



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

## DIAGNÓSTICO DO USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE SUMARÉ VISANDO A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Thalita Benetello, [thalitabenetello@hotmail.com](mailto:thalitabenetello@hotmail.com), FUMEP  
Sibele Ezaki, [sibezaki@gmail.com](mailto:sibezaki@gmail.com), USP

### Resumo

As Bacias PCJ abrigam regiões altamente urbanizadas e industrializadas, ao mesmo tempo em que demonstram limitações na disponibilidade hídrica e histórico de severos comprometimentos. Nesse cenário, o uso e exploração da água subterrânea tem se demonstrado crescentes em alguns municípios, fazendo-se necessária uma análise mais aprofundada sobre sua importância e seu papel para a sociedade, mas garantindo um uso sustentado dos recursos hídricos. Propõem-se caracterizar o uso da água subterrânea no município de Sumaré, que se enquadra nesse contexto e por apresentar em seu Plano Diretor diretrizes para uma gestão ambiental integrada. O diagnóstico utilizou diversos bancos de dados de poços, sendo possível constatar que o aquífero mais explorado no município é o Tubarão, seguido pelo Cristalino. Quanto à finalidade de uso da água, os maiores volumes explorados são destinados ao atendimento das demandas industriais/sanitárias, sendo todas as vazões médias encontradas inferiores a 10 m<sup>3</sup>/h, a capacidade específica mediana de 0,11 m<sup>3</sup>/h/m e a profundidade média dos poços em torno de 185 m. Grande densidade de poços encontra-se nas porções centro-norte e leste do município, respectivamente nas macrozonas urbana consolidada e urbana fragmentada. A intensidade de extração de água subterrânea nestas áreas é elevada, chegando a atingir valores entre 80 mil e 140 mil m<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>. Nestas áreas de maior concentração de elevados volumes anuais outorgados, sugere-se um aprofundamento dos estudos com o acompanhamento de ocorrências ou indícios de conflitos de uso, queda de produtividade dos poços e/ou rebaixamentos de níveis d'água. Os levantamentos e estudos hidrogeológicos devem ser considerados na elaboração e/ou atualização das diretrizes de um Plano de Gestão de Recursos Hídrico, visando apoiar os órgãos gestores na organização territorial prevista no Plano Diretor Municipal.

**Palavras-chave:** gestão de recursos hídricos, planejamento territorial, poço, captação subterrânea, Sumaré

### 1. Introdução

As Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacias PCJ) abrigam importantes mananciais superficiais para suprimento das necessidades hídricas de uma região altamente urbanizada e industrializada, assim como potenciais hídricos subterrâneos, que se apresentam como um recurso relevante, ainda pouco estudado. As Bacias PCJ possuem uma disponibilidade hídrica limitada e histórico de severos comprometimentos, também afetada pela transposição de água para a Bacia do Alto Tietê, através do Sistema Cantareira (AGÊNCIA PCJ, 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho tem a finalidade de caracterizar o uso e exploração da água subterrânea, de forma a subsidiar o planejamento territorial do município de Sumaré/SP, verificando se esta é uma área onde existe a necessidade de disciplinar as atividades



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

que possam causar alterações ou efeitos negativos sobre a quantidade das águas subterrâneas. Visa auxiliar no aprimoramento da gestão dos recursos hídricos subterrâneos e, portanto, no estabelecimento de diretrizes para o seu uso sustentável, considerando que situações de crises de escassez de água podem se tornar recorrentes.

## 2. Fundamentação teórica

Dada a grande vocação industrial nas Bacias PCJ, as crescentes demandas por água subterrânea neste setor vêm sendo constatadas pelo número de perfurações outorgadas. Estudos prévios têm demonstrado elevada densidade de poços em alguns municípios das Bacias PCJ e grandes volumes de águas bombeados (DAEE/UNESP, 2013; IG, 2013; HIDROGEOAMBIENTAL, 2019; PROFILL, 2019) que podem interferir na disponibilidade dos aquíferos locais. PROFILL (2019) indicou áreas com elevadas densidades de extração de água subterrânea, entre 60 mil e 160 mil m<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>, que correspondem às conurbações ao longo do eixo da Rodovia Anhanguera em Americana-Nova Odessa, Sumaré-Campinas-Hortolândia- Paulínia, Valinhos-Vinhedo-Capivari.

Dentre os municípios considerados críticos, selecionou-se para este trabalho, o de Sumaré, para um estudo em escala local, por apresentar em seu Plano Diretor Municipal, diretrizes para a gestão ambiental integrada às “políticas de desenvolvimento que incorpore: os recortes territoriais das bacias hidrográficas nos seus estudos e avaliações; a priorização na implementação de ações que levem à mitigação de processos de degradação ambiental decorrentes de usos e ocupações incompatíveis e das deficiências de saneamento ambiental”. Dentre as diretrizes para a gestão do patrimônio ambiental no território municipal de Sumaré está contemplada a recuperação e adequação de áreas ambientalmente frágeis e de preservação permanente, especialmente em recarga dos aquíferos e a restrição da ocupação urbana à área de proteção de mananciais, das áreas de recarga dos aquíferos e dos locais de captação superficial de água (PLANO DIRETOR, 2006). No Plano Diretor é definido o macrozoneamento municipal, que tem como objetivo, entre outros, limitar o crescimento urbano em regiões não propícias à urbanização e naquelas de reconhecida qualidade ambiental a ser preservada ou restabelecida.

O município cobre uma área aproximada de 153.465 km<sup>2</sup>, com população estimada de 282.441 pessoas, para o ano de 2019 (IBGE, 2019), elevado grau de urbanização 98,82% e conta com 98,10% da população com abastecimento de água. A principal fonte de abastecimento público da população urbana é superficial (estação de tratamento de água – ETA), correspondendo a cerca de 97,3 % de volume de água produzido (média no período de 2011 a 2018), sendo 2,7% provenientes dos aquíferos. Em 2018, o total de volume produzido por BRK Ambiental - Sumaré S.A foi de 21.509.720 m<sup>3</sup>, sendo 99,43% dos mananciais superficiais e 0,57% subterrâneos (SNIS, 2020).

A intensificação na exploração de recursos hídricos, associada à falta de conhecimento sobre as condições de disponibilidade dos aquíferos, podem ocasionar resultados negativos, expressos na forma de aumento de conflitos e interferências nos usos da água e interferências como: rebaixamento dos níveis piezométricos, diminuição das vazões de poços tubulares, supressão ou redução de vazões de nascentes, abatimentos de terrenos, alteração na qualidade das



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

águas, entre outros, todos agravados em situações de escassez hídrica (FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M, 2016; DAEE BAURU, 2015; DAEE UGRHI 2, 2015; GOVERNO SP, 2011). Alguns exemplos podem ser citados, como o rebaixamento do nível d'água no Aquífero Tubarão em Capivari (IRITANI et al., 2009), Rafard, Hortolândia e Tietê (DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005), associado à elevada concentração de poços.

### 3. Metodologia

A etapa inicial consistiu no levantamento e consistência de dados de poços registrados em Sumaré pela consulta de cadastros existentes (DAEE, Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Instituto Geológico e Agência das Bacias PCJ), na compilação e na organização de dados em planilhas no software *Microsoft Excel*. Foram realizadas pesquisas no site do Diário Oficial do Estado de São Paulo, como forma a complementar as informações no banco de dados do DAEE.

Para informações referentes a vazão explorada (diária e anual) e a finalidade do uso da água, foi selecionado o banco de dados do DAEE, em consulta realizada por município e por poço cadastrados no Sistema de Outorga Eletrônica – SOE, de forma a permanecerem apenas os poços que estavam outorgados até o dia 07 de janeiro de 2020. Verificou-se a existência de poços duplicados comparando as coordenadas em projeção UTM, selecionando-se as vigentes e verificando as vazões. Para os poços que possuíam o valor 0 (zero) na coluna referente ao regime de bombeamento de dia/mês, o mesmo foi substituído por 30 (trinta), assim como, para aqueles que possuíam o valor 0 (zero) na coluna referente ao regime de bombeamento de mês/ano, o mesmo foi substituído por 12 (doze).

A partir desta planilha secundária, os dados foram trabalhados de forma a possibilitar a análise da finalidade de uso da água e a exploração por aquífero, tendo sido agrupados em: Tubarão (Tubarão, Tatuí e Itararé); Diabásio (Intrusiva e Serra Geral); Cristalino; Poços Mistos (que captam água em mais de um aquífero, p.ex. Tubarão/Cristalino, Tubarão/Diabásio); Sem informação (dados de vazão foram contemplados apenas na exploração total no município). O Aquífero freático não foi considerado para cálculo das vazões outorgadas exploradas.

O banco de dados utilizado para a compilação de dados de profundidade, do nível estático e da capacidade específica foi o fornecido pelo Instituto Geológico, o qual contempla poços levantados em empresas de perfuração e outras fontes como no SIAGAS e SIDAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). A consistência de dados consistiu na exclusão de duplicidade e de poços que não continham informação quanto ao aquífero explorado. Nos poços em que houve alteração de dados (profundidade e/ou nível), foi considerado o dado mais recente.

Para a caracterização dos aquíferos explorados utilizou-se banco de dados da CPRM e do IG, uma vez que o cadastro de outorgas não possui informações disponíveis com este detalhamento. A partir dos registros de dados de poços (localização, teste de vazão, litológicos e construtivos) realizou-se um tratamento estatístico básico para caracterização da potencialidade (vazão, capacidade específica) e outras características (rebaixamento, profundidade, nível estático) dos aquíferos explorados em Sumaré. Um perfil das principais finalidades de uso da água subterrânea e da captação foi elaborado por aquífero explorado visando conhecer as demandas neste município.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 17 a 19 de novembro de 2020

Mapas temáticos (vazões outorgadas, capacidade específica e densidade de poços) foram elaborados para avaliar a situação dos aquíferos frente à exploração de água subterrânea. Utilizou-se o programa ArcGIS (ESRI, 2019) versão 10.7.1 para tratamento dos dados e representação espacial. As ferramentas de geoprocessamento adotadas foram as de análise geoestatística para interpolação (método do inverso do quadrado da distância - IQD) e cálculo da densidade de pontos. Para a execução de interpolações, o limite de município foi extrapolado, tendo sido utilizados dados de municípios vizinhos, quando disponíveis.

Foram também delimitadas áreas de mesma intensidade de exploração de águas subterrâneas, utilizando o consumo de vazões extraídas de poços ( $m^3/\text{ano}$ ), com a ferramenta “Kernel Density” do programa ArcGIS, para calcular a densidade de vazão anual por  $km^2$  ( $m^3/\text{ano}/km^2$ ). O mapa gerado apresenta áreas estimadas com maiores quantidade de volumes extraídos/ utilizados, considerando células de 200 m X 200 m e um raio de busca de 2.000 m. O resultado foi comparado com mapa gerado em escala regional por Profill (2019).

Os resultados obtidos nas etapas anteriores fundamentaram o diagnóstico do uso e exploração das águas subterrâneas em Sumaré, a partir do qual foram definidas orientações para o estabelecimento de diretrizes e ações visando a gestão dos recursos hídricos subterrâneos em áreas críticas potenciais.

#### 4. Resultados

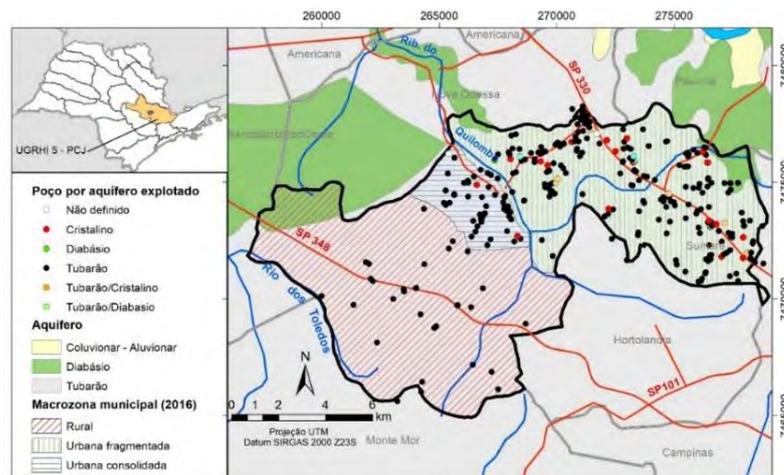
Com a atualização de procedimento para obtenção de outorga de direito de uso da água subterrânea (Portarias DAEE n°. 1.630/2017 e 1.631/2017) houve alteração do banco de dados, que antes permitia a consulta dos dados de poços considerando o identificador, por município e por UGHRI, passando a uma consulta desvinculada ao sistema anterior e com redução nas informações disponibilizadas. Desta forma, optou-se por utilizar a soma dos poços constantes no Banco de Dados do SOE e na consulta no site do DAEE por município - PRODESP, que apresentam informações sobre a produção de água e captação de volumes outorgados.

No levantamento totalizou-se 286 poços outorgados ou com dispensa de outorga, ou seja, que possuem algum tipo de autorização para exploração de água (Quadro 1, Figuras 1 e 2). O aquífero mais explorado em termos de volumes diários e anuais é o Aquífero Tubarão (cerca de 86,8%), seguido do aquífero Cristalino (cerca de 8,5%) (Quadro 1).

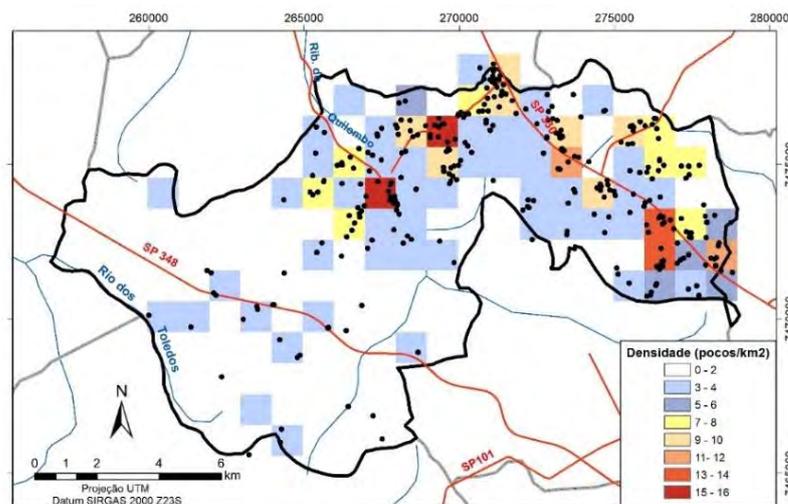
Função	Volumes diários de água explotados ( $m^3/\text{dia}$ )					Volumes anuais de água explotados ( $m^3/\text{ano}$ )				
	Tubarão	Diabásio	Cristalino	Misto	TOTAL	Tubarão	Diabásio	Cristalino	Misto	TOTAL
<b>Soma</b>	16283,8	72,0	1601,5	795,0	18752,3	5793769,8	25920,0	563292,0	265980,0	6648961,8
<b>Mínimo</b>	0,0	32,0	2,5	2,0	36,5	0,0	11520,0	900,0	720,0	13140
<b>Máximo</b>	1200,0	40,0	565,0	337,0	2142	432000,0	14400,0	203400,0	101100,0	750900
<b>Média</b>	0,0	36,0	89,0	113,6	238,6	0,0	12960,0	31294,0	37997,1	82251,1
<b>Mediana</b>	30,0	36,0	27,5	50,0	143,5	10800,0	12960,0	9900,0	18000,0	51660

**Quadro 1.** Volumes diários e anuais de água explotados por aquífero em Sumaré, com base nos dados do SOE e DAEE-municípios. Fonte: Acervo do autor.

Grande quantidade de poços concentra-se nas porções centro-norte e leste do município, que correspondem às macrozonas urbanas consolidada e fragmentada, mas está também alinhada às principais estradas que atravessam o município (Figuras 1 e 2). Tal adensamento de poços pode ser melhor observado quando representados em células de 1000 m X 1000 m (Figura 2), chegando a agrupar 12 poços por km<sup>2</sup>. Para Oda *et al.* (2005) e DAEE/IG/IPT/CPRM (2005), que propuseram um Mapa de Vazão Recomendada para exploração do Sistema Aquífero Tubarão no Estado de São Paulo, o espaçamento ideal entre poços é de 4 poços por km<sup>2</sup>, considerando um uso sustentável numa situação de recarga de 0,25 m/ano, poços com 150 m de profundidade, capacidade específica de 0,1 m<sup>3</sup>/h/m, rebaixamento de nível d'água de 30 metros durante o bombeamento de poços com vazões de cerca de 3 m<sup>3</sup>/h. O aumento de poços nessa área de 1 km<sup>2</sup> implicaria a redução da vazão de cada poço.



**Figura 1.** Localização dos poços tubulares profundos no município de Sumaré, utilizando os bancos de dados do SOE e DAEE-municípios. Fonte: Acervo do autor.



**Figura 2.** Mapa de densidade de poços em Sumaré, utilizando os bancos de dados do SOE e DAEE-municípios. Fonte: Acervo do autor.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 17 a 19 de novembro de 2020

Os poços tubulares apresentam profundidades médias aproximadas em todos os aquíferos explorados, em torno de 185 metros, mas atingindo valores bastante elevados com cerca de 400 m no Tubarão e 430 em Poços Mistos. Os níveis estáticos (NE) nos aquíferos Tubarão e Cristalino são mais profundos, com médias em torno de 35 m, mas a mediana para todos os aquíferos é cerca de 30% menor em relação à média. Valores nulos ou próximos a zero podem indicar ocorrência de surgências ou casos de poços jorrantes. Ocorre grande discrepância com relação aos máximos valores de NE encontrados, que chegaram ao máximo de quase 200 m no Aquífero Tubarão (Quadro 2).

Aquífero Explotado	Profundidade dos Poços (m)					Nível Estático (m)				
	n*	Média	Mediana	Mín.	Máx.	n*	Média	Mediana	Mín.	Máx.
Tubarão	153	178,0	165,0	40,0	430,0	153	34,4	24,9	0,0	186,0
Cristalino	7	182,6	170,0	102,0	302,0	7	36,8	24,1	5,0	102,0
Diabásio	6	196,7	154,0	127,0	341,5	6	15,0	11,5	1,0	39,6
Poços Mistos	51	183,3	178,5	59,0	400,0	51	20,4	15,6	1,0	80,0
Média		185,2	166,9	82,0	368,4		26,7	19,0	1,8	101,9

n\*: número de registros utilizados

**Quadro 2.** Profundidades e níveis estáticos, médios e medianos, dos poços dos Aquíferos Tubarão, Cristalino, Diabásio e poços mistos.

Fonte: Acervo do autor.

Ao se analisar os volumes explotados por finalidade de uso, constata-se que a maior demanda municipal de água subterrânea é direcionada ao consumo industrial/sanitário, com cerca de 29% dos poços outorgados em Sumaré que utilizam 36% do volume de água produzido pelos aquíferos. Poços destinados aos usos sanitário e industrial (processo), correspondem a 32% e 13%, respectivamente, do total e somados, produzem 33% do volume de água subterrânea diário, enquanto que poços destinados à irrigação, não possuem volumes consideráveis (Quadro 3, Figura 3).

Finalidade de uso da água	volumes diários de água explotados (m³/dia)	%	volumes anuais de água explotados (m³/ano)	%	Quantidade de poços	%
Abastecimento público	3.053,34	15%	1.089.986,4	15%	40	14%
Industrial	3.329,9	16%	1.169.604,0	16%	35	13%
Sanitário	3.545,9	17%	1.267.864,2	17%	88	32%
Ind/Sanit	7.474,18	36%	2.637.170,4	36%	81	29%
Irrigação	15	0%	5.400,0	0%	2	1%
Transporte de água	1030	5%	370.800,0	5%	8	3%
outros	2.196,24	11%	789.686,4	11%	22	8%
<b>TOTAL</b>	<b>20.644,56</b>	<b>100%</b>	<b>7.330.511,4</b>	<b>100%</b>	<b>276</b>	<b>100%</b>

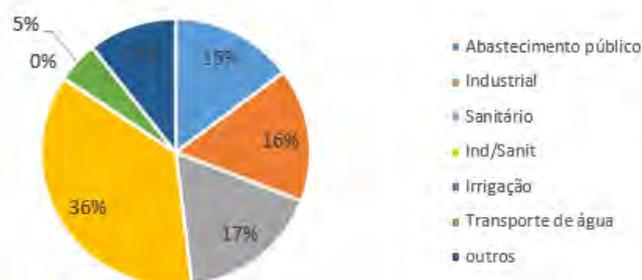
**Quadro 3.** Volumes de água subterrânea explotados por finalidades de uso em Sumaré, com base nos dados do SOE e DAEE-municípios.

Fonte: Acervo do Autor.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 17 a 19 de novembro de 2020

Valores diários de volumes de água explotados por finalidade de uso



**Figura 3.** Distribuição do volume diário de água explotado de acordo com a finalidade de uso, com base nos dados do SOE e DAEE-municípios.  
 Fonte: Acervo do autor.

Vale destacar que apenas 15% do volume diário de água explotada é destinado ao abastecimento público, totalizando 3.053,34 m<sup>3</sup>/dia. Considerando a estimativa de consumo médio per capita para residências (de 70 a 120 L/dia) da população (SABESP, 2017), o consumo diário municipal deve variar de 19.777,87 m<sup>3</sup> a 33.892,92 m<sup>3</sup>. Isso demonstra que a produção dos aquíferos com a finalidade de abastecimento público responde por 9% a 15% do esperado, sendo a maior contribuição proveniente das captações superficiais.

O Aquífero Tubarão (AT) é um aquífero poroso, associado secundariamente a discontinuidades (juntas e fraturas), livre, mas localmente semi-confinado ou confinado pela disposição irregular de rochas sedimentares finas (ritmito, siltito e folhelho) de baixa permeabilidade (em meio a outros tipos litológicos), que dificultam o fluxo da água, conferindo-lhe características anisotrópicas. Regionalmente, este aquífero é um reservatório subterrâneo de produtividade limitada ( $Q < 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ), devido à heterogeneidade litológica, contendo localmente áreas de maior potencial em bolsões arenosos.

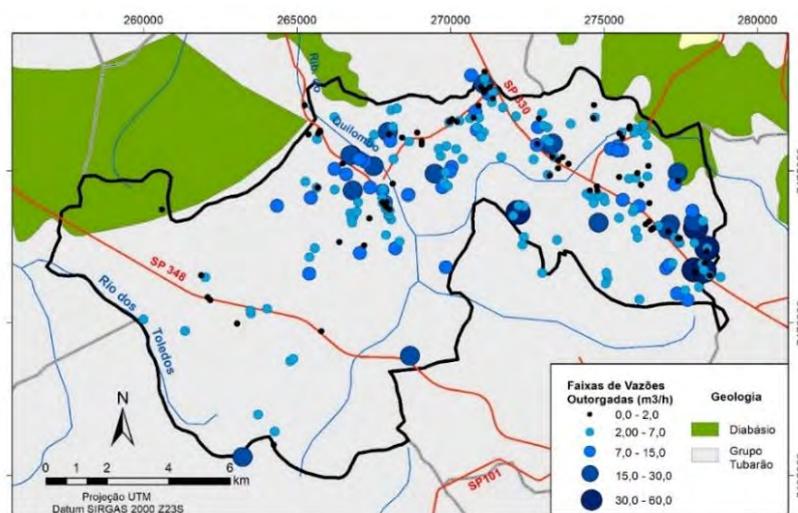
O Aquífero Diabásio é constituído de rochas intrusivas básicas e ocorre de forma irregular atravessando o Aquífero Tubarão na forma de sills ou diques de diabásio. O Aquífero Cristalino corresponde ao Embasamento Cristalino, sotoposto ao Aquífero Tubarão, sendo constituído por rochas ígneas e metamórficas. A circulação e armazenamento de água em ambos ocorre através de fraturas nas rochas ou seus mantos de alteração (DAEE, 1981).

Conforme esperado, as vazões médias encontradas nos poços de Sumaré são baixas para todos os aquíferos (Quadro 4, Figura 4). No Aquífero Tubarão as vazões média e mediana são, respectivamente 7,76 m<sup>3</sup>/h e 5,00 m<sup>3</sup>/h, podendo atingir valores elevados, na faixa de 50 m<sup>3</sup>/h. Estas maiores ocorrências de vazão podem estar associadas a bolsões arenosos com espessuras saturadas que permitem manter esta vazão de exploração. Não se constatou um padrão de ocorrência de maiores vazões no município, podendo inclusive, ocorrer poços muito próximos com vazões variadas (Figura 4).

Aquífero Explotado	Vazão (m <sup>3</sup> /h)					Capacidade Específica - Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)				
	n	Média	Mediana	Mín.	Máx.	n	Média	Mediana	Mín.	Máx.
Tubarão	123	7,76	5,00	0,29	49,50	123	0,24	0,09	0,00	3,86
Cristalino	6	8,97	7,50	2,50	19,80	6	0,41	0,28	0,01	1,35
Diabásio	6	5,33	3,48	1,02	12,00	6	0,10	0,03	0,01	0,29
Misto	39	4,92	3,98	0,10	16,85	39	0,09	0,05	0,00	0,52
Total de poços – média geral	174	6,75	4,99	0,98	24,54	174	0,21	0,11	0,01	1,51

**Quadro 4.** Vazões e capacidades específicas dos aquíferos Tubarão, Cristalino, Diabásio e poços mistos em Sumaré, considerando o banco de dados do IG e dos SIDAS.  
 Fonte: Acervo do autor.

A capacidade específica (Q/s) do Aquífero Tubarão oscila de 0,02 a 4,67 m<sup>3</sup>/h/m no Estado de São Paulo e apresenta-se com média e mediana de 0,30 m<sup>3</sup>/h/m e 0,11 m<sup>3</sup>/h/m, respectivamente (DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005).. Na Região Administrativa de Campinas varia de 0,002 a 7,5 m<sup>3</sup>/h/m (DAEE 1981). Em Sumaré os valores médio e mediano de Q/s são, respectivamente, 0,24 m<sup>3</sup>/h/m e 0,09 m<sup>3</sup>/h/m, próximos aos valores regionais para este aquífero (Quadro 4). Poços no Aquífero Diabásio e Mistos apresentam valores de Q/s inferiores, ao contrário do Aquífero Cristalino que apresenta valores superiores.



**Figura 4.** Distribuição das classes de vazões outorgadas para poços tubulares de Sumaré, considerando o banco de dados do IG e do SIDAS.  
 Fonte: Acervo do autor.

Nas porções com maior concentração de poços e informações sobre capacidade específica é possível identificar as áreas com maior potencialidade em termos de produção de água subterrânea, que correspondem a manchas de tonalidade mais escura (a leste do município) (Figura 5). A interpolação de dados de poços isolados e escassos, a oeste e a sul, podem conduzir a uma interpretação equivocada sobre a produtividades dos aquíferos em locais sem informações, devendo ser interpretadas cuidadosamente. O refinamento desta informação só pode ser obtido com a incorporação de dados futuros de testes de vazão.



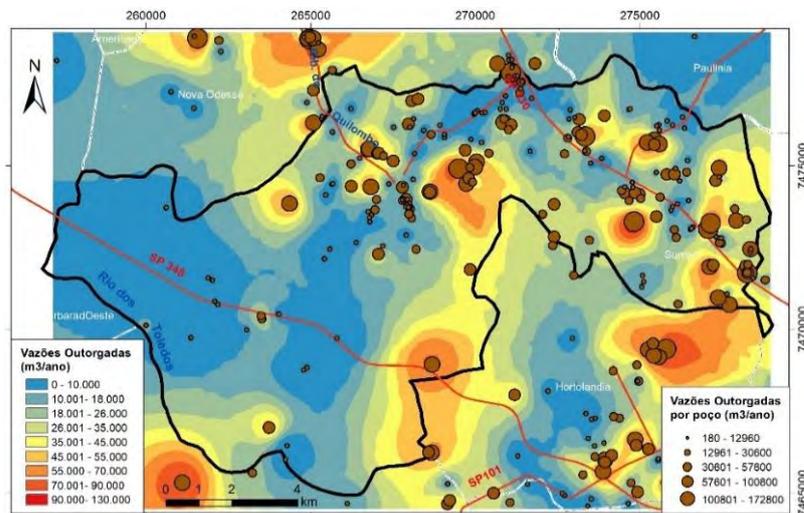


II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 17 a 19 de novembro de 2020

extração de água subterrânea na porção leste do município apresenta-se similarmente elevada, como em Pofill (2019), chegando a valores entre 80 mil e 140 mil  $m^3/ano/km^2$ . Na porção centro-norte do município, entretanto, as estimativas de densidade de vazão são distintas, mais acentuadas, com valores também elevados. Isso se deve, provavelmente, a quantidade de informação que foi levantada junto aos banco de dados cadastrais de poços.

Ao se sobrepor o plano de informações pontuais referentes às vazões anuais extraídas ao mapa de densidade de vazões anuais (Figura 6B), visualiza-se uma correlação entre os pontos e áreas de maiores valores, contudo, constata-se que, por representar muito mais o adensamento de poços, alguns valores pontuais de vazões outorgadas não correspondem à faixa de densidade de vazões em que se encontra.

Isso pode ser melhor compreendido na Figura 7, que corresponde à interpolação das vazões anuais outorgadas pelo método IQD, representando faixas de isovalores encontrados, sem o adensamento, ou seja, sem a somatória de valores estimados nas redondezas de cada poço, expressa para cada célula (área).



**Figura 7.** Mapa de isovalores de vazão anual extraída ( $m^3/ano/km^2$ ), com base nos dados de poços outorgados.  
 Fonte: Acervo do autor.

Ambos os mapas de densidade e de isovalores de vazão anual outorgada dão indicação de áreas no município que merecem uma atenção no sentido de acompanhamento das extrações de água subterrânea, em especial, às ocorrências ou indícios de interferência entre poços (se regimes e/ou vazões de bombeamento interferem nos poços circunvizinhos), queda dos níveis d'água ao longo do tempo, diminuição de produtividade relacionado a algum evento pontual ou regional, entre outros.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

A constatação sobre a dificuldade de reunir dados cadastrais com informações de captações subterrâneas, leva-nos a crer ser indispensável para a gestão de recursos hídricos, a existência de bancos de dados que se relacionem ou um único banco de dados, com todas as informações pertinentes, como as seguintes: identificador comum, coordenadas (geográficas ou em projeção UTM), dados do teste de bombeamento, vazão e período outorgado, profundidade do poço, nível estático e dinâmico, aquífero explorado, data da perfuração, litologia, e caso o poço encontre-se desativado temporariamente ou tamponado, o motivo para que isto ocorresse. As estimativas de potencialidade e produtividade, uso e exploração de águas subterrâneas são obtidas a partir desse cadastro, o que justifica sua constante atualização e controle, inclusive, em nível municipal. O acesso a dados e informações confiáveis e seguros, portanto, são a base para o aprofundamento do conhecimento dos aquíferos, tanto quantitativa como qualitativamente, o que influirá diretamente na gestão de recursos hídricos.

Nesse sentido, recomenda-se que os órgãos gestores municipais organizem um banco de informações e dados de poços, vinculado a um sistema de informações geográficas, que os auxilie no conhecimento sobre o uso e planejamento do uso de águas subterrâneas no município.

Esta ação é uma medida que contribuirá para a implementação do Plano Diretor municipal, na medida em que ele prevê a incorporação da componente ambiental na definição dos critérios e parâmetros de uso e ocupação do solo, sobretudo para a proteção de mananciais e recursos hídricos.

Tendo em vista que o planejamento municipal prevê a implementação de polos de alta tecnologia, como por exemplo, indústrias de informática, telecomunicações, farmacêutica, biotecnologia, produtos eletrônicos, aeroespacial, indústrias criativas, entre outros (REVISÃO PDDS SUMARÉ, 2019), é necessário que o zoneamento do município se dê também, quanto aos aspectos de demanda e disponibilidade hídrica, posto que entre os objetivos deste Plano está a limitação do crescimento urbano em regiões não propícias à urbanização e naquelas de reconhecida qualidade ambiental a ser preservada ou restabelecida.

Os levantamentos e estudos hidrogeológicos devem ser considerados na elaboração e/ou atualização das diretrizes de um Plano de Gestão de Recursos Hídrico, visando apoiar os órgãos gestores na organização territorial prevista no Plano Diretor Municipal (2006). Dentre as aplicações destes estudos destacam-se os subsídios que podem fornecer à discussão e elaboração de mapas e zoneamento de áreas mais propícias ao uso e exploração da água subterrânea, assim como aquelas que implicarem alguma restrição à outorga do uso em função de superexploração comprovada.

Os dados sobre uso e exploração de águas subterrâneas em Sumaré demonstraram a necessidade de um acompanhamento nas áreas de maior densidade de poços e de maior concentração de volumes extraídos (outorgados), no sentido de averiguar a ocorrência de conflitos ou perdas de produtividade de poços, visando propor medidas de uso sustentável do recurso hídrico. Nesse sentido, recomenda-se desenvolvimento de estudos que testem ou avaliem a



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

proposta de distribuição de 4 poços por km<sup>2</sup> (Oda et al. 2005), além de estudos e tratamentos estatísticos aprofundados relacionados à disponibilidade hídrica dos aquíferos, especialmente do Aquífero Tubarão, em Sumaré.

Sempre que o objetivo for gestão, é necessário, também, considerar as ações não estruturais, como por exemplo, a educação ambiental, que deve ser realizada por meio de processo educativo, participativo e permanente, constituindo uma forma abrangente de educação, despertando a consciência crítica sobre a problemática da água e a evolução dos problemas ambientais.

## 5. Conclusões

O levantamento e tratamento de dados referentes ao uso e exploração dos aquíferos em Sumaré demonstraram uma grande concentração de poços nas porções centro-norte e leste do município, caracterizando uma situação de alerta com relação à densidade de poços e aos volumes explorados (m<sup>3</sup>/ano/km<sup>2</sup>).

O Aquífero Tubarão é o mais explorado na região estudada, sendo a grande quantidade de poços localizados nas macrozonas urbana consolidada e fragmentada. As vazões médias dos poços encontrados em Sumaré são baixas para todos os aquíferos ( $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$ ), e o uso predominante, sanitário/industrial. Pode-se observar que as áreas com maior potencialidade correspondem às de maior capacidade específica (m<sup>3</sup>/h/m) e se encontram em pequenos bolsões na porção leste do município; outros locais, na macrozona rural e de proteção de mananciais, deverão ser averiguadas com base dados de poços que possam vir a ser construídos. Os mapas de densidade de volumes outorgados, demonstram locais de maior intensidade de extração nas porções leste e centro-norte do município.

As informações apresentadas não permitem definir áreas reativas à perfuração de poços, mas servem de alerta para que o empreendedor verifique tanto os locais onde se constata elevada concentração de poços associada a elevados volumes anuais (extraídos, outorgados), quanto locais indicados como de maior potencial, antes de perfurar.

Para a efetividade da gestão dos recursos hídricos subterrâneos sugere-se um aprofundamento nos trabalhos técnicos para averiguar a ocorrência de indícios de superexploração nas áreas estimadas como as de maior intensidade de extração de águas subterrâneas.

## 6. Agradecimentos

Agradeço a todos que me apoiaram e, neste caso, especialmente, aos professores, à orientadora e ao Comitê das Bacias PCJ, por me proporcionar a oportunidade de realizar o curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

## 7. Referências bibliográficas

AGÊNCIA PCJ - FUNDAÇÃO AGENCIAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2018. UGRHI 05 –Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Versão simplificada. Ano base - 2017.** Fundação Agência das Bacias PCJ, Piracicaba, 125p., 2018. Disponível em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2018/relatorio-situacao-2018.pdf>. Acessado em: 17/07/2019.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de Águas Subterrâneas – Região Administrativa 5 – Campinas.** 2 vol., 1981

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica . **Estudo de Águas Subterrâneas – Região Administrativa 4 – Sorocaba.** 2 vol., 1982.

DAEE, 2015 – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **(Diagnóstico hidrogeológico e a elaboração de propostas para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no município de Bauru.** Relatório Final. Bauru/SP. 159p., 2015.

DAEE, 2015 – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Diagnóstico hidrogeológico e a elaboração de propostas para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no eixo Jacareí – São José dos Campos – Caçapava, no Estado de São Paulo.** UGRHI 2/SP. 221p., 2015.

DAEE/ IG/ IPT/CPRM. **Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo.** Escala 1:1.000.000. Nota explicativa. São Paulo. São Paulo: DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica, IG- Instituto Geológico, IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 3 v. (mapa e CD-ROM), 2015.

DAEE/UNESP. **Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção.** São Paulo: DAEE/LEBAC, 44p., 2013.

FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. **Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: injustiça ambiental, privatização e mercantilização de um bem comum.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 464-478, 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/103064>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2015.103064/> . Acessado em 30/01/2020.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos – Número 4 – Projeto São José do Rio Preto – Restrição e Controle de Uso de Água Subterrânea.** São Paulo/SP. 142p., 2011.

HIDROGEOAMBIENTAL. **Estudo de avaliação hidrogeológica visando à captação de água subterrâneas – Produto 4 – Relatório final.** Bacias PCJ, SP. 767p., 2019. Disponível



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/projetos/estudos-avaliacao-hidrogeologica.pdf>.  
Acessado em: 13/07/2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sumaré**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sumare.html>. Acessado em: 04/12/2019.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. **Identificação de áreas potenciais de restrição e controle de captação e uso das águas subterrâneas na porção sul da UGRHI 05 –PROJETO ARCTUB1**. Reimpressão. São Paulo: IG, 2013.

IRITANI, M.A.; ODA, G.H.; EZAKI, S.; VARNIER, C.L. **Delimitação de área de Proteção das Águas Subterrâneas no Município de Capivari (SP)**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v.30, n.1/2, 1-18, 2009.

ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; FERREIRA, L.M.R.; SILVA, A.H.; ROCHA, G.A. **Proposta metodológica para exploração racional do Sistema Aquífero Tubarão no Estado de São Paulo**. In: XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços / II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. ABAS, Ribeirão Preto, Anais, 13 p., 2005.

ODA, G. H.; TAKEUCHI, D.M.; EZAKI, S.; IRITANI, M. A.; VARNIER, C.; PENTEADO, D.; LIMA, C.V.F.; SILVA, A.H.; ZUCA, N.L.; PACHECO, R.P. **Geometria do Aquífero Tubarão entre os municípios de Indaiatuba e Capivari (SP)**. Revista do Instituto Geológico, VV. 33, 23-40, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SUMARÉ. **Plano Diretor do Desenvolvimento Sustentável – PDDS – 2019-2039**. Sumaré/SP. p.47., 2019. Disponível em: [https://www.sumare.sp.gov.br/plano\\_diretor/arquivos/sobre/Plano%20Diretor%20Sumaré%202019.pdf](https://www.sumare.sp.gov.br/plano_diretor/arquivos/sobre/Plano%20Diretor%20Sumaré%202019.pdf). Acessado em: 18/01/2020.

PROFILL Engenharia e Ambiente S.A. **Plano de monitoramento quali-quantitativo das águas subterrâneas da Bacias PCJ. Produto 2-V03 – Diagnóstico Hidrogeológico das Bacias PCJ**. Agência das Bacias PCJ, Piracicaba, Maio, 2019, p.199.

SABESP. **Norma técnica Sabesp NTS 181 – Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação – revisão 4**. São Paulo/SP. p. 23, 2017. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>. Acessado em: 18/01/2020.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO / Ministério do Desenvolvimento Regional. **Município: Informações e indicadores municipais consolidados. SNIS-Série Histórica**. Secretaria Nacional de Saneamento, 2020. Disponível em <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acessado em 19/01/2020.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
17 a 19 de novembro de 2020

SUMARÉ. PLANO DIRETOR. Câmara Municipal de Sumaré. p.63. 06 out. 2006. Lei n° 4250/2006, 2006.