

IX-096 - MONITORAMENTO DA INTERCONEXÃO DE AQUÍFERO – RIO EM DUAS UNIDADES AQUÍFERAS DISTINTAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Josete de Fátima de Sá⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS). Engenheira da SANEPAR-PR.

Gustavo Barbosa Athayde⁽²⁾

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS). Professor de Departamento de Hidrogeologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Marcos Justino Guarda⁽³⁾

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Geólogo da SANEPAR-PR.

Alexandre Brandalise Precoma⁽⁴⁾

Acadêmico de Engenharia Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). Estagiário da SANEPAR-PR.

Adriano Razera Filho⁽⁵⁾

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Geólogo da SANEPAR-PR.

Endereço⁽¹⁾: Rua Eng. Antonio Batista Ribas, 151 - Tarumã - Curitiba - PR - CEP: 828000-130 - Brasil - Tel: (41) 3777-7243 - e-mail: josetefs@sanepar.com.br

RESUMO

As questões que guiam este projeto são: se houver uma seca prolongada, como a que afetou o Sudeste, como nossos aquíferos responderão? Cidades que usam águas subterrâneas podem ter suas nascentes comprometidas? O uso inadequado do solo e / ou a mineralogia das rochas podem afetar a qualidade da água?

Este projeto propõe estudar as águas subterrâneas a partir da perspectiva da sustentabilidade, segurança hídrica e maior resiliência. Considerando a importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento social e econômico, tem como objetivo realizar o monitoramento qualitativo e quantitativo dos aquíferos e dos corpos hídricos que são mananciais utilizados no abastecimento público. A implantação de monitoramento hidrológico em pequenas bacias hidrográficas é um processo complexo, devido à heterogeneidade do substrato geológico, mesmo em regiões consideradas homogêneas. A gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos vem sendo discutida e implementada gradativamente, graças aos esforços do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH que desde 2011, busca estabelecer diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Resolução CNRH nº126 - jun/2011). Os procedimentos para elaboração desta metodologia resultará no diagnóstico e mapeamento das interdependências que contribuirão consolidação dessa e também da Resolução CNRH, minuta de junho de 2018, que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando a articulação entre a União, os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão. Serão realizados por meio de estruturas hidráulicas medidoras de vazão e sensores de níveis. Avaliadas as características fisiográficas da bacia hidrográfica e do aquífero sobrepostos, considerando o regime de precipitação para um período mínimo que abrange a intersazonalidade. Esse monitoramento permitirá identificação da interação de dois aquíferos e corpos hídricos superficiais. O projeto prevê uma parceria interinstitucional para sua execução, sendo uma atitude proativa em relação à gestão das fontes de água superficiais e subterrânea, no sentido de garantir o acesso à água de qualidade para nossas demandas atuais e futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento hidrogeológico, Pequenas bacias, coeficiente de sustentabilidade, Bacia Hidrográfica, Aquífero.

INTRODUÇÃO

A gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos vem sendo discutida e implementada gradativamente graças aos esforços do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH que desde 2011, busca estabelecer diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Resolução CNRH nº126 - jun/2011). Os procedimentos para elaboração desta metodologia resultará no diagnóstico e mapeamento das interdependências que contribuirão nas discussões que vêm ocorrendo na Agência Nacional da Água – ANA, na Câmara Técnica de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras - CTPOAR (pertencente ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH) a respeito de Bacias Críticas e Coeficiente de Sustentabilidade de Aquíferos. Em novembro de 2018, a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas - CTAS, pertencente ao CNRH, reuniu seus representantes no XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, para avaliar a Minuta de Resolução de junho de 2018 que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando a articulação entre a União, os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão.

O relatório da National Academies of Sciences, Engineering, & Medicine (2018) que reconhece a U.S. Geological Survey - USGS, como a “líder da nação em pesquisas e informações relacionadas a recursos hídricos”, na atualidade propõe cinco questões-chave para o avanço da missão da instituição no quesito hídrico, a seguir:

“Qual a quantidade e qualidade da água, superficial, subsuperficial, atmosférica e como varia no espaço-tempo?

Como as atividades humanas afetam a quantidade e qualidade da água?

Como o balanço da água pode ser feita de maneira mais compreensiva e efetiva para prover dados a serem usados e avaliados?

Como as mudanças climáticas podem afetar a qualidade, quantidade, confiabilidade, riscos relacionados à água e eventos extremos?

E como podemos aplicar e melhorar o manejo a longo termo dos recursos hídricos e seus riscos? ”

Embora pareçam questionamentos óbvios este relatório demonstra que é uma discussão planetária e muito atual. Outras questões são abordadas pelas comunidades de recursos e pesquisas, de como: melhorar os dados de previsão do clima, hidrologia, qualidade de água e sistemas sociais associados?; as instituições, a governança e a resiliência institucional afetam a quantidade e qualidade da água?; entender melhor as conexões entre os riscos hidrológicos e a saúde humana?; fazer o manejo para que a competição pelos recursos hídricos seja sustentável a fim de manter comunidades e ecossistemas saudáveis em um mundo em constante transformação?

O uso da água muitas vezes é feito de maneira contínua, não respeitando as variações sazonais e consequentemente a recarga do sistema aquífero. Na Bacia do Alto Iguaçu que abrange a Região Metropolitana de Curitiba e está assentada sobre o aquífero do Embasamento Cristalino e o aquífero Carste. Tanto a bacia quanto os aquíferos são utilizadas para abastecimento público. O monitoramento de águas subterrâneas é importante para que se possa entender o estado que se encontra o aquífero, tanto em relação a sua quantidade quanto em termos de qualidade. Em áreas onde os níveis de reserva hídrica podem se tornar críticos existe a necessidade que as previsões a respeito sejam seguras, auxiliando assim no suporte a decisão. Um programa de monitoramento efetivo deve envolver o controle da qualidade e quantidade, considerando sua interrelação com as águas superficiais, condições climáticas e de uso e ocupação do solo (Mestrinho, 2008).

Este projeto visa contribuir na construção de procedimentos para avaliação conjunta do comportamento hídrico da bacia hidrográfica e da exploração do manancial subterrâneo, considerando os aspectos hidrogeológicos, variabilidade da precipitação comparada aos registros de vazões do rio e níveis estático e dinâmico dos poços em duas unidades aquíferas: Carste e Embasamento Cristalino, nas bacias hidrográficas do rio Verde e rio Piraquara, respectivamente, ambas pertencentes à Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu. O cruzamento destas informações possibilita o conhecimento para orientar a operação do sistema em eventos críticos. Constitui um instrumento de planejamento para tomada de decisão, inclusive com respeito a Segurança Hídrica, para o abastecimento público. Além disso, tem o objetivo principal de ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos aquíferos e suas interações com os recursos hídricos superficiais, visando subsidiar com ciência, as tomadas de decisão da Companhia de Saneamento e o aumento da resiliência hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A referida Minuta de Resolução (de junho de 2018) trata da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando as avaliações hidrológicas integradas e deverá observar os seguintes itens:

- delimitação das áreas de recarga e de contribuição dos aquíferos para os rios diretamente conectados;
- estimativa da contribuição dos aquíferos para a vazão de base dos rios;
- estimativa da recarga e as reservas exploráveis e renováveis, considerados os efeitos do uso e ocupação do solo;
- estimativa da disponibilidade hídrica integrada subterrânea e superficial para os diversos usos, considerando os incisos anteriores; e
- as redes de monitoramento hidrometeorológica e hidrogeológica necessárias.

Alguns conceitos apresentados na Minuta da Resolução precisam ser consolidados para a definição de diretrizes e critérios comuns à gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a seguir:

- **Conectividade Direta:** é o fluxo de água que drena diretamente de um aquífero para um rio ou de um rio para um aquífero, sem interagir, significativamente, com outros mananciais de água superficial ou subterrânea.
- **Vazão de base:** é o fluxo de água subterrânea responsável pela perenidade dos corpos de água superficial, exceto naqueles regularizados por contribuições de água de degelo e por reservatórios superficiais.
- **Gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos:** Conjunto de procedimentos que visam a garantir a sustentabilidade hídrica quanto ao aproveitamento integrado das águas superficiais e subterrâneas.
- **Reserva Renovável ou Reguladora ou Recarga Potencial Direta (RPD):** compreende a parcela da precipitação pluviométrica média anual que infiltra e efetivamente alcança o aquífero livre. Corresponde ao somatório da vazão de base, dos volumes de água subterrâneas em exploração, e da recarga profunda.
- **Reserva Explotável ou Reserva Potencial Explotável:** corresponde à parcela da RPD indicada pelo Coeficiente de Sustentabilidade (CS) que deve ser explorada de forma sustentável, de modo a não interferir nas vazões mínimas referenciais para a outorga de águas superficiais.
- **Coeficiente de Sustentabilidade (CS):** percentual máximo recomendado para se explorar a Recarga Potencial Direta (RPD), com vistas a evitar efeitos adversos nos aquíferos e redução significativa das vazões de base dos rios a eles interconectados. O valor de Cs varia entre 0,1 e 1,0, sendo atribuído por aquífero em função de suas características intrínsecas, especialmente sua contribuição por meio do fluxo de base no escoamento superficial total de um rio. A função de indicação desse percentual é evitar o comprometimento da disponibilidade hídrica superficial desses corpos d'água nos períodos de estiagem com o uso indiscriminado da água subterrânea.

Para demonstrar a hipótese do trabalho, que é a interconexão entre as vazões em pequenas bacias hidrográficas, localizadas em Unidades Aquíferas distintas, o que configura um processo complexo, foram delimitadas e serão instrumentalizadas duas pequenas bacias de vertentes em áreas de mananciais, os quais são utilizados no abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba - RMC.

Em decorrência dessa estratégia, os períodos de precipitações intersazonais serão monitorados, bem como, a profundidade do nível estático, para fins de estimativa de recarga do aquífero, as vazões dos corpos hídricos e analisar a relação da recarga com o(s) exutório(s), assim como deverá incluir análises físico-químicas e isotópicas. Também é proposto analisar, na região do reservatório de Piraquara I, se existe variação no quimismo das águas do aquífero freático nas duas margens do reservatório.

BACIAS HIDROGRÁFICAS ESTUDADAS

Foram delimitadas duas bacias de cabeceira, ambas localizadas na Bacia do Alto Iguaçu distantes, aproximadamente 49 km. A primeira, pertencente à bacia hidrográfica do rio Piraquara, que é um dos rios formadores do rio Iguaçu, assenta-se sobre o aquífero do Embasamento Cristalino no município de Piraquara - PR. Essa localizada sob as coordenadas 703.068 E; 7.178.565 S e possui uma área de 1,06 km², é contribuinte do Reservatório Piraquara I que pertence ao Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMC, gerenciado pela Companhia de Saneamento do Paraná. A outra, pertence a bacia hidrográfica do rio Verde, também afluente do rio Iguaçu, assentada sobre o aquífero Carste no município de Campo Magro - PR. Essa localizada sob as coordenadas 656.158 E; 7.193.575 S, possui uma área de 6,50 km² e neste o manancial de

abastecimento são os poços do aquífero Carste. Para esse estudo, a obtenção de dados horários de vazão dos corpos hídricos e níveis dos níveis piezométricos dos poços será realizada no período de, no mínimo 18 meses, de 2019 e 2020, juntamente com os valores de precipitação.

A Tabela 1 contém a localização dos pontos de medição, além das principais características das subbacias do estudo.

Tabela 1: Características das bacias estudadas.

Bacia	Área total da bacia (km ²)	Unidade Aquífera	Área das sub bacias estudo (km ²)	Coordenadas UTM dos pontos de medição (m)		Tipo de solo
				E	S	
Rio Verde	238,65	Aquífero Carste	6,50	656.374	7.194.012	Latossolo Vermelho escuro
				656.158	7.193.575	
Rio Piraquara	104,17	Pré-Cambriana (Embasamento Cristalino)	1,05	703.068	7.178.565	Cambissolo com afloramentos rochosos

A localização da Bacia do Alto Iguaçu, suas subbacias do rio Piraquara e do rio Verde, a delimitação das bacias de cabeceira e as Unidades Aquíferas do Embasamento Cristalino e do Carste podem ser vistas na Figura 1.

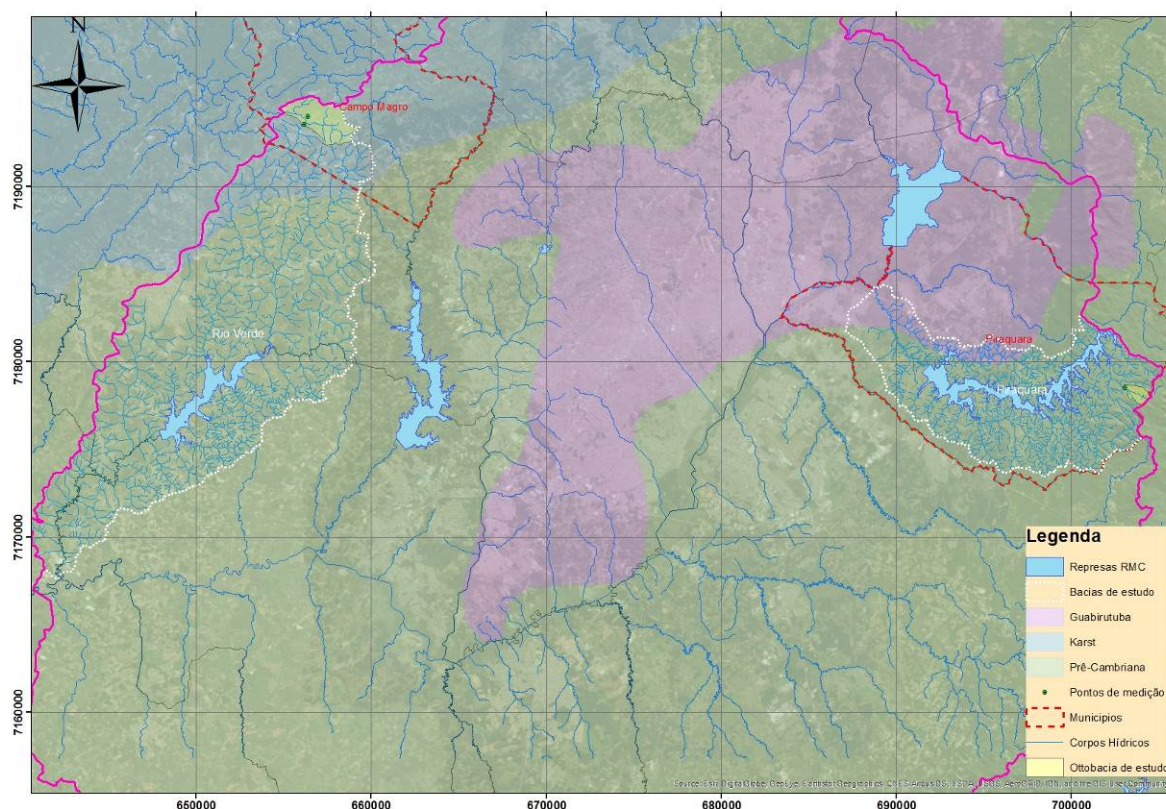


Figura 1: Localização das subbacias e poços a serem monitorados em duas diferentes bacias hidrográficas, afluentes do Alto Iguaçu e respectivas Unidades Aquíferas.

BACIA EXPERIMENTAL: AQUÍFERO CARSTE NA SUBBACIA DO RIO VERDE, MUNICÍPIO DE CAMPO MAGRO - PR

A bacia escola a ser implementada na área de afloramento do Aquífero Carste, na região do compartimento de Campo Magro. Trata-se de aquífero com extrema importância ao abastecimento público, e uma oportunidade “única” de adquirir dados a partir da instrumentação de um compartimento, antes da operação dos poços tubulares. A proposta é gerar dados e série história com intuito de analisar a influência dos poços tubulares perfurados na hidrologia superficial. Em síntese, a pergunta a ser respondida é: como se comporta o balanço hídrico antes de depois da operação dos poços tubulares?

O Aquífero Carste em função da sua origem geológica apresenta porosidade por reações químicas em rochas carbonatadas, onde o armazenamento e a circulação de água se restringem aos condutos e cavernas subterrâneas que sofrem processos de dissoluções químicas. Essas aberturas podem atingir grandes dimensões e se distribuir por grandes extensões, funcionando como se fosse um verdadeiro rio subterrâneo. É um aquífero heterogêneo e anisotrópico, e suas águas apresentam normalmente teores elevados de cálcio e magnésio (Rosa et alii, 2011).

As águas provenientes do aquífero cárstico, em termos de vazão de base mantêm perenizadas, praticamente toda a drenagem da região da bacia do Ribeira. De acordo com Rosa Filho et al. (2011), a parcela de água que escoar do Norte para o Sul, em direção as rochas da bacia do Alto Iguaçu, especialmente na região abrangida pelas bacias do rio Verde, Barigui e Passaúna. Os estudos dos geólogos das instituições ambientais do Paraná (apud Rosa Filho et al., 2011), as unidades morfoestruturais formam uma série de “tanques” interligados por “vertedouros de topo” através de drenagem superficial das pequenas bacias hidrográficas da região. As intrusões de diabásios, as quais apresentam um mergulho vertical à sub-vertical, funcionam como barreiras hidrogeológicas, o que favorece o fluxo ascendente das águas do aquífero, dando origem as fontes naturais.

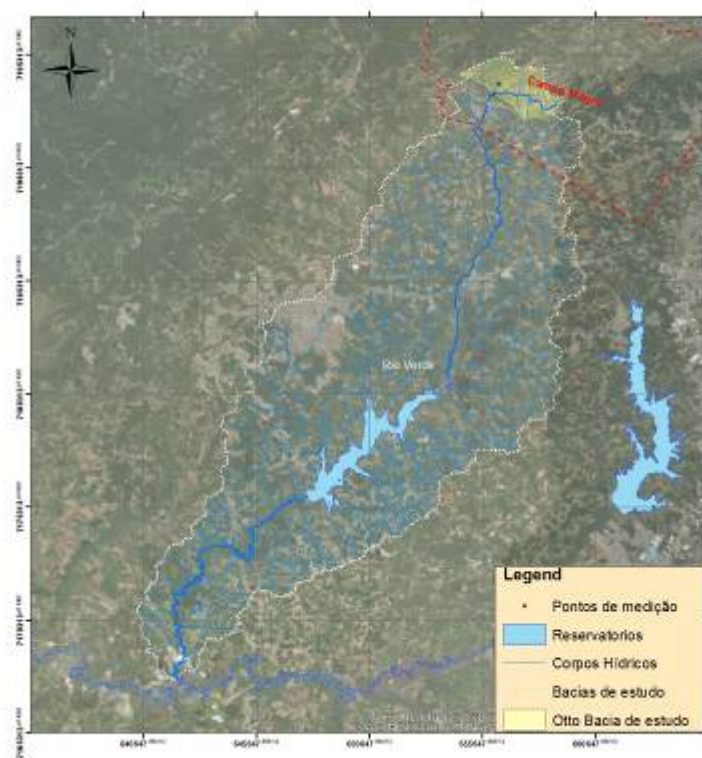


Figura 2: Localização da subbacia e poços a serem monitorados no município de Campo Magro, na bacia hidrográfica do Rio Verde, afluente do Alto Iguaçu, situada sobre a Unidade Aquífera do Carste.

A proposta é instrumentar os compartimentos / células aquíferas, de maneira a se estabelecer as variáveis para estimar o balanço hídrico. Monitorar a precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, variação do nível de água em poços que captam o freático e o aquífero Carste.

Mestrinho (2008) ressalta que a evolução hidroquímica nos sistemas cársticos pode ser avaliada, considerando como pontos de controle as zonas de recarga, não saturada e saturada. Na zona de descarga, a composição será um reflexo do tempo de residência e das condições de circulação da água. A amostragem sistemática (quinzenal ou mensal), representativa das diferentes fases hidrodinâmicas, é necessária para verificar flutuações diurnas e/ou sazonais. A condutividade elétrica é um bom parâmetro para acompanhar os processos de diluição, e as relações iônicas (em meq/L), para caracterizar as interações com o meio. O balanço hídrico deve ser considerado, uma vez que o volume de infiltração e a circulação da água influenciam a composição na área de descarga.

Além da instrumentação para quantificação do “sistema aquífero”, se propõe a realizar a caracterização hidroquímica, com vistas a trazer subsídios ao entendimento da interação entre as águas superficiais e isotópica, semelhante ao proposto em escala estadual, conforme descrito anteriormente. Neste sentido é proposto o monitoramento mensal para fins de avaliação hidroquímica e isotópica, semelhante ao proposto em escala estadual, conforme descrito anteriormente.

BACIA EXPERIMENTAL: AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO NA SUBBACIA DO RIO PIRAQUARA, MUNICÍPIO DE PIRAQUARA

Já existe um projeto em andamento de instalação de uma bacia escola, executado na Universidade para região da Bacia hidrográfica do rio Piraquara, bacia que engloba os reservatórios Piraquara I e II. Os aspectos em análise atualmente focam o comportamento hidrológico curso da água superficial e dos reservatórios.

A proposta é incluir análises físico-químicas e isotópicas neste projeto, assim como monitoramento da profundidade do nível estático, para fins de estimativa de recarga do aquífero, e analisar a relação da recarga com o(s) reservatório(s). Também é proposto analisar, na região do reservatório de Piraquara I, se existe variação no quimismo das águas do aquífero freático nas duas margens do reservatório.

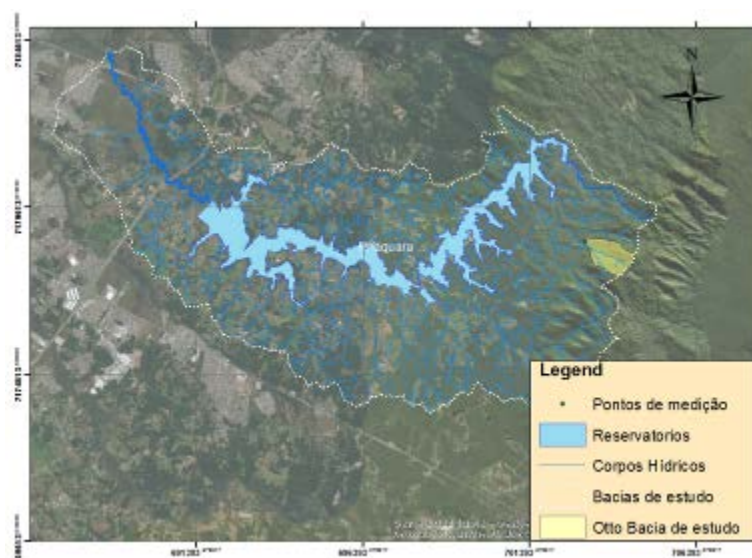


Figura 3: Localização da subbacia e poços a serem monitorados no município de Piraquara, na bacia hidrográfica do Rio Piraquara, um dos rios nascentes do rio Iguaçu, situada sobre a Unidade Aquífera Embasamento do Cristalino.

O Embasamento Cristalino presente na bacia é formado por um escudo de rochas ígneas e metamórficas fortemente dobradas e fraturadas devido a ações tectônicas de falhamentos e dobramentos e grande parte deste

embasamento está recoberto por sedimentos da Formação Guabirotuba (Rosa Filho et al., 2011). O manto de cobertura deste aquífero faturado que possui, em geral de 5 a 20m, podendo chegar até 80m de profundidade, possui papel crucial na recarga deste aquífero e, consequentemente, na rede de drenagem da bacia. As rochas cristalinas possuem grande potencial acumulador de água quando as estruturas secundárias são seccionadas, como fraturamentos, cisalhamentos e falhamentos geológicos, os quais permitem a circulação e o armazenamento da água.

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO E PIEZOMÉTRICO CONCOMITANTE

Para o monitoramento serão utilizadas estruturas hidráulicas, instaladas no exutório de cada uma das pequenas bacias selecionadas. Estes medidores poderão ser: vertedor triangular de 120° para quantificar as pequenas e médias vazões, e; calha Parshall de fundo plano.

Para a coleta simultânea dos dados de vazão nas duas bacias, em ambas as estruturas serão utilizadas sensores de cota do tipo transdutores de pressão, onde serão realizados registros horários e, depois, determinados os valores de vazão por meio das curvas-chave de cada estrutura.

Juntamente com os registros das vazões serão acompanhados os registros das precipitações coletados pela rede telemetria pluviométrica do Instituto de Águas do Paraná, da região de Campo Magro e de Piraquara.

Avaliação Quantitativa do Escoamento Fluvial

Elaboração do hidrograma em período concomitante nas duas bacias e elaboradas as curvas de permanência por meio da técnica empírica. Esta técnica consiste em ordenar todos os valores de vazão, de forma decrescente e associar, a cada um deles, uma frequência de excedência, utilizando uma posição de plotagem empírica $m/n+1$, sendo m a ordem do valor ordenado e n o número de valores da série (Jacobs; Voguel, 1998 apud Cruz; Tucci; Silveira, 1998).

Além disso, será realizado um balanço entre o volume de entrada (precipitação) com os volumes de saída (deflúvio) registrados no exutório de cada bacia monitorada, possibilitando a comparação dos deflúvios gerados em cada bacia nos diferentes meses do ano durante o período monitorado (Goldenfum, 2003).

Avaliação Quantitativa da Recarga

Determinação das áreas de recarga e de contribuição dos aquíferos para os corpos hídricos superficiais e a estimativa da contribuição da vazão de base ao escoamento superficial, por meio de métodos diretos ou indiretos. Estimativa da recarga e as reservas explotáveis e renováveis.

O monitoramento de sistemas cársticos, nos quais predominam calcários e dolomitos, exhibe particularidades que valem ser discutidas. São sistemas abertos, com fluxos interagindo em diferentes espaços. A dissolução química da rocha carbonatada ou a carstificação é influenciada por inúmeros fatores (Mestrinho, 2008): composição dos carbonatos; concentração de CO_2 e ácidos inorgânicos; granulometria; porosidade e textura (cristalina, granular ou microcristalina); colocação estrutural; tempo de contato água-rocha; tipo de solos; presença de matéria orgânica e condições pedoclimáticas; atividade antrópica etc.

RESULTADOS ESPERADOS

O principal resultado esperado é ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos aquíferos e suas interações com os recursos hídricos superficiais, visando subsidiar com ciência, as tomadas de decisão da Companhia de Saneamento e o aumento da resiliência hídrica. Efetivamente, delinear os procedimentos para o monitoramento da interconexão Aquífero-Rio e demais variáveis intervenientes, conhecer e ajustar as dificuldades de instrumentalizar essas bacias é o resultado para integrar ao saneamento, propriamente dito. A melhor compreensão disponibilidades hídricas e suas interdependências, viabilizará o planejamento para os cenários de riscos.

O sistema de informações é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e disponibilização de informações sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e fatores que influenciam na sua gestão. Para assegurar o uso dos dados, os dados devem ser avaliados, interpretados e tratados usando-se técnicas apropriadas e padronizadas. Para a importação e utilização destes dados, deve ser elaborada uma planilha padronizada, o mais completa possível, contendo informações correspondentes ao empreendimento, bacia hidrográfica, órgão gestor de recurso hídrico, coordenadas geográficas e características construtivas dos poços de monitoramento (PM), dados de monitoramento (datas de coleta, parâmetros, laboratório e métodos), outras informações sobre potabilidade, vazão e nível d'água.

O mapeamento das integrações de mananciais superficiais e subterrâneas corrobora com os esforços da Resolução CNRH nº126 - jun/2011 que busca estabelecer diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos superficiais e subterrâneos. Os procedimentos para elaboração desta metodologia resultará no diagnóstico e mapeamento das interdependências que contribuirão nas discussões e consolidação nas Câmaras Técnicas do CNRH, seja na CTPOAR a respeito de Bacias Críticas e Coeficiente de Sustentabilidade de Aquíferos, seja na CTAS nas diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O produto deste projeto vai delinear um banco de dados hidrogeológicos nas bacias de abastecimento da Companhia de Saneamento do Paraná, acoplados aos conhecimentos das características peculiares dos aquíferos e de comportamento hidrológico dos corpos hídricos superficiais. O cruzamento das delimitações das bacias e aos aquíferos onde estão localizados, possibilitará as análises dos resultados e a expansão para o monitoramento de demais variáveis intervenientes no processo Aquífero-Rio.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho proposto em andamento, conclui-se que:

- O mapeamento das integrações de mananciais superficiais e subterrâneas corrobora com os encaminhamentos do CNRH, seja para a outorga do direito de uso ou para a gestão integrada no sentido mais amplo.
- A elaboração desta metodologia que resultará no diagnóstico e mapeamento das interdependências que contribuirão nas discussões e consolidação dos novos procedimentos de outorga e gestão.
- Principalmente, a Companhia de Saneamento junto a Universidade terá a possibilidade ampliar o conhecimento para ajustar as ações cotidianas nas atividades de avaliação e gestão da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea.

O projeto prevê uma parceria interinstitucional para sua execução, sendo uma atitude proativa em relação à gestão das fontes de água superficiais e subterrânea, no sentido de garantir o acesso à água de qualidade para nossas demandas atuais e futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CNRH. Resolução nº126 (30 de junho de 2011) aprova diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes> Consultado em outubro de 2018.
2. CNRH. Minuta da Resolução que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. <http://www.cnrh.gov.br/ctas-documentos-reunioes/ctas-2018> Consultado em outubro de 2018.
3. CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. & SILVEIRA, A.L.L. Controle do escoamento com detenção em lotes urbanos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.3 n.4, p.19-31 Out-Dez 1998.

4. GOLDENFUM, J. A. **Pequenas Bacias Hidrológicas: conceitos básicos**. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.
5. IBGE. Os Indicadores dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. <https://indicadoresods.ibge.gov.br/objetivo/objetivo?n=6> Consultado em outubro de 2018.
6. JACOBS, J. M.; VOGUEL, R. M. **Optimal allocation of water withdrawals in a river basin**. J. Water Resour. Plann. Manage., v. 124, n. 6, p. 357-363, Nov./Dec. 1998.
7. MESTRINHO, S. S. P. **Monitoramento em água subterrânea**. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. CPRM/LABHID, Rio de Janeiro, 2008. p. 673-686
8. MONTEIRO, J. C.; BACELLAR, L. A. P. **Influência dos fatores geológicos, geomorfológicos e antrópicos da produção de fluxo de base em pequenas bacias hidrográficas na APA Cachoeira das Andorinhas**, Ouro Preto (MG). Rev. Bras. Geomorfol., v. 15 n. 2, p. 173-189, 2014
9. NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Future Water Priorities for the Nation: Directions for the U.S. Geological Survey Water Mission Area**. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/25134>, 2018.
10. ROSA FILHO, E.F. et al.. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor. 2011. 220p.