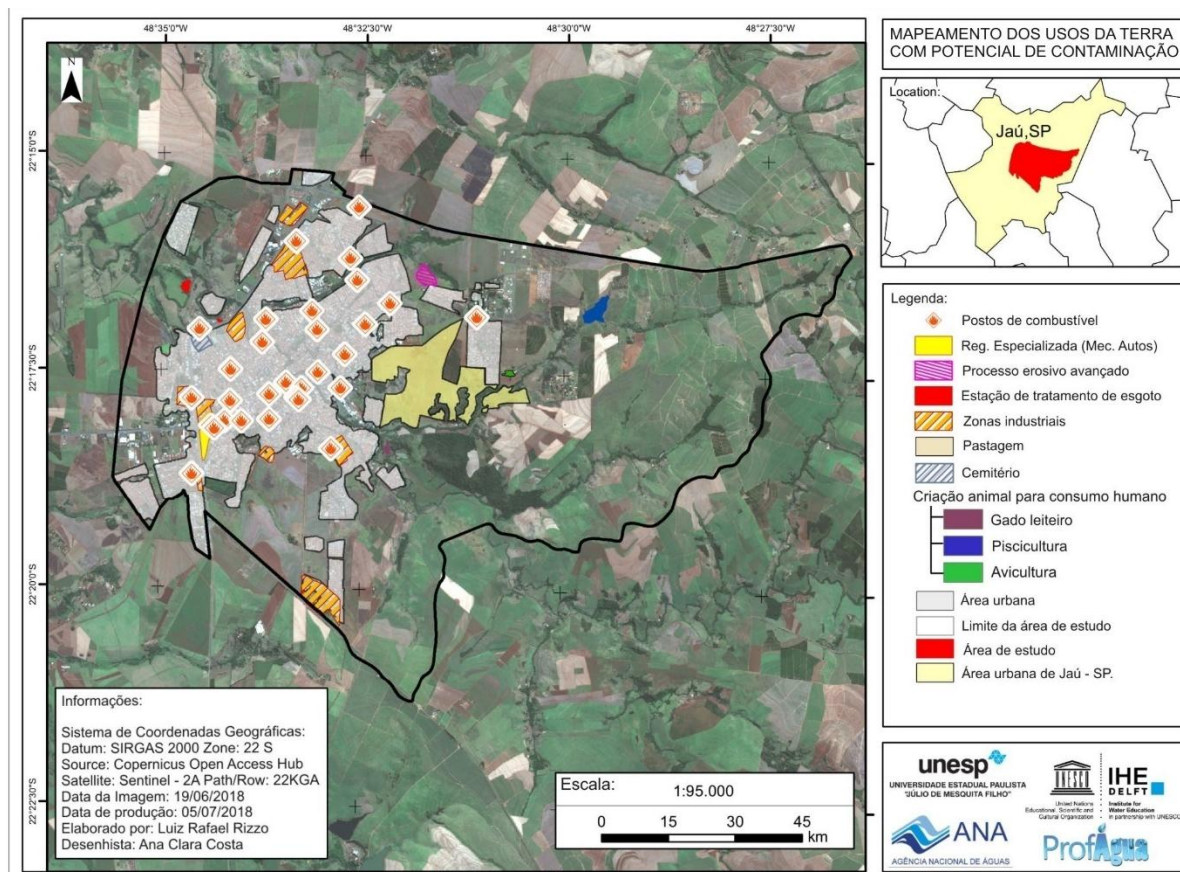
Deste modo, com a finalidade de auxiliar no planejamento e na elaboração de políticas que fortaleçam a preservação e o controle ambiental adequado, percebeu-se a necessidade de considerar a localização de empreendimentos e os demais usos da terra que representem potencial risco à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais na área de estudo.

A partir de uma imagem do satélite Sentinel 2-A, disponibilizada gratuitamente a partir da plataforma *Copernicus open Access Hub*, disponível em: (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), da ESA (*European Space Agency*) processada em ambiente SIG, realizou-se uma classificação com base em pesquisas de campo das disposições das principais áreas ou empreendimentos com potencial de poluição às águas subterrâneas e/ou superficiais.

Conforme Cutrim e Campos (2010) após classificar as fontes de poluição da área, denominado pelo autor como sendo um “inventário das atividades potenciais de contaminação” as mesmas devem ser plotadas no mapa do município e na sequência elaborar um mapa com a classificação das fontes de poluição, na mesma escala que o mapa de vulnerabilidade. Deste modo, visando a compatibilidade entre o estudo e a representação do espaço utilizou-se a imagem do dia 19 de junho de

2018, e posteriormente elaboraram-se mapas em escala 1/95.000 apresentando a disposição dos usos da terra que oferecem riscos de contaminação às águas (Figura 26).

Figura 26: Classificação dos usos da terra com potencial de contaminação das águas (Sentinel 2-A).



Os principais elementos identificados como potenciais poluidores na área de estudo foram:

- Atividades industriais urbanas (Produção de todas as etapas de componentes e calçados femininos em couro e sintético; metalúrgicas; cortume; usinagem para peças automotivas e industriais; serviços de mecânica para autos e maquinário agrícola de pequeno e grande porte; fabricas de roupas, incluindo estamparias e tingimentos de tecidos),
- Estações de tratamento de efluentes domésticos e industriais;
- Postos de combustíveis com estocagem subterrânea;
- Áreas de pastagens de animais de grande porte;
- Produção animal para consumo humano (bovinos, aves e peixes);
- Cemitério; e

- Áreas ambientais degradadas.

Para elaboração de mapas de áreas de risco à poluição das águas subterrâneas, foi necessária alguma generalização de espaços e dos usos deles decorrentes. Por exemplo, as zonas industriais em alguns pontos se misturam com zonas residenciais e pelo detalhamento das imagens, não foi possível realizar a separação destes usos. Estas áreas se não bem administradas e com monitoramento ambiental rigoroso, podem liberar substâncias de diversas naturezas, desde óleos e graxas à metais pesados, ou outros que causem danos significativos aos ambientes naturais, principalmente aos recursos hídricos.

5.2.1 Cruzamento de mapas (vulnerabilidade x riscos)

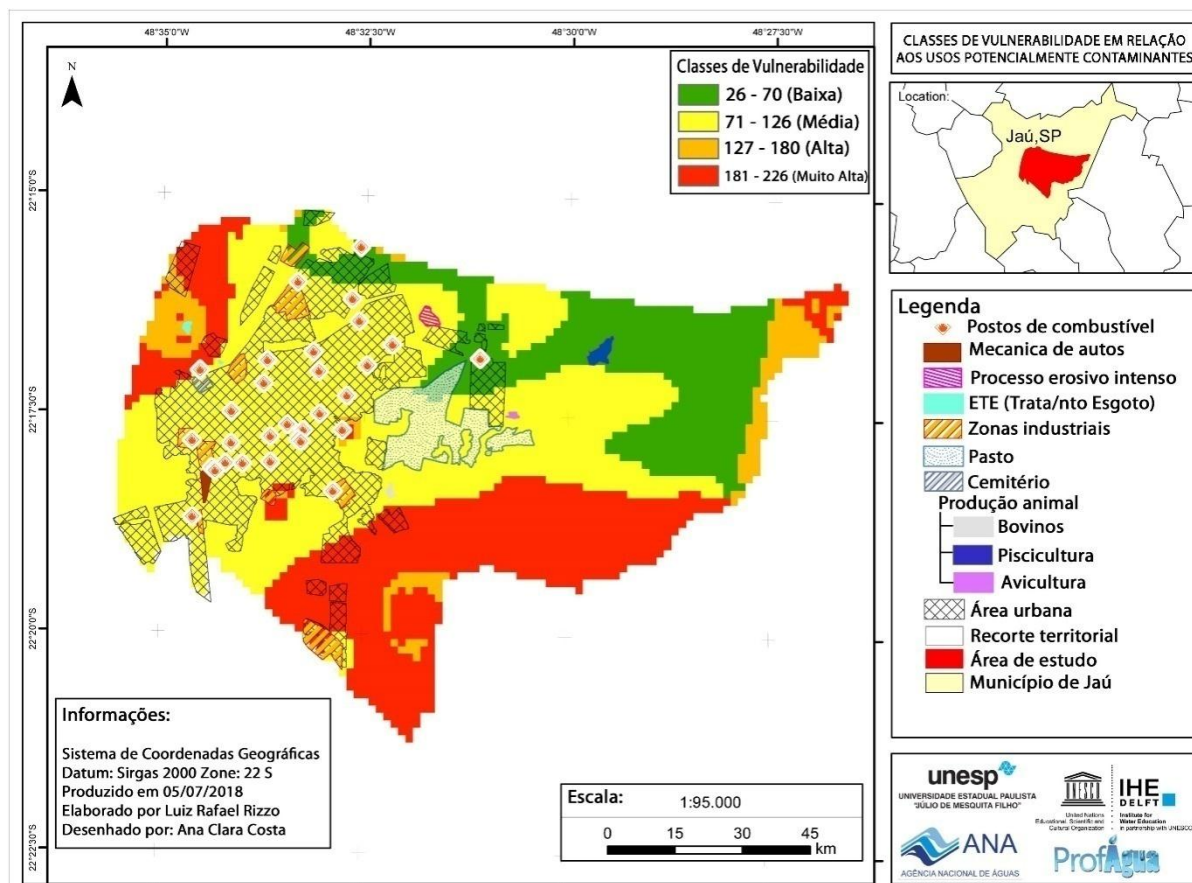
Após identificação das áreas de risco, o resultado foi incorporado à Tabela 16, em seguida foi elaborado um mapa de sobreposição, onde se cruzou as informações do mapa de potencial de contaminação ao mapa de vulnerabilidade, então se comparou os usos da terra com potencial de contaminação às áreas vulneráveis identificadas. Os resultados do cruzamento dos mapas podem ser verificados na Figura 27.

Tabela 16: Áreas de risco a contaminação dos recursos hídricos em Jaú - SP.

Elementos	Ocorrência	Localização
Postos de combustível	30	Espalhados pela área urbana;
Curral (Gado leiteiro)	1	Periferia da área urbana, próximo às captações no rio Jaú e córrego Santo Antônio;
Granja (Frango ou porco)	1	Micro Bacia do córrego Santo Antônio, a uma distância aproximada de 227 metros em linha reta do córrego;
Piscicultura	1	Micro Bacia do córrego Santo Antônio, a uma distância aproximada de 227 metros em linha reta do córrego;
Zonas industriais	9	Distribuídos pela área urbana, sempre próxima às áreas periféricas; estes centros industriais contemplam: Produção de calçados e componentes; usinagem; metalúrgicas; produção de vestuários e tingimentos; cortume; dentre outros.
Pasto	1	Grande vaziu urbano, a jusante da micro bacia do córrego Santo Antônio;
Cemitério	1	Na região Oeste do município, que corresponde a região Jusante do mesmo;
Estação de tratamento de esgotos	3	1 à jusante do município (Principal); 1 na região jusante, próxima ao cemitério (possivelmente desativada); 1 na região sul do município, no 7º distrito industrial (tratamento de efluente de cortume);
Processo erosivo intenso	1	Na face norte do município, processo erosivo intenso na cabeceira de uma das nascentes do córrego dos Pires.

Elaborado pelo autor.

Figura 27: Avaliação do uso da terra em comparação com as áreas vulneráveis.



Observa-se na Figura 28, que dos 30 postos de combustível, 2 estão instalados em áreas de alta vulnerabilidade, 2 estão em áreas de baixa vulnerabilidade e os 26 postos restantes estão dispostos sobre a região classificada com média vulnerabilidade.

Os postos de combustíveis foram classificados por Cutrim e Campos (2010) com moderado potencial de geração e carga contaminante, assim eles oferecem perigo à contaminação dos aquíferos principalmente se estiverem localizados nas áreas de média a muito alta vulnerabilidade dos aquíferos, entretanto, em locais com baixa ou insignificante vulnerabilidades, eles não oferecem grandes riscos.

As áreas industriais identificadas na imagem de satélite estão todas inseridas no recorte territorial de média vulnerabilidade, com exceção da área localizada na região sul, parcialmente inserida na área de alto risco a contaminação. A zona industrial inserida na área de alto risco a contaminação é a área industrial mais desenvolvida no município.

Ao sobrepor os mapas, constatou-se que a localização das três estações de tratamento de efluentes em Jaú, estão inseridas em áreas com vulnerabilidade média, alta e muito alta. A ETE municipal está localizada na zona de alta vulnerabilidade, a jusante do município, e o lançamento do efluente é realizado no trecho do rio Jaú enquadrado na classe 4.

A estação localizada na zona com vulnerabilidade muito alta é uma estação de tratamento de esgoto industrial, destinada a tratar o efluente gerado no processo produtivo de um curtume. Cutrim e Campos (2010) classificaram as ETEs com reduzida capacidade de geração de cargas contaminantes, devido ao espaço que ocupa ser normalmente menor que um hectare. Entretanto, mesmo havendo reduzida capacidade de gerar contaminação, as ETEs conferem perigo à qualidade das águas subterrâneas, por estar inserida em áreas de alta vulnerabilidade a contaminação, deve ter um monitoramento constante e rigoroso.

Além dos itens acima mencionados, também se identificou um processo erosivo intenso, localizado na área de baixa vulnerabilidade, região norte do mapa. O material transportado da região onde ocorre o processo erosivo, além dos impactos negativos provocados no local, como empobrecimento do solo e desconfiguração da paisagem, também transporta as partículas de solo para os corpos de água à jusante, acarretando no seu processo de assoreamento e redução da qualidade da água.

Rezende (2009) atribui como principais causas da aceleração dos processos erosivos, as mudanças nos fluxos de escoamento superficial e subterrâneo, que por sua vez, são decorrentes do desmatamento e dos usos da terra sem a aplicação de boas práticas agrícolas ou o manejo adequado das águas provenientes das chuvas na bacia. Os processos erosivos acarretam problemas de assoreamento nos corpos de água a jusante do ponto onde ocorrem as erosões, criando a necessidade de obras de caráter paliativo nos corpos hídricos, gerando impactos onerosos aos órgãos públicos e empresas privadas.

Os três empreendimentos com finalidade de criação de gado leiteiro, aves e peixes, estão inseridos na zona de média vulnerabilidade, próximo às captações de água do rio Jaú e do córrego Santo Antônio, somente a piscicultura está inserida em uma zona de baixa vulnerabilidade, no córrego Santo Antônio. Freitas (2015) evidencia que as atividades humanas voltadas a criação de animais, principalmente

aquelas por confinamento, devem ter um controle mais exigente, principalmente na disposição de resíduos.

Guerreiro et al. (2017) destaca que a presença de usos antrópicos em áreas classificadas com vulnerabilidade a contaminação altas ou muito altas oferecem grande perigo às águas subterrâneas, podendo afetar diretamente sua qualidade e consequentemente comprometer seus usos. Assim os autores recomendam a compatibilização do uso dos solos à atividades antrópicas sustentáveis, garantindo a operação contínua dos sistemas aquíferos, para as gerações presentes e futuras.

Empreendimentos com alto risco à geração de contaminantes para o ambiente, merecem maior atenção dos órgãos responsáveis pelo controle ambiental e de recursos hídricos, com foco em orientar e melhorar a sua operação, além de evitar contaminações difusas ou mesmo pontuais das águas subterrâneas e superficiais (FREITAS, 2015).

5.3 Averiguação da qualidade das águas

A qualidade das águas superficiais é verificada semestralmente pela concessionária local responsável pelo abastecimento público de água em Jaú, conforme exigido pela legislação vigente. Os laudos resultantes das análises foram cedidos para esta pesquisa.

Foi analisada a qualidade da água dos quatro corpos hídricos superficiais utilizados para abastecer o município de Jaú: o córrego João da Velha, represa São Joaquim, córrego Santo Antônio e rio Jaú. As coletas foram realizadas nos meses de junho e dezembro, dos anos de 2016 e 2017, contabilizando no total 16 laudos e dentre todos, somente 4 estão com todos os parâmetros 100% em conformidade com a legislação, os 12 restantes apresentam, ao menos, um parâmetro em desacordo.

Todas as análises foram realizadas em laboratório acreditado pela NBR ISO/IEC 17.025. Para as águas doces superficiais o escopo analisado foi a Resolução CONAMA n.º 357 de 2005 artigo 15, por se tratar de corpos de água superficiais lóticos (água corrente). Conforme apresentado na Figura 28 as captações e os pontos de coleta de água estão indicadas com os marcadores.

Figura 28: Classes dos corpos de água.



Fonte: Google Earth, elaborado pelo autor.

Os dados obtidos nos laudos estão apresentados nos sub-itens a seguir. As Tabelas 19a22 exibem os parâmetros que não estão em conformidade com a resolução CONAMA n.º 357/2005 por corpo hídrico. Só foram inseridos nas mesmas os parâmetros que estavam em inconformidade, uma vez que a resolução completa inclui mais de 100 parâmetros.

5.3.1 Córrego João da Velha

O córrego João da velha, está localizado na margem direita do rio Jaú e segundo o Decreto nº 10.755/1977 pertence à classe 2. Sua micro bacia possui uma área aproximada de 14,01 km², e seu canal principal possui aproximadamente 7 km de extensão, sua vazão na cheia é aproximadamente 170l/s e na estiagem 55l/s (REZENDE, 2009). A coleta foi realizada muito próxima à foz com o rio Jaú, deste modo os resultados apresentam todas as influências e possíveis impactos sofridos ao longo da bacia (Tabela 17).

Tabela 17: Parâmetros em inconformidade no córrego João da Velha.

Córrego João da Velha					
Parâmetros em desconformidade	20/06/2016	09/12/2016	20/06/2017	11/12/2017	V.M.P.
Alumínio Dissolvido (mg/l)	< 0,050	< 0,050	0,21	< 0,050	0,1
Ferro dissolvido (mg/l)	< 0,050	0,585	0,33	0,111	0,3
Fósforo total (mg/l) (ambiente lótico)	0,032	< 0,005	0,033	< 0,005	0,03
Coliformes Termotolerantes ou Escherichia Coli (UFC/100ml)	210	1400	500	3600	1000
Resíduos Sólidos Objetáveis (presença ou Ausência)	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	P/A

V.M.P. Valor Máximo Permitido.

Fonte: laudos acreditados pela IEC 17.025. Elaborado pelo autor.

Inicialmente foi realizada uma análise dos usos da terra na microbacia e constatou-se que a mesma não possui área urbana, sua nascente possui área de proteção permanente (APP), entretanto não possui mata ciliar preservada ao longo do canal principal. Em caracterização realizada por Rezende (2009) o autor também identificou que a bacia não possui a APP na maior parte das margens e que a bacia como um todo possui baixo índice de vegetação remanescente.

A partir da análise dos laudos concedidos pela concessionária municipal, foi constatado a existência de dois parâmetros que apresentaram mais de uma ocorrência: ferro dissolvido, presente em dezembro de 2016 e junho de 2017 e os Coliformes Termotolerantes que estiveram presentes na estação chuvosa, para os meses de dezembro de 2016 e 2017, indicando uma possível lavagem de fezes de animais para os córrego.

Freitas (2015) atribui a contaminação de recursos hídricos devido a alta concentração de produção animal na área estudada, o autor relaciona o

acondicionamento e destino dos resíduos dos animais, como de granjas, por exemplo, que são acumulados no solo sem proteção e posteriormente lixiviados pelas águas da chuva.

Os parâmetros Alumínio dissolvido, Fósforo total, e Resíduos sólidos objetáveis, foram identificados em apenas uma das amostras, presentes em baixa quantidade, mesmo assim merecem atenção e monitoramento. Os outros parâmetros, ao serem identificados de forma ocorrente, indicam uma fonte de contaminação pontual e permanente, criando a necessidade de um monitoramento mais rigoroso e frequente. Santos et al. (2010) recomendam que o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos é fundamental quando se deseja localizar e conhecer as fontes de poluição, além disso, para a elaboração de estratégias de controle apropriadas o conhecimento da qualidade das águas brutas e tratadas é fundamental.

5.3.2 *Córrego Santo Antônio*

A bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio, possui uma área aproximada de 23,37 km², em sua face sul faz divisa com a micro bacia do córrego João da velha, o canal principal tem 11,8 km de comprimento, no período de seca sua captação chega a ser total, variando entre 88 l/s na seca e 267 l/s no período de chuvas (REZENDE, 2009). Em análise da imagem de satélite (Figura 26) foi identificada a presença de áreas urbanas na região central próxima a foz da bacia, duas unidades de produção animal, sendo uma de aves e uma piscicultura, ambas na margem direita do córrego, além do cultivo intensivo de cana de açúcar em toda a bacia e em menor representatividade o cultivo de macadâmia, Abacate e Café.

Nota-se que as matas ciliares não estão completamente preservadas ao longo do corpo hídrico, reduzindo a capacidade de autoproteção do mesmo. Por outro lado, a região da foz do córrego Santo Antônio é ocupada por uma área significativa do maior remanescente florestal do município, localizado na Fazenda Amadeu Botelho. Na Tabela 18, estão apresentados os parâmetros em inconformidade nas análises.

Tabela 18: Parâmetros em Inconformidade no córrego Santo Antônio

Córrego Santo Antônio					
Parâmetros em desconformidade	20/06/2016	09/12/2016	20/06/2017	11/12/2017	V.M.P.
Ferro dissolvido (mg/l)	0,273	0,685	0,19	0,148	0,3
Cor verdadeira (UC)	13	144	35	23	75
Coliformes Termotolerantes ou Escherichia Coli (UFC/100 ml)	120	2800	1.300.000	3300	1000
Resíduos Sólidos Objetáveis (presença ou Ausência)	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	P / A

V.M.P. Valor máximo permitido.

Fonte: laudo acreditado pela IEC 17.025. Elaborado pelo autor.

Ao constatar os laudos verificou-se que houve chuva nas 48 horas antes da coleta do dia 09/12/2016 e não houve chuva nas coletas de Junho e Dezembro de 2017, para a coleta realizada em junho de 2016 os laudos não informam se houve ou não a presença de chuvas. Os dados de precipitação foram confirmados junto às informações concedidas pela Estação Hidrometeorológica da Fatec Jahu.

Em relação aos parâmetros identificados fora dos padrões permitidos, observou-se a ocorrência do Ferro dissolvido e da cor, no mês de dezembro de 2016, ambas com resultados duas vezes maiores que o Valor Máximo Permitido (V.M.P). Os parâmetros Resíduos sólidos objetáveis estiveram presentes em uma única ocorrência, no mês de Junho de 2017. Segundo Sangel de Oliveira e Cavalcanti da Cunha (2014) o Ferro em altas concentrações pode influenciar na cor da água, apesar de não ser considerado um Elemento Potencialmente Tóxico (EPT), pode interferir no sistema de abastecimento de água.

Sangel de Oliveira e Cavalcanti da Cunha (2014) investigaram a correlação da precipitação e a qualidade da água no sul do Amapá, e como conclusão as autoras demonstraram que os parâmetros: Cor; Ferro; Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli, são fortemente influenciados pela precipitação, sendo as ultimas fator determinante do ecossistema e suas boas condições sanitárias, independente de serem fontes de poluição pontuais ou difusas.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 as Bactérias Coliformes do grupo Termotolerantes, são do tipo gram-negativas, sempre no formato de bacilos, axidase-negativas, estas bactérias possuem a habilidade de crescer em ambientes que contenham agentes tenso-ativos e fermentam a lactose nas temperaturas entre

44° e 45° C, produzindo ácido, gás e aldeído. Caracterizam a contaminação por material fecal humano ou animal, pois estão presentes em animais homeotérmicos (sangue quente).

Ao considerar os laudos percebeu-se uma importante fonte de contaminação fecal no córrego Santo Antônio, nas três análises realizadas no período de dezembro de 2016 até dezembro de 2017, houve ocorrência frequente deste contaminante biológico. Na coleta realizada em Junho de 2017, os valores identificados foram extraordinariamente altos, estando completamente fora dos padrões permitidos pela legislação.

Observou-se a Figura 26, a presença de 2 importantes usos com potencial de contaminação por bactérias da classe termotolerantes. Na margem direita no córrego Santo Antônio foi constatado a presença de uma granja de criação de aves em confinamento e próximo a fôzno rio Jaú existe a criação de gado leiteiro, a presença destes dois empreendimentos, sugere uma contaminação pelas fezes dos mesmos que possivelmente se intensificou com olixivamento provocado pelo escoamento das águas pluviais.

Ao correlacionar os dados de precipitação com a presença de coliformes termotolerante nas águas, percebeu-se uma forte tendência de haver uma diluição do contaminante no rio, uma vez que na ausência de chuva ocorreu o valor mais alto para o contaminante biológico, enquanto nos meses de dezembro de 2016 e 2017 respectivamente, os valores correspondentes a presença de coliformes foi inversamente proporcional a quantidade de chuvas, ou seja, quanto maior o volume de chuvas, menor o valor para coliformes termotolerantes.

Na análise do Índice de Qualidade da Água (IQA) realizado por Ribeiro (2018) na bacia do São José dos Dourados a autora comparou a presença de coliformes termotolerantes presentes nas análises com os dados de precipitação local, e constatou que no momento de baixa precipitação o volume de água do rio diminuiu e este fator associado ao lançamento de efluente da ETE de Monte Aprazível, observou-se um aumento nas concentrações de *Escherichia Coli* na água.

Segundo Amaral et al. (2003) esse tipo de resultado negativo, evidenciam os riscos à saúde proporcionado por este tipo de fonte. E propõe a aplicação de medidas que visem o tratamento adequado e a apresentação da qualidade microbiológica da água.

Nestes casos, é de extrema importância realizar o monitoramento continuado dos parâmetros em inconformidade, principalmente nos que ocorrem mais de uma vez, pois indicam uma fonte contínua de poluição, no caso de contaminação pelas atividades de agropecuária, existem muitas técnicas e boas práticas que ao serem aplicadas impedem a contaminação dos corpos de água e garantem a sustentabilidade do negócio.

5.3.3 *Rio Jaú*

Observa-se na imagem de satélite classificada com os riscos à contaminação das águas (Figura 26), que os pontos de captação da água para abastecimento público no município de Jaú, encontram-se a montante da malha urbana do município. Este fato pode ser um fator muito positivo para a qualidade da água, pois até a captação, o rio não sofreu ou sofreu pouco, os impactos decorrentes da urbanização.

Entretanto observa-se que muito próximo à captação, existe uma área de intenso manejo de gado leiteiro, o que pode representar um sério risco à qualidade das águas, no caso de não haver as devidas proteções e cuidados as águas pluviais podem arrastar os dejetos dos animais para o corpo de água.

Pode-se observar na Tabela 19, que 4 dos 11 parâmetros em inconformidade identificados ao longo dos dois anos analisados, apresentaram apenas uma ocorrência, o que indica uma contaminação pontual, ou seja, possivelmente não ocorre de forma contínua, o que não descarta a possibilidade de uma nova coleta de confirmação imediatamente após a verificação dos resultados.

Tabela 19: Parâmetros em inconformidade no rio Jaú.

Rio Jaú					
Parâmetros em desconformidade	20/06/2016	09/12/2016	20/06/2017	11/12/2017	V.M.P.
Alumínio Dissolvido (mg/l)	0,248	0,95	0,11	< 0,050	0,1
Ferro dissolvido (mg/l)	1,55	2,8	0,29	0,195	0,3
Fósforo total (mg/l) (ambiente lótico)	0,34	0,151	0,021	0,045	0,1
Turbidez (NTU)	16	530	11	7,3	100
Cor verdadeira (UC)	43	626	45	25	75
Cobre dissolvido (mg/l)	< 0,005	0,01	< 0,005	0,005	0,009
Manganês (mg/l)	0,036	0,381	0,04	0,029	0,01
Coliformes Termotolerantes ou Escherichia Coli (UFC / 100 ml)	630	8.700	1.400	6.800	1000
Resíduos Sólidos Objetáveis (presença ou Ausência)	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	P/A

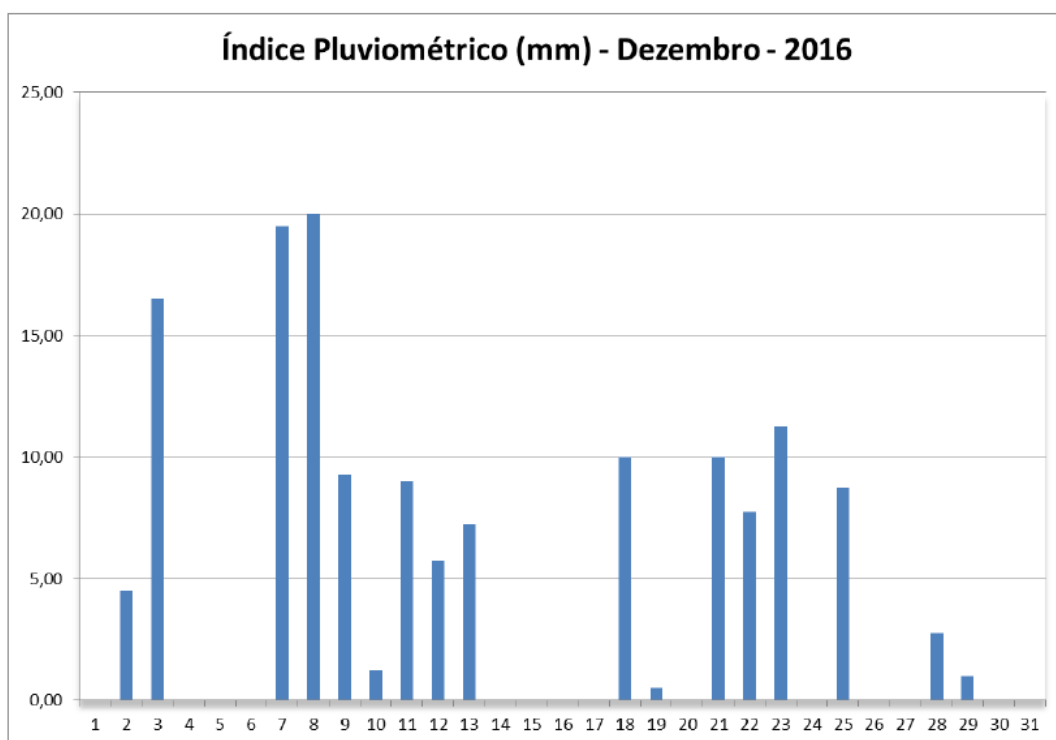
V.M.P. = Valor Máximo Permitido.

Fonte: Laudos acreditados pela IEC 17.025. Elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 19 os parâmetros de Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido e Fósforo total, podem estar correlacionados às águas provenientes dos tributários do rio Jaú, das interferências causadas pelos usos da terra fora da área de estudo, pelo tipo de solo e demais usos na bacia. Sua observação deve ser contínua e cabe aos usuários o monitoramento continuado destes parâmetros.

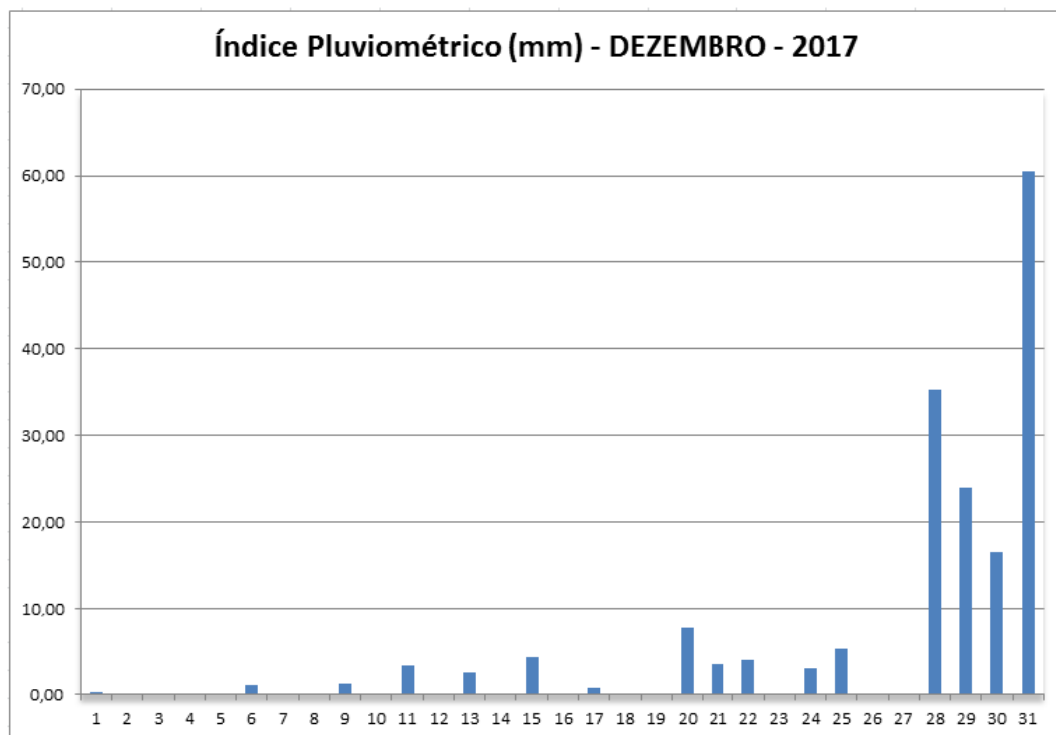
Percebeu-se também que na coleta realizada no dia 09 de dezembro de 2016, houve um grande número de parâmetros em inconformidade, indicando a ocorrência de um evento impactante para a qualidade das águas. Visando a investigação do evento, verificou-se os laudos analíticos e foi constatado a presença de chuvas no ano de 2016 e a ausência de chuvas no ano de 2017 (Figuras 29 e 30).

Figura 29: Precipitação de Dezembro de 2016.



Fonte: Estação Meteorológica da Fatec jaú.

Figura 30: Precipitação de Dezembro de 2017.



Fonte: Estação meteorológica da Fatec jaú.

A partir da verificação dos gráficos de precipitação para o mês de dezembro dos anos de 2016 e 2017 (Figuras 29 e 30), constatou-se que nas 72 horas antecedentes da coleta de dezembro de 2016 precipitou o volume aproximado de 50 mm, quantidade muito alta que justifica os resultados alterados das análises. Para a coleta de dezembro de 2017, houve uma precipitação de 4,5 mm, volume precipitado relativamente baixo, se comparado ao ano anterior. Porém, a baixa precipitação na última coleta não descarta a possibilidade de ter ocorrido o lixiviamento das fezes dos animais presentes no solo para o corpo hídrico

De Paula et al. (2016) realizaram um estudo comparativo através da integração dos sistemas aquático e terrestre com a precipitação e constataram significativas alterações na propriedade das águas do rio Itaguaí, RS – Brasil. Ao atribuir forte interação dos usos da terra, principalmente de fontes difusas, devido a grandes áreas destinadas a agricultura e solos expostos, estes fatores foram então associados à precipitação. Segundo os autores a maior influencia foi a variação dos parâmetros limnológicos, em menor ou maior aporte de sedimentos e nutrientes carreados para o corpo hídrico.

Ao somar os fatos, há uma forte evidência que ocorreu o lixiviamento de material fecal de animais de sangue quente no corpo hídricos no momento da precipitação nos dois anos. Outro fator que pode estar relacionado ao aumento exponencial de coliformes termotolerantes é o lançamento clandestino de efluentes no rio, em escala esporádica.

Segundo Malheiros et al. (2009) a contagem elevada de microrganismos, principalmente do grupo coliformes, ameaça a qualidade da água, principalmente para o consumo direto da população humana, tanto usos nobres, como usos menos nobres. As autoras associam a contaminação a muitos fatores, como a localização das fontes de água, atividades de criação de animais nas proximidades e plantio agrícola, infiltrações, escoamento superficial, localização em áreas baixas da cidade, e outros.

A presença deste parâmetro em quantidade tão alta, impede o contato direto da população com o rio, segundo a resolução CONAMA n.º 357 de 2005 os corpos de água de classe 2, devem permitir atividades de recreação de contato primário, como por exemplo: natação, esqui aquático e o mergulho (BRASIL, 2005). As condição de contaminação por coliformes termotolerantes, impedem a utilização

plena do rio que a população tem direito, além é claro de interferir negativamente no abastecimento público do município.

No mês de dezembro de 2016, foi gravada com alguns munícipes de Jaú, uma entrevista com o roteiro de perguntas fechada e respostas abertas, com as perguntas:

“Qual o Rio que temos?”

“Qual o Rio que queremos?”

“Qual o Rio que podemos ter?”

Para conhecer a percepção de alguns cidadãos de Jaú, a entrevista está disponibilizada na plataforma do youtube.com, com o nome “Rio Jau – Jaú - SP”, ou através do link: <https://www.youtube.com/watch?v=K6bkzJFG228&lc=z23cirkj0wv0gdm3tacdp433vkdxvtnwlthdlh0yajhw03c010c>.

5.3.4 Represa São Joaquim

A represa São Joaquim possui uma característica peculiar em relação às outras fontes utilizadas no abastecimento público em Jaú, seu fluxo é interrompido por uma barragem e toda a água é captada, impedindo que as suas características sejam transferidas para o rio principal, foi identificado no Software Google Earth uma imagem do dia 17 de Junho de 2016, Figura 31 (três dias antecedentes à realização da primeira coleta).

Ao analisar a imagem de satélite, observou-se que a única atividade exercida nesta micro bacia é a produção de cana de açúcar, mais a presença de uma única propriedade rural localizada no centro oeste da mesma. A represa está localizada próxima a sua foz, e possui mata ciliar preservada na margem direita e pouco preservada na margem esquerda. Os valores relativos aos parâmetros em inconformidade estão apresentados na Tabela 20.

Figura 31: Imagem aérea da represa São Joaquim.



Fonte: Google Earth, Acesso em: Julho de 2018. Elaborado pelo autor.

Tabela 20: Parâmetros em Inconformidade na represa São Joaquim.

Represa São Joaquim					
Parâmetros em inconformidade	20/06/2016	09/12/2016	20/06/2017	11/12/2017	V.M.P.
Fósforo total (mg/l) (ambiente lótico)	0,1	0,015	< 0,005	< 0,005	0,01
Nitrogênio Amoniacal total (mg/l)	18,4	0,128	0,07	< 0,055	3,7 (pH≤7,5) 2,0(7,5<pH≤8,0) 1,0(8,0<pH≤8,5) 0,5 (pH>8,5)
pH	7,27 a 21°C	8,23 a 25,9°C	8,02	9,37 à 26,3°C	6 a 9

V.M.P. = Valor Máximo Permitido.

Fonte: Laudos acreditados pela ISO/IEC 17.025. Elaborado pelo autor.

Ao observar a Tabela 20, na análise realizada em 20 de Junho de 2016 o Nitrogênio amoniacal, que de acordo com o pH (7,27), deveria estar no máximo a 2,0 mg/l, entretanto o valor encontrado supera 18 mg/l indicando estado de eutrofização avançado da água. Segundo De Paula et al. (2016) a eutrofização é um

indicador referente ao crescimento de algas e cianobactérias nos corpos de água, e tem como causas principais o aumento de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

De acordo com Ribeiro (2018 *apud* CETESB,2016) a concentração do nitrogênio amoniacal é um parâmetro muito relevante para controle das águas naturais, a amônia é tóxica e pode restringir a vida de muitas espécies de peixes, sendo que muitas delas não suportam concentrações a partir de 5 mg/l, além disso, este parâmetro também reduz a disponibilidade de Oxigênio dissolvido no corpo hídrico, uma vez que ocorre a oxidação biológica do Nitrogênio.

De acordo com Monteiro et al. (2008) um dos principais fatores que causam a eutrofização de rios e lagos é a fertilização com compostos nitrogenados, estes são aplicados nas culturas agrícolas, e uma parte é incorporada pelas plantas e pelos solos, uma outra parte volatiliza na forma de gases amoniacos, e outra parte é lixiviada ou escoado para mananciais de águas subterrâneas ou superficiais.

Assim temos como grandes complicações do processo de eutrofização a possibilidade de uma super colônia de cianobactérias, potencialmente tóxicas, podendo alterar gravemente a qualidade das águas, principalmente para o abastecimento público (BARRETO et al., 2013).

Ao analisar os valores encontrados, mesmo que ambos tenham se apresentado somente em uma ocorrência, não se pode desconsiderar a relevância dos valores identificados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em reflexo aos objetivos definidos e de acordo com os resultados obtidos e as condições sob as quais decorreram a evolução deste estudo, conclui-se que:

O recorte territorial estudado foi relativamente pequeno se comparado ao tamanho total da bacia hidrográfica do rio Jaú, porém, este fato enriqueceu os detalhes e proporcionou melhores resultados, visto que foi possível identificar elementos na paisagem que uma escala maior não permitiria.

Em razão da lógica utilizada pelo método DRASTIC, o mapa de vulnerabilidade apresentou de forma eficiente/eficaz as áreas onde a água encontra maior facilidade para transportar os poluentes através do perfil vertical, seja pela pequena distância entre o nível do solo até o nível freático, ou pela ausência de uma zona vadosa ou solo que forneçam alguma proteção para o aquífero, e de acordo com esta característica conferiu uma classe de vulnerabilidade a estas áreas.

A utilização de imagem de satélite de alta resolução foi muito importante para a identificação dos elementos com potencial de contaminação dos recursos hídricos e seu uso somado às técnicas de geoprocessamento permitiu a obtenção de resultados adequados na elaboração do material cartográfico, o que possibilitou identificar as áreas prioritárias para ações de diagnóstico, planejamento, manejo e conservação dos recursos hídricos.

O controle da qualidade da água, a partir da análise semestral exigida pela Resolução CONAMA 357/2005, foi primordial, pois possibilitou a identificação da qualidade das águas dos mananciais estudados, ainda que bem preservados, apresentam contaminações de origem biológica séria, deixando o corpo hídrico em desacordo com a qualidade padrão exigida para o seu enquadramento (Classe 2).

A integração das três metodologias de pesquisa aplicadas neste estudo permitiu a compreensão da conjuntura dos recursos hídricos. A análise dos usos antrópicos georreferenciados e inseridos como um elemento pertencente ao ciclo natural, facilitou o entendimento de que os usos da terra e o manejo das águas estão conectados diretamente à vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

A disponibilidade de dados de boa qualidade e somados com o uso das geotecnologias, possibilitam a realização de muitos estudos e investigações da conjuntura dos recursos hídricos. Entretanto coletar dados somente a partir destas

fontes pode gerar resultados com baixo grau de precisão. Assim, recomenda-se outras análises da vulnerabilidade antes de uma decisão final a respeito da definição das áreas vulneráveis, inclusive a aplicação de outros métodos com a coleta de dados mais específicos e focados na área de estudo, incluindo alteração dos pesos e das classes dos parâmetros utilizados no método DRASTIC conforme as necessidades locais.

A compreensão do processo completo do ciclo hidrológico incluindo as atividades antrópicas como parte deste ciclo torna o planejamento e a gestão mais fácil e clara. E quanto mais detalhado for o entendimento do processo e os impactos das nossas ações neste ciclo, se torna natural a implantação de ações sustentáveis, inserindo relações vantajosas entre os humanos e o meio ambiente.

Os municípios se beneficiam ao realizar ajustes no marco regulatório, para os setores agrícola, indústria, habitação e saneamento básico, direcionando a ocupação em áreas favoráveis à conservação do patrimônio natural.

Com base nos resultados obtidos e nas conclusões alcançadas nesta pesquisa, este trabalho deixa como sugestão a implantação de programas de produção de águas para as propriedades instaladas nas microbacias dos mananciais utilizados para abastecimento público em Jaú, que são os córregos: São Joaquim, João da Velha e Santo Antônio.

Os programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) são fundamentados em parcerias público-privada, e promovem a conservação e o armazenamento natural da água para abastecer as populações em períodos de estiagem e secas extremas.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de estudos específicos de precipitação e recarga nas bacias dos córregos supracitados, com o foco na contabilização dos benefícios da implantação do sistema de PSA nas microbacias do município de Jaú.

O papel do homem inserido como uma nova fase do ciclo hidrológico, pode levar a resultados diferentes de acordo com as ações que desempenhamos. A água é o recurso prioritário e fundamental para dar suporte a todas as outras atividades humanas e deve ser tratada com tal prioridade.

REFERENCIAS

ALLER, L. et al. *DRASTIC: a standardized system for evaluating ground-water pollution potential using hydrogeologic settings*. Oklahoma: U.S Environmental Protection Agency, 1987. 622 p.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J. H.; PETTY, R. J. *DRASTIC - a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. environmental protection agency, U.S. environmental protection agency report*. EPA/600/2-85/018. Washington, D.C. 1985. Disponível em: <http://www.epa.gov/nscep/index.html>. Acesso em: 15 abr. 2017.

AMARAL, L. A. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, p. 510-514, 2003.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANA, 2013.121 p. (Caderno de capacitação em recursos hídricos, 3).

ANA – Agência Nacional das Águas. **Caderno de capacitação em recursos hídricos: o comitê de bacia hidrográfica prática e procedimento**. Brasília, DF: ANA, 2011. 81.p. V. 2.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Sistema de informação na gestão das águas, conhecer para decidir**. Brasília, DF: ANA, 2016. 144 p. (Caderno de capacitação em recursos hídricos, 8).

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasília). **Água subterrânea**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea#wrapper>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Brasília: ANA, 2013. 68 p. (Caderno de capacitação em recursos hídricos, 5)

BARRETO, L. V. et al. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2167, 2013.

BATISTA, C. S. P. et al. **Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica**. Águas Subterrâneas, 2017. Disponível em: http://www.abas.org/xixcabas/anais/102292_113_Artigo_CABAS_Carla_Gabriela.pdf Acesso em: 16 jan. 2019.

BORGES, V. M.; ATHAYDE, G. B.; REGINATO, P. A. R. Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná–Brasil. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 327-337, 2017.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org). **Águas doces**

no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. Cap. 5. p. 145-160.

BRASIL. Constituição da Republica Federativa do Brasil. Lei nº 9.433 de 8 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 22 maio 2018.

BRASIL. CPRM. **Serviços geológicos do Brasil:** SIAGAS. 2018. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php. Acesso em: 25 jun. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 25 jul. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 20 set. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução Conama.** Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 09 maio 2018.

BRAZ, A. M. et al. Manejo e capacidade de uso das terras aplicando geotecnologias na bacia hidrográfica do córrego Lajeado Amarelo–Três Lagoas/MS. **Cerrados**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 237-264, 2017.

CANTADOR, D. C.; FONSECA MATIAS, L. Aplicabilidade de geotecnologias para subsidiar a gestão dos recursos hídricos em Americana (SP). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 1, 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/3213/321351023012/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

CIVITA, M. **Le Carte della Vulnerabilità degli acquiferi all inquinamento:** teoria and pratica. Bologna: Pitagora Editrice, 1994.

CPTI – TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO. **Relatório Técnico - nº. 402/08.** Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7354/c_revisao-do-plano-de-bacia-ugrhi-13.pdf. Acesso em: 03 jan. 2018.

CUNHA KEMERICH, P. D. et al. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro em Santa Maria–RS. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, 2011.

CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. Aplicação dos métodos Drastic e Posh para a determinação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 127-142, 2010.

DE PAULA, M. R.; BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA FILHO, W. Influência do uso e cobertura da terra aliado à precipitação pluviométrica na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí–RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 32, p. 143-152, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/119330>. Acesso em: 16 jan. 2019.

FADUL, É.; VITÓRIA, F. F. T.; CERQUEIRA, L. S. A Agência Nacional de Águas e a regulação recursos hídricos. In: ENCONTRO DA ANPAD-EnANPAD, 37, 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANA, 2013. v. 2013, p. 315-330, 2013. Disponível em: http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_APB1501.pdf. Acesso em: 16 jan. 2019.

FEITOSA, F. A. C. MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM; Universidade Federal do Pernambuco, 2000. 391 p.

FERREIRA, G. T. **O uso de técnicas geoestatísticas para o mapeamento da vulnerabilidade natural do Aquífero Guarani em área de recarga**: aplicação na região de Ribeirão Bonito-SP. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110574/000789946.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jun. 2018.

FOSTER, S. et al. **Groundwater quality protection**: a guide for waterservice companies, municipal authorities and environmentagencies. GWMATE. Washington, DC: World Bank, 2002. 101 p.

FOSTER, S. S. D. et al. **Protección de lalacidaddel água subterrânea**: guia para empresas de água, autoridades municipales y agencias ambientales. [S.l.]: Ediciónenespañol, 2003. 115 p.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; ROCHA, G. A. Riscos de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, 1988, [São Paulo]. **Anais [...]**. [São Paulo]: ABAS, 1988. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22664>. Acesso em: 16 jan. 2019.

FOSTER, S. S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS), 1988.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Água subterrânea**. São Paulo: Instituto Água Sustentável, 1979. 698 p.

FREITAS, J. L. M. **Avaliação preliminar da contaminação do aquífero Bauru em um município com vocação para avicultura**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123822/000828585.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jan. 2019.

GUERRERO, J. V. R. et al. Potencial de contaminação de aquíferos na bacia do córrego do Gouveia, São Paulo. **Acta Brasiliensis**, Campina Grande, v. 1, n. 3, p. 1-7, 2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/57>. Acesso em: 28 set. 2018.

HIRATA, R. ;FERNANDES, A. Vulnerabilidade à poluição de aquíferos. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

HIRATA, R. A proteção das águas subterrâneas no Estado de São Paulo e o desenvolvimento sustentado. In: SEMINÁRIO CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO. **Anais [...]** São Paulo, 1997. p. 118-129.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G. OLIVEIRA, F. R. Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B (Org). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p.145 - 161.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área dos municípios**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm. Acesso em: 02 jan. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área dos municípios**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jau/pesquisa/23/25888?detalhes=true> Acesso em: 02.11.2017.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 27-42, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-84-00027.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

MALHEIROS, P. S. et al. Contaminação bacteriológica de águas subterrâneas da região oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 305-308, 2009.

MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas**: conceitos e aplicações sobre uma visão multidisciplinar. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 388 p.

MARTINS, A. P.; ASSUNÇÃO, W. L. **O uso de geotecnologias na gestão e manejo dos recursos hídricos**: o projeto cachoeira legal – Itapagipe, MG. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia – Universidade Federal de Goiás, 2008. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Usoderecursos/56.pdf>. Acesso em: 19 maio 2018.

MELO JUNIOR, H. R. Método DRASTIC: uma proposta de escala para normatização dos índices finais de vulnerabilidade. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, 2008.

MENESES, L. F. et al. Elaboração de mapa de vulnerabilidade dos aquíferos superiores no município de João Pessoa-PB através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Tecnológica**, Fortaleza, v. 30, n. 1, p. 123-132, 2009.

MIRANDA, M. J. **A classificação climática de Koëppen para o estado de São Paulo.CEPAGRI**. Campinas, 2017. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acesso em: 02 jan. 2018.

MONTEIRO, J. M.; VEIGA, L. B. E.; COUTINHO, H. L. C. **Indicadores de desenvolvimento sustentável para avaliação de impactos associados à expansão da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis**: uma análise baseada nos indicadores de desenvolvimento sustentável da União Europeia. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE PESQUISA EM INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE-WIPIS, 2, 2008, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: EESC/USP, 2008. p. 130-144., 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148255/1/artigo-11f.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

MURADÁS, K.; WOJAHN, D.; WÖHL COELHO, O. G. Levantamento de dados geomorfológicos e hidrogeológicos para mapeamento de vulnerabilidade de contaminação do Aquífero Guarani nos municípios de Portão e Estância Velha/RS utilizando o método DRASTIC. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 172- 194, 2010.

NOVAES, C. P. ;PERUSI, M. C. **Análise do grau de risco a enchente**: o caso da sub-bacia do córrego Morumbi, Piracicaba/SP. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE VULNERABILIDADE E RISCOS SOCIOAMBIENTAIS, 2014, Rio Claro. **Anais [...]**. Rio Claro: Unesp/IGCE, 2014. p. 37-43.
OLIVEIRA, C. M. Instrumentos da política nacional de recursos hídricos do Brasil. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; WENDLAND, E. **Bacia hidrográfica**: diversas abordagens em pesquisa. São Carlos: Rima, 2004. p. 351-366.

PAES, C. O.; MANZIONE, R. L. Modelagem espacial de áreas de recarga subterrânea em região de afloramento do sistema Aquífero Guarani (SAG), em Brotas/SP. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 28, n. 2, p.1-30, 2014. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28455/18506>. Acesso em: 10 jun. 2018.

PIROLI, E. L. **Água por uma nova relação**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016. 144 p.
POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 272 p.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.
REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

REZENDE, J. H. **Análise fluviológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaú - SP**. 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1641>. Acesso em: 10 jan. 2018.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. 2011. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 25, n. 1, 91-102, 2011. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/19366>. Acesso em: 16 jan. 2019.

RIBEIRO, L. G. **Qualidade e ecotoxicidade da água da bacia hidrográfica do RIO São José dos Dourados - SP**. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154484/ribeiro_lg_me_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 09 set. 2018.
RIO Jau. Direção de Luiz Rafael Rizzo. **Jaú - SP**: produção independente, 2017. (10 min.), som. Color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=K6bkzJFG228>. Acesso em: 27 out. 2018.

SANGEL DE OLIVEIRA, B. S.; CAVALCANTI DA CUNHA, A. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Ambiente&Água Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n2/v9n2a08.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SANTOS, P. P. et al. Qualidade microbiológica de afluentes e efluentes de estações de tratamento de água e esgoto de Goiânia, Goiás. **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, 173-187, 2010. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/xmlui/bitstream/handle/ri/181/QUALIDADE%20MICROBIOL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SANTOS, R. G.; MARQUES, M. L.; STURARO, J. R. Geoprocessamento aplicado a análise do índice de vulnerabilidade DRASTIC no sistema aquífero guarani em ribeirão bonito - sp. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p.391-406, 2016. Disponível em: <http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/897/931>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL - CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** - SIAGAS. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>. Acesso em: 10 maio 2018.

TANAJURA, D. S.; LEITE, C. B. B. Quantificação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas da sub-bacia hidrográfica Jacaré-Pepira/SP. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 306-325, 2016. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28507/18575>. Acesso em: 05 jun. 2018.

TUNDISI, J. G.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. C. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org). **Águas doce no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. Cap. 23. p. 739-748.

VENIZIANI JUNIOR, J. C. T. **As relações entre precipitação, vazão e cobertura vegetal nas sub-bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jaú**. 2018. 202 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154126>. Acesso em: 07 jul. 2018.

ANEXOS

1 – Exemplo de documento de perfuração de poço (SIAGAS / CPRM).



Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 3500003722	UF: SP	Município: Jau	Localidade: RUA GOMES BOTAO, 785		
Perfil Construtivo					
Gerais					
Dados Gerais:					
Nome:	04-JU-02-SP				
Data da Instalação:	01/01/1988				
Proprietário:					
Natureza do Ponto:	Poço tubular				
Uso da água:	Abastecimento urbano				
Cota do Terreno:	540.00				
Localização:					
Localidade:	RUA GOMES BOTAO, 785				
UTM (Norte/Sul):	7531350				
UTM (Leste/Oeste):	750950				
Latitude (GGMSS):	221818				
Longitude (GGMSS):	483350				
Bacia Hidrográfica:	Rio Parana				
Subbacia Hidrográfica:	Rios Parana, Tiete e outros				
Situação:					
Data:	21/08/1996				
Situação:	Equipado				
Construtivos					
Perfuração:					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
20/11/1987	0.00	530.00	CPRM	Rotativo	
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
0.00	29.70	26	660.4000		
29.70	530.00	17 1/2	444.5000		
Revestimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
0.00	29.70	Aço com costura	20	508.0000	
257.01	281.70	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
287.80	335.94	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
354.24	359.99	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
378.26	383.99	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
390.09	396.16	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
402.26	408.19	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
414.29	420.34	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
426.44	431.62	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
443.82	449.90	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
456.00	462.04	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
468.14	473.96	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
480.06	486.13	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
492.23	498.30	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
504.40	509.40	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
521.60	526.88	Aço sem costura com rosca e luva	8	203.2000	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
281.70	287.80	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
335.94	354.24	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
359.99	378.29	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
383.99	390.09	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
396.16	402.26	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
408.19	414.29	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
420.34	426.44	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
431.62	443.82	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75



Ficha Técnica Completa de Poço



449.90	456.00	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
462.04	468.14	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
473.96	480.06	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
486.13	492.23	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
498.30	504.40	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75
509.40	521.60	Espiralado perfil trap s-ref galv	8	203.2000	0.75

Espaço Anular:		
De (m):	Até (m):	Material
0.00	29.70	Cimentação
260.60	530.00	Areia quartzosa de 1,00 a 2,00 mm

Boca do Tubo:			
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
01/01/1988	0.50	20	508.0000

Entrada d'água:	
Profundidade:	

Profundidade Útil:	
Data:	Profundidade:
	530.00

Geológicos			
Feição Geomorfológica:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
0.00	328.00	Formacao serra geral	
328.00	450.00	Formacao Botucatu	
450.00	530.00	Formacao Piramboia	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	328	Basalto	BASALTO CZ/ESC/MD/AVM/ACSTPASSGNS ALTRDS/VESICULAR
328	450	Arenito mÃ©dio	ARNT AVM/FN A MT FN/BEM SELECIONADO/POUCO ARGILOSO
450	530	Arenito argiloso	ARNT AVM/ACST/FN A MT FN/ ARGILOSO, PASS/A CONGLD/ NA BASE
Hidrogeológicos			
Aquífero no Ponto:			
Aquífero: Poroso	Topo (m):	328.00	
	Base (m):	450.00	
	Captação:	Única	
	Condição:	Confinado	
	Penetração:	Total	
Nível da Água:			
Data:			
Nível da Água (m):			
Nível Medido Bombeando (S/N)?			
Vazão (m³/h):			
Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
20/12/1987	N	68.32	21:10
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m³/h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m³/h):
146.92	3.01		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m²/s):	Vazão Após Estabilização (m³/h):	Tipo do Teste:
		236.49	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
Jacob	Air-lift		
Análises Químicas			
Análises Químicas:			
Data da Coleta:			
Condutividade Elétrica (µS/cm):			
Qualidade da Água (PT/CO):			
Sabor da Água:			
Qualidade da Água (Odor):			
Temperatura (C°):			
Turbidez (NTU):			
Sólidos Suspensos (mg/l):			
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):			
Aspecto Natural:			
Ph:			

Gráfico de evolução do nível d'água para os últimos cinco anos hidrológicos

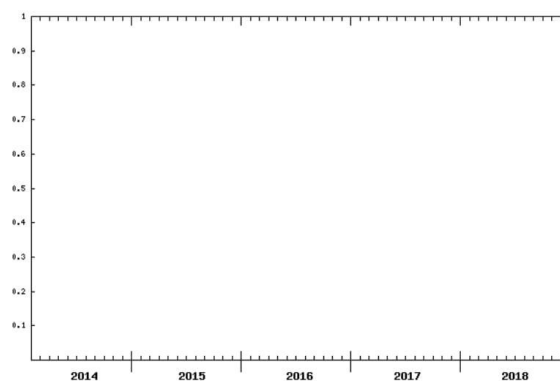
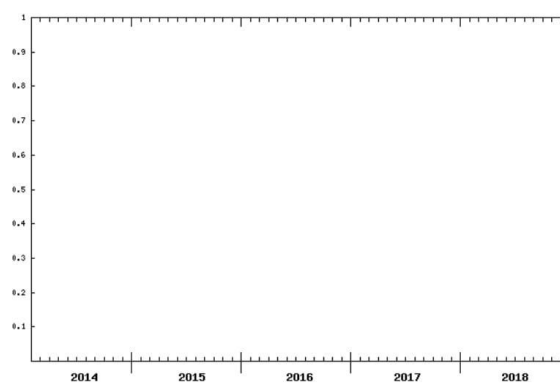


Gráfico de evolução da condutividade elétrica para os últimos cinco anos hidrológicos



2 – Exemplo de laudo de qualidade da água (CONAMA 357/2005).



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

Endereço: RUA DR. ALCINDO FERRAZ PAHIM N. 57, 1250 - JARDIM CONTINENTAL
 Cidade: JAHU SP
 CPF/CNPJ: 20.918.034/0001-77

Interessado: ÁGUAS DE JAHU S/A

RESULTADOS ANALÍTICOS

Código ASL: 233321/38354
 Identificação da Amostra: CÔRREGO SANTO ANTONIO
 Localização: JAHU
 Matriz: AGUA BRUTA
 Data e Hora de Amostragem: 11/12/2017 - 09:10

CONAMA 357 - Águas Doces - Classe 2 - Artigo 15 - Condições de Qualidade de Água

Parâmetro	[CAS]	Unid	LQ	LQA	VMP	Incerteza ⁴ (±)	Resultado
Materiais flutuantes - Realizado em campo pelo ASL	---	NA	NA	NA	Virtualmente Ausentes	NA	Virtualmente Ausente
Óleos e Graxas Virtuais - Realizado em campo pelo ASL	---	NA	NA	NA	Virtualmente Ausentes	NA	Ausente
Gosto/Odor virtuais- Realizado em campo pelo ASL	---	NA	NA	NA	Virtualmente ausentes	NA	Ausente
Corantes Artificiais - Realizado em campo pelo ASL	---	NA	NA	NA	Virtualmente Ausentes	NA	Ausente
Resíduos sólidos objetáveis-realizado em campo pelo ASL	---	NA	NA	NA	Virtualmente Ausentes	NA	Ausente
Coliformes Termotolerantes (fecais), Quantitativo- M.F.	---	UFC/100mL	1	1	1.000	2180 à 4995	3300
DBO por incubação de 5 dias	---	mg/L	1,7	1,7	5	0,064	< 1,7
Oxigênio Dissolvido-Realizado em campo pelo ASL	7782-44-7	mgOD/L	0,1	0,1	>5	0,61	6,3
Turbidez	---	NTU	0,14	0,14	100	0,026	4,60
Cor Verdadeira	---	UC	8	8	75	0,65	23
pH- (Realizado em campo pelo ASL)	---	NA	FAIXA: 1-13	FAIXA: 1-13	6,0 a 9,0	0,40	7,46 à 22,5°C
Clorofila a	479-61-8	µg Clorofila a/L	1,6	1,6	30	0,061	< 1,6
Cianobactérias - quantificação	---	cél/mL	1	1	50.000	312 à 594	430
Sólidos dissolvidos totais	---	mg Sólidos Dissolvidos Totais/L	7,7	7,7	500	8,9	93,0

Parâmetros Inorgânicos

Parâmetro	[CAS]	Unid	LQ	LQA	VMP	Incerteza ⁴ (±)	Resultado
Alumínio dissolvido	7429-90-5	mg/L	0,050	0,050	0,1	0,0023	< 0,050
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,004	0,004	0,005	0,00027	< 0,004
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,005	0,005	0,01	0,00035	< 0,005
Bário	7440-39-3	mg/L	0,005	0,005	0,7	0,00099	0,068
Berílio	7440-41-7	mg/L	0,003	0,003	0,04	0,000076	< 0,003
Boro	7440-42-8	mg/L	0,100	0,100	0,5	0,0049	< 0,100
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,000095	< 0,001
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,005	0,005	0,01	0,00030	< 0,005
Cianeto Livre	57-12-5	mgCN ⁻ /L	0,002	0,002	0,005	0,00014	< 0,002
Cloreto	16887-00-6	mg/L	0,500	0,500	250	0,12	2,42
Cloro residual total(combinação livre) - Realizado em campo pelo	---	mgCl como	0,01	0,01	0,01	0,0014	< 0,01



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

ASL		Cl ₂ /L					
Cobalto	7440-48-4	mg/L	0,003	0,003	0,05	0,00020	< 0,003
Cobre dissolvido	7440-50-8	mg/L	0,005	0,005	0,009	0,00015	< 0,005
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,005	0,005	0,05	0,00019	< 0,005
Ferro dissolvido	7439-89-6	mg/L	0,050	0,050	0,3	0,011	0,148
Fluoreto	16984-48-8	mg/L	0,100	0,100	1,4	0,0060	< 0,100
Fósforo Total	7723-14-0	mg/L	0,005	0,005	Ambiente lêntico: 0,030 Ambiente intermediário: 0,050 Ambiente Lótico: 0,1	0,0066	0,039
Lítio	7439-93-2	mg/L	0,005	0,005	2,5	0,00059	< 0,005
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,005	0,005	0,1	0,00035	0,027
Mercurio	7439-97-6	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0000067	< 0,0002
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,005	0,005	0,025	0,00020	< 0,005
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	0,114	0,114	10,0	0,032	1,159
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	0,003	0,003	1,0	0,000059	< 0,003
Nitrogênio amoniacal total	7664-41-7	mg NH ₃ -N/L	0,055	0,055	3,7 (pH ≤ 7,5) 2,0 (7,5 < pH ≤ 8,0) 1,0 (8,0 < pH ≤ 8,5) 0,5 (pH > 8,5)	0,0033	0,066
Prata	7440-22-4	mg/L	0,005	0,005	0,01	0,00023	< 0,005
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,005	0,005	0,01	0,00035	< 0,005
Sulfato	14808-79-8	mg/L	0,500	0,500	250	0,028	< 0,500
Sulfeto (H ₂ S não dissociados)	7440-28-0	mg S ²⁻ /L	0,002	0,002	0,002	0,000076	< 0,002
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,010	0,010	0,02	0,00084	< 0,010
Vanádio	7440-62-2	mg/L	0,005	0,005	0,1	0,00022	< 0,005
Zinco	7440-66-6	mg/L	0,005	0,005	0,18	0,00018	< 0,005

Parâmetros Orgânicos

Parâmetro	[CAS]	Unid	LQ	LQA	VMP	Incerteza ⁴ (±)	Resultado
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,15	0,15	0,5	0,016	< 0,15
Alaclor	15972-60-8	µg/L	0,05	0,05	20,0	0,0034	< 0,05
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 60-57-1	µg/L	0,002	0,002	0,005	0,00018	< 0,002
Atrazina	1912-24-9	µg/L	0,05	0,05	2	0,0022	< 0,05
Benzeno	71-43-2	mg/L	0,001	0,001	0,005	0,000095	< 0,001
Benzidina	92-87-5	µg/L	0,001	0,001	0,001	0,000070	< 0,001
Benzo(a)antraceno	56-55-3	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00041	< 0,01
Benzo(a)pireno	50-32-8	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00058	< 0,01
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00057	< 0,01

Página 2 de 7

Rua 21, 470 esq. Av 13 - Rio Claro - São Paulo - Tel. 19 2112 8900 - aslaa.com.br

<https://www.aslaa.com.br/laudos/impressao.asp>



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00046	< 0,01
Carbaril	63-25-2	µg/L	0,01	0,01	0,02	0,00086	< 0,01
Clordano (cis + trans)	5103-71-9 5103-74-2	µg/L	0,005	0,005	0,04	0,00065	< 0,005
2-Clorofenol	95-57-8	µg/L	0,05	0,05	0,1	0,0056	< 0,05
Criseno	218-01-9	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00066	< 0,01
2,4-D	94-75-7	µg/L	0,05	0,05	4,0	0,0040	< 0,05
Demeton (Demeton o + Demeton s)	298-03-3	µg/L	0,05	0,05	0,1	0,0063	< 0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00064	< 0,01
1,2-Dicloroetano	107-06-2	mg/L	0,001	0,001	0,01	0,00010	< 0,001
1,1-Dicloroetano	75-35-4	mg/L	0,001	0,001	0,003	0,00013	< 0,001
2,4-Diclorofenol	120-83-2	µg/L	0,05	0,05	0,3	0,0050	< 0,05
Diclorometano	75-09-2	mg/L	0,001	0,001	0,02	0,000064	< 0,001
DDT (p,p-DDT + p,p-DDD + p,p-DDE)	50-29-3	µg/L	0,001	0,001	0,002	0,00011	< 0,001
DodecACLOROPentAClodecano	2385-85-5	µg/L	0,001	0,001	0,001	0,000051	< 0,001
Endossulfan (α+β+sulfato)	959-98-8 33213-65-9	µg/L	0,05	0,05	0,056	0,0043	< 0,05
Endrin	72-20-8	µg/L	0,003	0,003	0,004	0,00018	< 0,003
Estireno	100-42-5	mg/L	0,001	0,001	0,02	0,000088	< 0,001
Etilbenzeno	100-41-4	µg/L	1,0	1,0	90	0,11	< 1,0
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-Aminoantipirina)	108-95-2	mg fenol/L	0,001	0,001	0,003	0,000042	< 0,001
Glifosato	1071-83-6	µg/L	60	60	65	4,8	< 60
Obs.: Cálculo do LQ obtido a partir do LQ de Glifosato de unidade mg/L multiplicado por 1000 conforme escopo CRL0267.							
Gutition	86-50-0	µg/L	0,003	0,003	0,005	0,00025	< 0,003
Heptacloro epóxido + Heptacloro	76-44-8	µg/L	0,003	0,003	0,01	0,00028	< 0,003
Hexaclorobenzeno	118-74-1	µg/L	0,003	0,003	0,0065	0,00019	< 0,003
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	µg/L	0,01	0,01	0,05	0,00067	< 0,01
Lindano (γ-HCH)	58-89-9	µg/L	0,003	0,003	0,02	0,00028	< 0,003
Malation	121-75-5	µg/L	0,05	0,05	0,1	0,0056	< 0,05
Metolacloro	51218-45-2	µg/L	0,05	0,05	10	0,0032	< 0,05
Metoxicloro	72-43-5	µg/L	0,003	0,003	0,03	0,00016	< 0,003
Paration	56-38-2	µg/L	0,004	0,004	0,04	0,00047	< 0,004
PCBs - Bifenilas policloradas	----	µg/L	0,001	0,001	0,001	0,00013	< 0,001
Pentaclorofenol	87-86-5	mg/L	0,00005	0,00005	0,009	0,0000057	< 0,00005
Simazina	122-34-9	µg/L	0,05	0,05	2	0,0043	< 0,05
Substancias tensoativas que reagem com azul de metileno	---	mgMBAS/L	0,250	0,250	0,5	0,013	< 0,250
2,4,5-T	93-76-5	µg/L	0,05	0,05	2,0	0,0062	< 0,05
Tetracloreto de Carbono	56-23-5	mg/L	0,001	0,001	0,002	0,00010	< 0,001
Tetracloretoeno	127-18-4	mg/L	0,001	0,001	0,01	0,000060	< 0,001



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

Tolueno	108-88-3	µg/L	1,0	1,0	2	0,091	< 1,0
Toxafeno	8001-35-2	µg/L	0,01	0,01	0,01	0,00066	< 0,01
2,4,5-TP	93-72-1	µg/L	0,05	0,05	10,0	0,0038	< 0,05
TRIBUTILESTANHO	1461-22-9	ug/L	0,05	0,05	0,063	0,0075	< 0,05
Triclobenzeno (1,2,3TCB+1,2,4TCB)	108-70-3	mg/L	0,001	0,001	0,02	0,00011	< 0,001
Tricloroeteno	79-01-6	mg/L	0,001	0,001	0,03	0,000088	< 0,001
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,00005	0,00005	0,01	0,0000053	< 0,00005
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	0,05	0,05	0,2	0,0044	< 0,05
Xileno	95-47-6	µg/L	1,0	1,0	300	0,093	< 1,0

"As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório."

Comentário: "Os parâmetros "Fósforo total (ambiente lêntico) e Coliformes termotolerantes (fecais) quantitativo MF" não atendem às condições e padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 357 Artigo 15." Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

Comentário: "O parâmetro Fósforo total (ambiente intermediário e lótico) atende às condições e padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 357 Artigo 15. Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005, do Ministério do Meio Ambiente.



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

RASTREABILIDADE

Código ASL	Parâmetros	Método	Coletor	Amostragem	Entrada	Realização
233321/38354	MATERIAIS FLUTUANTES REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	SMEWW 22º Ed 2012 Método 2530 B POPDAM043 vs.04:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	OLEOS E GRAXAS VIRTUAIS - REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	POPDAM055 vs.05:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	GOSTO/ODOR VIRTUAIS REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	POPDAM127 vs.04:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	CORANTES ARTIFICIAIS - REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	POPDAM041 vs.04:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	RESÍDUOS SÓLIDOS OBJETÁVEIS REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	POPDAM053 vs.04:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALIS), QUANTITATIVO- M.F. DBO	SMEWW 22º Ed 2012 Método 9222 D POPMCR051 vs. 05:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	14/12/2017
233321/38354	OXIGÊNIO DISSOLVIDO REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	SMEWW 22º Ed 2012 Método 5210 B POPDAM009 vs.22:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	15/12/2017
233321/38354	TURBIDEZ	POPDAM038 vs.14:2013 SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-O C	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	COR VERDADEIRA	SMEWW 22º Ed 2012 2130 B POPDAM069 vs.12:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	15/12/2017
233321/38354	PH REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	SMEWW 22º Ed 2012 Método 2120 C POPDAM007 vs.18:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	14/12/2017
233321/38354	CLOROFILA A	SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-H+ B POPDAM022 vs.18:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	CIANOBACTÉRIAS - QUANTIFICAÇÃO	SMEWW 22º Ed 2012 Método 10200 H POPDAM079 vs.08:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	14/12/2017
233321/38354	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	SMEWW 22º Ed 2012 Método 10200 F POPFIT001 vs. 05:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	07/01/2018
233321/38354	METAIS DISSOLVIDOS	SMEWW 22º Ed 2012 Método 2540 C POPDAM024 vs.17:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	15/12/2017
233321/38354	METAIS TOTAIS - ARSÊNIO E ANTIMÔNIO	SMEWW 22º Ed 2012 Método 3030E USEPA 6010 C rev.03:2007 POPDAM060 vs.19:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	METAIS TOTAIS	USEPA 7062:1994 rev.00 USEPA 6010 C rev.03:2007 POPDAM060 vs.19:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	CIANETO LIVRE	SMEWW 22º Ed 2012 Método 3030E USEPA 6010 C rev.03:2007 POPDAM060 vs.19:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	ANIONS	SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-Cn ⁻ , D e E POPDAM033 vs.17:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	CLORO TOTAL REALIZADO EM CAMPO PELO ASL	USEPA300.1 rev 1:1997 POPDAM054 vs. 09:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	13/12/2017
233321/38354	MERCÚRIO	SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-Cl ⁻ G POPDAM126 vs.05:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	11/12/2017
233321/38354	NITROGÊNIO AMONÍACAL	USEPA 7470 A: 1994 rev.01 USEPA 6010 C rev.03:2007 POPDAM060 vs.19:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	SULFETO (H ₂ S NÃO DISSOCIADOS)	SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-NH3D POPDAM016 vs.16:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	15/12/2017
233321/38354	ACRILAMIDA	SMEWW 22º Ed 2012 Método 4500-S2 ⁻ H POPDAM120 vs.07:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	SVOC	USEPA 3535 A USEPA 8316 rev. 00:1994 POPDAM086 vs.09:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	19/12/2017
233321/38354		USEPA 625:1984 USEPA 3600 C1996, rev.03 USEPA 8270 D	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017

Página 5 de 7

Rua 21, 470 esq. Av 13 - Rio Claro - São Paulo - Tel. 19 2112 8900 - aslaa.com.br

<https://www.aslaa.com.br/laudos/impressao.asp>



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

233321/38354	VOC	rev. 04:2007 POPDAM063 vs.14:2015 USEPA 5021 A:2003 rev.01 USEPA 8260 C rev. 03:2006 POPDAM062 vs.12:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	19/12/2017
233321/38354	FENOIS TOTAIS (SUBSTÂNCIAS QUE REAGEM COM 4-AMINOANTIPYRIDINA)	SMEWW 22ª Ed 2012 Método 5530 B USEPA 420.1:1978 SMEWW 22ª Ed 2012 Método 5530 C e D POPDAM101 vs.12:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	19/12/2017
233321/38354	GLIFOSATO	USEPA 300.1 rev. 01:1997 POPDAM059 vs.05:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	13/12/2017
233321/38354	SURFACTANTES ANIONICOS	SMEWW 22ª Ed 2012 Método 5540 C POPDAM075 vs.06:2014	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	15/12/2017
233321/38354	TOXAFENO	USEPA 8081 B rev. 02:2007 POPDAM071 vs. 11:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017
233321/38354	SVOC	USEPA 3550 C:2007 rev.03 USEPA 8270 D rev. 04:2007 POPDAM047 vs.25:2015	DANIEL ORSI - ASL	11/12/2017 - 09:10	13/12/2017	18/12/2017

1. DADOS DA(S) AMOSTRA(S)

1.1 METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM

AGUA BRUTA - POPTDA020 VS. 5:2011 CETESB 6410:1988 ABNT NBR 15847:2010
Quando amostragem realizada pelo cliente, o ASL se responsabiliza pelos resultados dos ensaios a partir da entrada das amostras no laboratório.

1.2 PLANO DE AMOSTRAGEM

67217

1.3 INFORMAÇÕES DE AMOSTRAGEM

Chuva nas últimas 48 horas: CÔRREGO SANTO ANTONIO Não
Chuva no momento da coleta: CÔRREGO SANTO ANTONIO Não
Profundidade da coleta: CÔRREGO SANTO ANTONIO NA
OBS / Condições Especiais: CÔRREGO SANTO ANTONIO NA

1.4 RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO / DATA:

CLEBER VILLELA - 13/12/2017

2. DADOS DO RELATÓRIO

2.1 IMPRESSÃO DO RELATÓRIO

08/01/2018

2.2 VERSÃO DO RELATÓRIO

VS. 1,00 -

2.3 EMISSÃO DO RELATÓRIO

08/01/2018

Endereço: Rua 21 Esq. Av. 13, 470 - Rio Claro - SP
CNPJ: 62.480.173/0003-73
Responsável Legal: Dr Mauricio Chiodini CRF: 814.284
Responsável Técnico: Vanessa C. F. Rossini CRQ: 04159488

Signatários Autorizados:

Tateli P. Impossetto - CRQ 04486020
Signatário Autorizado
Físico-Químico, Metais, Ions, Geotécnico,
Resíduos, Orgânicos e Ensaios de Campo

Maria D. de Oliveira CRBio 33623/1D
Signatário Autorizado
Fitoplâncton e Cianobactérias

Amanda Perin - CRBio 086676/01-D
Signatário Autorizado
Micro-Ambiental e Ecotoxicologia

O presente relatório de ensaio atende ao requisito da norma ISO/IEC 17025:2005.
Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido em sua forma integral; reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo ASL-Análises Ambientais.
Os resultados referem-se exclusivamente as amostras analisadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 233321

Projeto/Cliente: ÁGUAS DE JAHU S/A

LEGENDA:

Unid: unidade; **LD:** limite de detecção; **LQ:** limite de quantificação; **LQA:** limite de quantificação da amostra; **CAS:** número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service; **NA:** não aplicável; **VMP:** valor máximo permitido; **NMP:** número mais provável; **UFC:** unidade formadora de colônia; **NI:** não informado; ***J:** valor reportado é estimado porque sua concentração é menor que o limite de quantificação do método (LQM).

* Repetido e Confirmado

Observação: Para corrida de metais os resultados referem-se aos metais totais, exceto os solúveis que são identificados no nome do parâmetro.

Ensaios sem identificação de legenda são acreditados **NBR ISO-IEC 17025:2005**

1- Ensaios não acreditados realizados pelo **ASL - Análises Ambientais** ou realizado pelo cliente

2- Ensaios subcontratados acreditados **NBR ISO-IEC 17025:2005**

3- Ensaios subcontratados não acreditados

4- A incerteza (U) relatada é baseada na incerteza padrão combinada, multiplicada por um fator de abrangência k=2, para um nível de confiança de 95%

5 - As unidades do relatório de ensaio podem ser convertidos de acordo com a legislação solicitada. Os valores de referência de LQ e Unidade constam no escopo de acreditação CRL0267