

## XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DE MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL E NUMÉRICO DE FLUXO A PARTIR DE DADOS PÚBLICOS

*Leonardo Alves Reis<sup>1</sup>; Bruno Pandolf Ladeira<sup>2</sup>; Igo de Souza Tavares<sup>3</sup>; Thomaz Augusto de Vasconcellos Vidal<sup>4</sup>; Wallace Maciel Pacheco Neto<sup>5</sup> Rodrigo Sérgio de Paula<sup>6</sup>; Pedro Augusto da Silva Rosa<sup>7</sup>; Débora Silvano Moreira<sup>8</sup>; Jorge Geraldo Roncato Júnior<sup>9</sup>*

**Abstract:** Currently, there is a growing need to improve water resource management by population and enterprises due the high demand for these resources. As a basis for the water resource management, hydrogeological research provides important information and enable decision-making at municipal and/or state levels. These research happen through a lot of stages and disciplines as the search for historical data, data management, quality controls, geological research, hydrogeological units assignment and hydrogeological flow models development through numeric method. The development of hydrogeological research could be associated with the lack of data, poor quality data of public access. It's needed to promote discussion and implementation of water data management of public access.

**Resumo:** Atualmente com a alta demanda da utilização dos recursos hídricos superficial e subterrâneo cresce a necessidade de melhor gerir a forma como esse recurso é aproveitado, de modo consciente, pela população e empreendimentos. Como base para a gestão de recursos hídricos, os estudos hidrogeológicos fornecem informações importantes, bem como previsões reais que possibilitam tomadas de decisões em esferas municipais e/ou estaduais objetivando o benefício da sociedade. Os estudos passam por diversas etapas e disciplinas como pesquisas de dados históricos, gestão de informação, controles de qualidades, estudos geológicos, definições de unidades hidrogeológicas e elaboração de modelos hidrogeológicos de fluxo por meio de *softwares* que possibilitem tradução e interpretação de dados adquiridos no processo. O desenvolvimento desses estudos passa por dificuldades associadas à escassez de informação de uma determinada área de pesquisa, dificuldade de obtenção e/ou dados sem qualidade inseridos dentro de órgãos públicos. Esta

1) Mestrando em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 983861534, [lar.geologia@yahoo.com.br](mailto:lar.geologia@yahoo.com.br);

2) Mestrando em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 999021507, [brunopandolf@uol.com.br](mailto:brunopandolf@uol.com.br);

3) Mestrando em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 34 999057989, [igovzt@yahoo.com.br](mailto:igovzt@yahoo.com.br);

4) Mestrando em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 998880261, [thomazavv@gmail.com](mailto:thomazavv@gmail.com);

5)Doutorando em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 22 991912008, [wallacemaciell.geo@gmail.com](mailto:wallacemaciell.geo@gmail.com);

6) Professor Doutor em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (DEGEOL-IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 991167905, [rodrigo.spdm@yahoo.com.br](mailto:rodrigo.spdm@yahoo.com.br);

7) Professor Doutor em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (DEGEOL-IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 994201156; [pedro.rosa.geo@gmail.com](mailto:pedro.rosa.geo@gmail.com);

8) Professora Doutora em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (DEGEOL-IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 991232066, [dsilvanomoeira@gmail.com](mailto:dsilvanomoeira@gmail.com);

9) Professor Doutor em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais (DEGEOL-IGC-UFMG). Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627. Belo Horizonte, MG, +55 31 997672937, [roncato@ufmg.br](mailto:roncato@ufmg.br);

análise tem como objetivo fomentar a discussão e incentivar estudos de normas que definam padrões para a gestão das informações e armazenamento associados à recursos hídricos.

**Palavras-Chave** – Modelamento hidrogeológico, Recursos Hídricos, Gestão de Informação, Controle de Qualidade, Metodologia.

## INTRODUÇÃO

As águas têm ganhado mais importância e reconhecimento à medida que fontes superficiais não são suficientes para a atual e crescente demanda Nogueira e Kiang (2015). Com o aumento da necessidade do uso/aproveitamento dos recursos hídricos superficial e subterrâneo cresce também, a necessidade de se otimizar a gestão desses recursos. Assim, torna-se importante a elaboração de estudos hidrogeológicos que auxiliem no controle e/ou monitoramento dos recursos hídricos para favorecer tomadas de decisão e fomentar discussões para o desenvolvimento de políticas públicas.

Os estudos hidrogeológicos passam por diversas etapas, onde se permeia por diversas áreas do conhecimento: como gestão da informação, controles de qualidade, geologia, hidrogeologia e ciências computacionais. Finalmente, os trabalhos culminam em modelos representativos e relacionadas a todos os dados de entrada, passados por específicos processamentos que transformam dados de saída em informações.

Dado é definido como uma entidade matemática em uma sequência de símbolos quantificados ou quantificáveis Setzer (1999). Com a reunião dos dados forma-se o banco de dados que é o conjunto de arquivos relacionados entre si Yong (1979) e uma coleção estruturada de dados Manovich (2012). Assim a gestão da informação se dá pelo processamento de dados adquiridos a fim de gerar informações confiáveis que possam ser usadas ou desenvolvidas onde se faz importante o controle de qualidade por meio da qualidade de dados definida por Pinheiro (2002) como sendo uma medida de concordância entre as visões do dado, apresentada pelos sistemas de informação e o mesmo dado no mundo real, ou de forma mais simplificada, como o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos, onde estes podem estar associados à eficiência, eficácia e/ou rastreabilidade Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015)

Ao se tratar da qualidade de dados, tem grande importância a forma de aquisição dos dados, em fontes que apresentem confiabilidade. Tanto para os dados adquiridos em pesquisas quanto dados já consolidados na literatura acadêmica, e ainda às novas informações geológicas que são extraídas em campo, para a elaboração de modelos hidrogeológicos, todos estes passam por processamentos onde as informações são traduzidas para um formato de melhor observação do público-alvo.

Dessa forma, Lazarim e Loureiro (2000) afirmam que desenvolver um modelo hidrogeológico confiável pode oferecer desafios técnicos e computacionais consideráveis quando em um determinado terreno são encontradas diversas variáveis e condições que complementem o modelo trabalhado em questão. Os modelos são peças fundamentais para planejamento e previsões de situações reais Feitosa *et al.* (2008).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A definição de quais dados devam ser coletados auxilia de como e onde serão adquiridos. Os principais dados e séries históricas para construção de um modelo hidrogeológico conceitual são piezômetros e instrumentos de monitoramento do nível d'água, captações de água (poços de bombeamento e captações superficiais), testes de bombeamento, vertedouros, fluviômetros e nascentes cadastradas. Conforme já supracitado, a confiabilidade da fonte dos dados favorece à confiabilidade do modelo, sendo assim como tais dados são de ordem pública, a aquisição é feita por meio de órgãos públicos que monitoram os recursos hídricos disponíveis e possuem informações

como Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), relatórios de pesquisa hidrogeológica e outorga de poços.

Também são coletados dados de hidrografia e estações de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA), estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mapas geológicos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), imagens de satélite do *Sentinel 2* e *Google Earth Pro*, e definição do uso do solo da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Demais dados que se façam necessários serão coletados por meio de trabalhos de campo.

Após a obtenção de dados segue a etapa de validação e tratamento onde estes serão avaliados e analisados a fim de agrupar as informações de forma qualitativa, validando-os para que possam ser aproveitados e que sejam quantitativamente significativos no sistema proposto. O estudo pode ser guiado pelo tipo de uso específico dos recursos hídricos na região escolhida (áreas residenciais e empreendimentos de grande ou pequeno porte), nos quais possam ser estes, os maiores influenciadores das variações dos níveis d'água. Inicialmente, os dados são validados de acordo com suas consistências de informações gráficas, coerência em associações a tabelas ao se tratar de valores e/ou espaço temporal amostral proposta para análise. Dados que não apresentem informações básicas são invalidados para que não comprometa ou gere anomalias posterior ao longo dos estudos.

Ainda assim, há o processo de validação estatística dos dados, onde se correlacionam em quantidade e em espaço físico. Deve-se entender as dimensões da área de pesquisa e que, de forma estatística, os pontos (dados coletados) apresentem uma boa distribuição espacial. Uma área de grandes dimensões que apresentem pontos muito aproximados, não permitirá que o modelo hidrogeológico numérico de fluxo seja representativo em sua totalidade.

É importante destacar que para o escopo desse modelo de estudo, baseado em dados públicos, há um detalhamento no nível de tratamento das informações obtidas, levando em consideração os tipos de informações disponíveis e a forma como possam ser agrupados, conforme mencionado anteriormente.

As características hidrodinâmicas como porosidade, condutividade hidráulica, cargas hidráulicas, fluxo e coeficiente de armazenamento nas unidades geológicas e hidrogeológicas presentes na área de estudo especificada que fazem parte dos dados hidrogeológicos, enquanto os dados físicos correspondem à geometria e espessura dos aquíferos Cabral e Demétrio (2008). Porém, para o desenvolvimento do modelo conceitual faz-se importante que, seja feita a revisão bibliográfica pois é caracterizado pela definição das unidades aquíferas, condições de contorno e parâmetros hidrogeológicos entradas e saídas d'água e fluxo da água subterrânea contempladas na região para interpretação geológica e definição das unidades hidrogeológicas conforme especificadas a seguir:

- Segundo Feitosa *et al.* (2008) as unidades aquíferas são definidas com base em dados geográficos (forma do relevo, padrão de drenagem, vegetação e tipos de solo), litológicos (litotipos predominantes, estratigrafia, granulometria, cimentação) e estruturais (tipos de estruturas presentes, atitudes das camadas);
- As condições de contorno são definidas com base nas características geomorfológicas que influenciam no escoamento e condições de escoamento, determinadas a partir da análise da hidrografia, do arcabouço estrutural presente na área de estudo e da compartimentação das unidades aquíferas;
- Os parâmetros hidrodinâmicos são definidos para cada unidade aquífera onde é indicado a capacidade do aquífero de escoar a água subterrânea (condutividade hidráulica -  $K$ ), a razão da quantidade de água explotável armazenada pelo volume total (coeficiente de armazenamento -  $S$ ) e a quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero (transmissividade -  $T$ ) Feitosa *et al.* (2008). Serão utilizados mais de um método a partir dos dados públicos adquiridos para determinar os parâmetros hidrodinâmicos, como ensaios de

bombeamento, ensaios de infiltração e dados de porosidade e assegurar robustez das determinações numéricas;

- As entradas e saídas de água dentro da área do modelo são estimadas a partir de um balanço hídrico no sistema aquífero (entrada) determinada pela recarga que pode ser quantificada a partir da diferença do volume total de água da precipitação, pelo escoamento superficial e evapotranspiração, ou por métodos de ensaios de infiltração, análise da variação do nível d'água de poços ao longo do tempo. Já poços de bombeamento e efluência para escoamento superficial (saída) geram a estimativa para cálculos dos dados de monitoramento de efluentes e do método de separação do escoamento de base.

- O fluxo da água subterrânea é definido por sua direção e sentido através da elaboração de um mapa potenciométrico da área do projeto, que é construído com base nas unidades aquíferas já definidas por dados de nível d'água de corpos d'água, poços e piezômetros.

Salienta-se que a temporalidade dos dados é de grande importância na elaboração de um modelo hidrogeológico, pois o comportamento do sistema hidrogeológico varia ao longo do tempo e, portanto, é necessário considerar essa variação para obter um modelo preciso e confiável.

O sistema hidrogeológico pode ser afetado por eventos externos, como mudanças climáticas, bombeamento de água subterrânea e alterações na cobertura do solo. A análise dos dados temporais permite entender como esses eventos afetam o sistema hidrogeológico e como ele responde a essas mudanças. Além disso, a análise temporal permite validar a consistência dos dados coletados ao longo do tempo e a presença de possíveis erros ou anomalias nos dados. Essa validação e tratamento dos dados públicos é importante para garantir a qualidade das informações na elaboração do modelo hidrogeológico. Utiliza-se técnicas de validação estatística, como médias harmônicas, desvios padrões medianas, estatística descritiva e multivariada dos dados. E desta forma os dados utilizados serão sempre conservadores.

Após a elaboração do modelo conceitual, são construídos modelos hidrogeológicos numéricos utilizando diferentes métodos, como diferenças finitas, elementos finitos, volume finito ou de elementos discretos. Esses métodos se baseiam na lei de Darcy. As diferenças finitas (FD) e os elementos finitos (FE) são os métodos numéricos mais utilizados na modelagem de águas subterrâneas. No método FD, os nós são localizados usando índices (i, j, k) em uma grade retangular (Figura 1), enquanto no método FE, as localizações dos nós são designadas por coordenadas espaciais (x, y, z) modelando o fluxo da água subterrânea através da variação de cargas hidráulicas dentro de cada elemento de uma malha, aplicando funções de interpolação (Figura 2). Vários textos abordam a teoria desses métodos. Estudos mostraram que as formulações de FD e FE para a equação de Laplace produzem o mesmo conjunto de equações algébricas e resultados semelhantes quando o espaçamento nodal é pequeno o suficiente. Assim, embora os métodos diferem em conceito, eles são comparáveis e produzem resultados similares Anderson *et al.* (2015).

Figura 1: Grade de diferenças finitas (FD) e notação. (a) Grade FD horizontal bidimensional (2D) com espaçamento nodal uniforme;  $i$  = colunas e  $j$  = linhas. Pode ser utilizada uma convenção de indexação diferente. Por exemplo, no MODFLOW,  $i$  = linhas e  $j$  = colunas. As células são centradas em blocos; a linha escura representa o domínio do problema. Células inativas (fora dos limites do domínio do problema) são sombreadas. (b) Grade FD horizontal 2D com notação para o grupo de cinco nós que compõem o módulo computacional FD (estrela) centrado no nó  $(i, j)$ . (c) Notação tridimensional onde  $Dz$  representa a distância vertical entre os nós e  $k$  é o índice vertical. O grupo de blocos à direita é mostrado no espaço 2D (os dois blocos perpendiculares à página ao longo do eixo  $y$  não são mostrados). O grupo de sete nós, incluindo o nó  $(i, j, k)$ , compreende o módulo computacional FD em três dimensões.  
Fonte: Modificado de ANDERSON; WOESSNER; HUNT (2015).

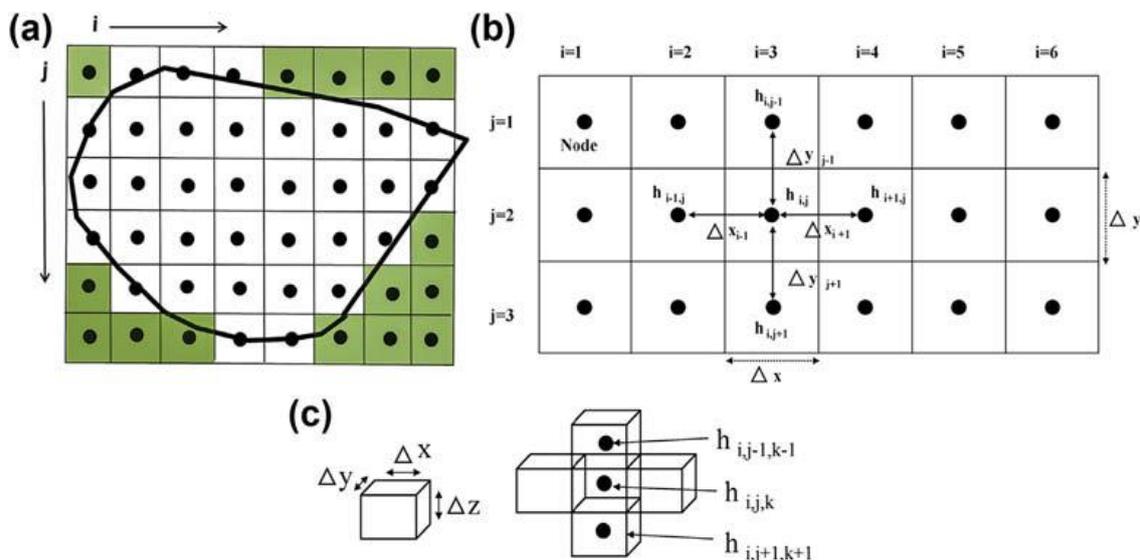
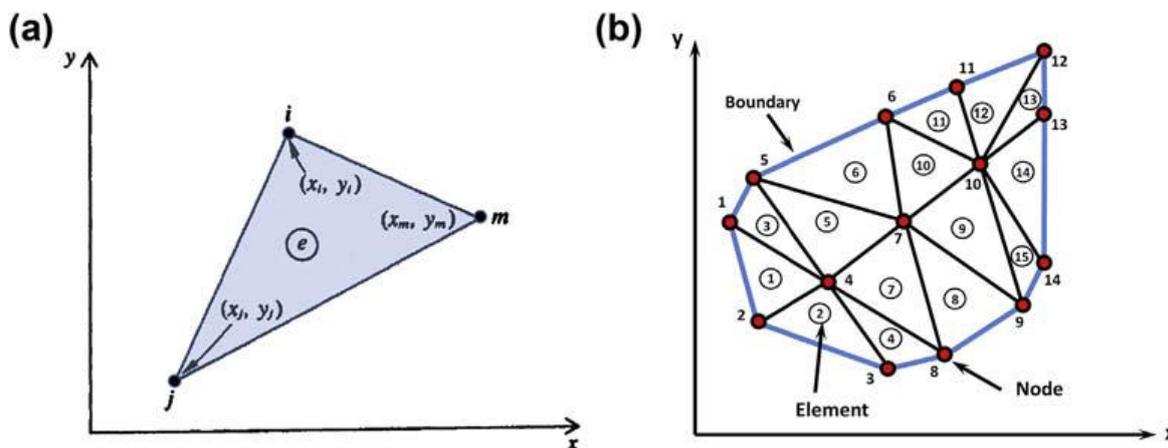
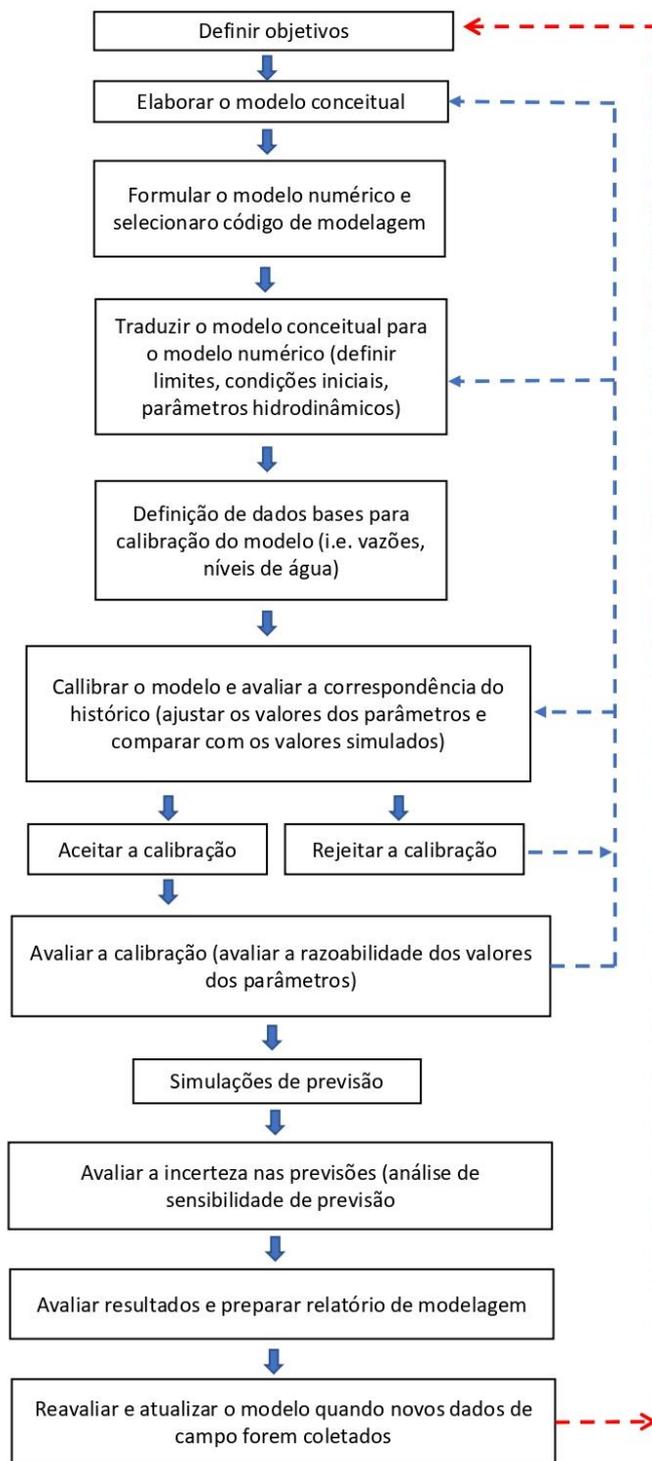


Figura 2 Malha bidimensional horizontal de elementos finitos com elementos triangulares e notação. (a) Um elemento triangular representativo com nós  $i, j$  e  $m$ , rotulados em ordem anti-horária, com coordenadas espaciais  $(x, y)$ ; (b) Elementos triangulares, com números de elementos dentro de círculos, são definidos pelos nós numerados. Os elementos se ajustam à fronteira do domínio do problema. Fonte: Modificado de ANDERSON; WOESSNER; HUNT (2015).



Sendo assim, confecciona-se um modelo numérico hidrogeológico em regime permanente, a fim de simular as condições do aquífero em um estado de equilíbrio, onde a variação do armazenamento tende a zero. Esse servirá de base para dois cenários de modelos numéricos hidrogeológicos em regimes transientes, onde o equilíbrio é perturbado e já existe a variação de armazenamento. A Figura 3 apresenta de forma sintetizada o fluxograma de trabalho das etapas de modelagem de água subterrânea.

Figura 3 – Fluxo de trabalho para modelagem de águas subterrâneas. Fonte: Modificado de ANDERSON; WOESSNER; HUNT (2015).

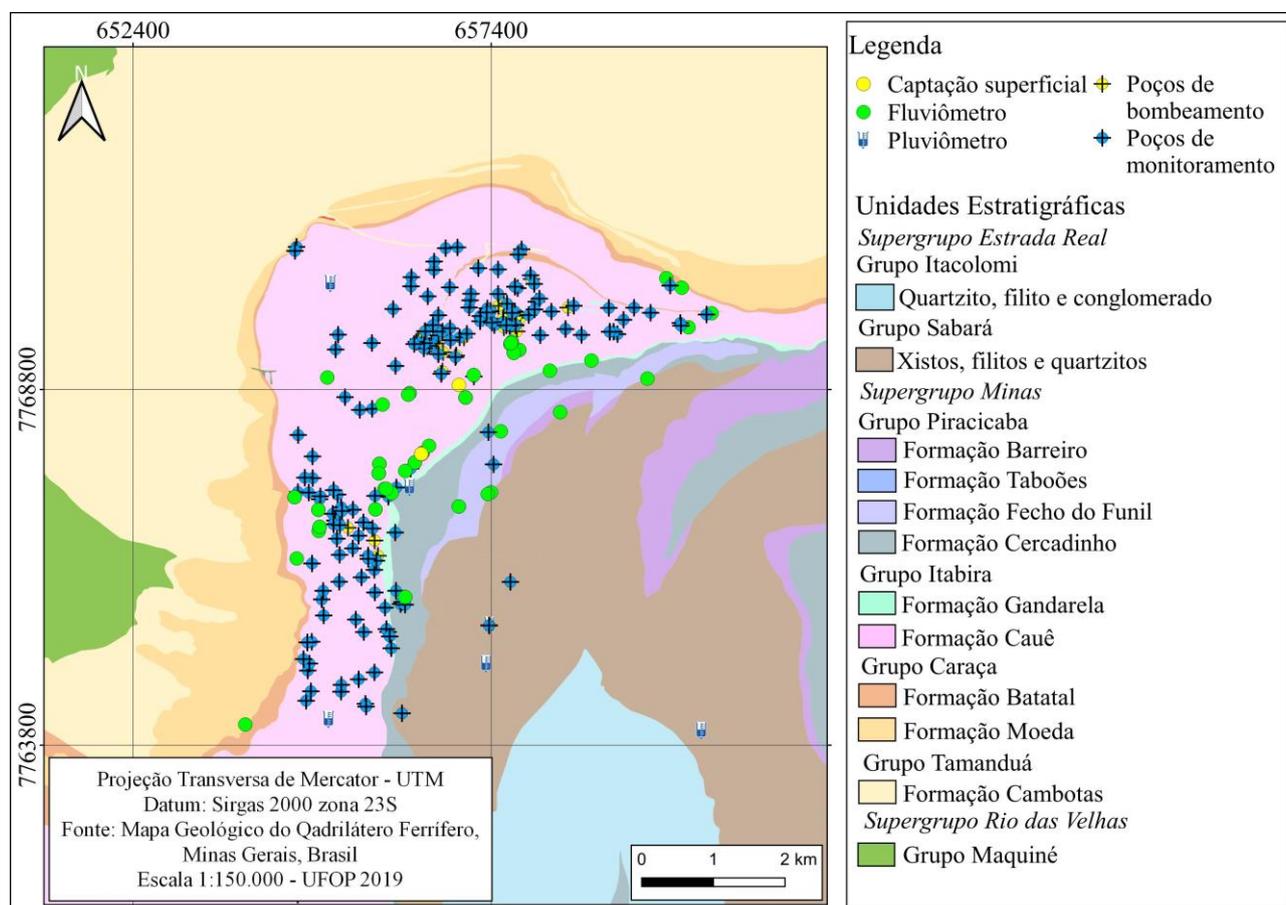


## RESULTADOS

O monitoramento hídrico é realizado por diversos tipos empreendimentos em respeito as condicionantes ambientais. A Figura 4 apresenta esse exemplo de uma rede monitoramento hídrico com dezenas de poços de monitoramento para análise da variação do nível d'água, com estações fluviométricas para monitoramento das vazões dos cursos d'água, e com estações pluviométricas para monitoramento do volume de chuva. O uso em conjunto desses três métodos de monitoração

possibilita o dimensionamento da disponibilidade hídrica local e regional ao longo do ano hidrológico.

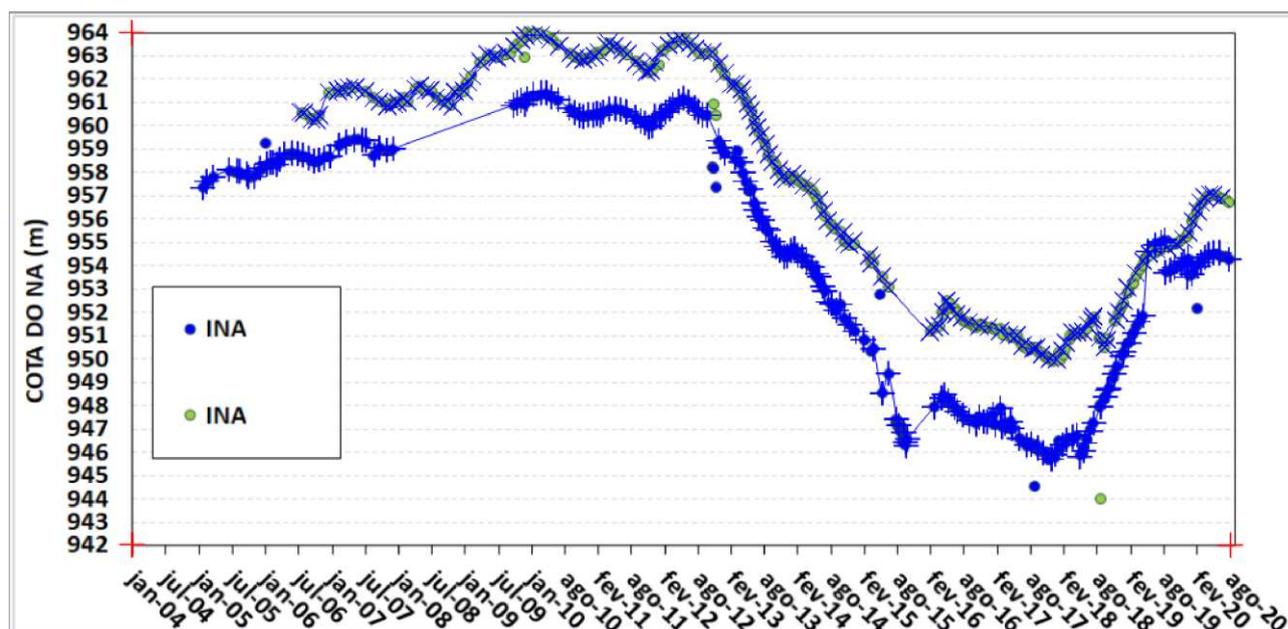
Figura 4 - Mapa exemplo de uma rede de monitoramento hídrico.



Há um grande desafio na aquisição dos dados de monitoramento hídrico de disponibilidade pública. As fontes principais no estado de Minas Gerais são o site de Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) - <http://www.siam.mg.gov.br> e o site da HIDROWEB - <https://www.snirh.gov.br>. Eles se encontram nos arquivos de outorga de empreendimentos minerários desse site. Em sua maioria estão disponíveis em relatórios de pesquisa hidrogeológica elaborados por consultorias contratadas pelas mineradoras. Os estudos disponibilizam os dados tratados ou apresentados em gráficos, sendo necessário o emprego do *software Engauge Digitizer™* para amostragem dos dados contidos nos gráficos, e construção de uma tabela com os dados brutos das séries históricas de vazões de cursos d'água e variação do nível d'água (Figura 5). O software mapeia os dados a partir de três pontos base que informam as dimensões e valores no gráfico. O mesmo pode ser usado para obtenção de coordenadas em UTM.

Esse método traz grandes soluções ao desafio de obtenção de dados quando o mesmo não é disponibilizado em tabelas, apenas em gráficos. Mas há uma incerteza atrelada ao dado obtido dessa maneira, a depender da escala do gráfico em relação a escala de detalhe necessária para análise, onde seria preciso imputar desvios padrões nos valores apresentados nos gráficos. Faz-se necessário então, exportação do mesmo no formato de tabela, e validação do dado após a amostragem, através da comparação do resultado exportado com os pontos no gráfico.

Figura 5: Exemplo de amostragem de dados de cota de nível d'água de duas séries históricas de INAs.



Após validação dos dados, os mesmos podem ser organizados nas seguintes tabelas, como exemplo. A Tabela 1 apresenta um exemplo prático de organização de dados de piezômetros e Indicadores de Nível d'Água (INAs). Um ponto muito importante a ser considerado nessa tabela quanto nas demais é que todo instrumento de medição seja de nível d'água ou vazão deve ter um nome ou código, e coordenada associado. O nome e a coordenada atribuem identidade e localização ao dado que representa uma característica de seu ambiente.

Dados de INA deverão ter a cota do nível d'água, ou pelo menos a cota da superfície no local do poço de monitoramento e a profundidade do nível d'água, e a data da medição. Os dados de séries históricas, em geral, têm como características o tempo, a localização espacial e seu valor atribuído. No caso da Tabela 1 optou-se por atribuir a profundidade do poço, o tipo de instrumento e a unidade aquífera, para futuros tratamentos e análises.

Tabela 1: Exemplo de tabela para organização de dados de séries históricas de monitoramento de cota do nível d'água da água subterrânea.

Nome	Coordenadas	Profundidade (m)	Tipo de instrumento	Data da medição	Profundidade NA (m)	Cota do nível d'água	Unidade aquífera
------	-------------	------------------	---------------------	-----------------	---------------------	----------------------	------------------

Tabela 2 apresenta um exemplo de organização de dados de monitoramento de vazão de cursos d'água. Faz-se necessário conhecer o nome do instrumento, sua localização e seu tipo, a data da medição, a vazão do curso d'água e seu nome.

Tabela 2 - Exemplo de tabela para organização de dados de séries históricas de monitoramento de vazões de cursos d'água.

Nome/ Código	Coordenadas	Tipo de instrumento	Data da medição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Nome do curso d'água
--------------	-------------	---------------------	-----------------	---------------------------	----------------------

Tabela 3 apresenta um exemplo de organização de dados de vazão de bombeamento por poços tubulares. Faz-se necessário conhecer o código ou nome do poço, sua localização, o tipo de dado que

pode ser a vazão outorgada do poço, ou sua vazão medida por um hidrômetro, a data da medição e a vazão bombeada.

Tabela 3 - Exemplo e tabela para organização de dados de vazões de bombeamento outorgadas ou monitoradas de poços tubulares.

Nome/ Código	Coordenadas	Tipo de dado (Vazão outorgada ou monitorada)	Data da medição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
-----------------	-------------	----------------------------------------------	-----------------	---------------------------

## CONCLUSÃO

Após aplicação da metodologia de aquisição de dados públicos hidrogeológicos descrita nesse trabalho, concluiu-se que a disponibilização dos dados públicos cumpre com o objetivo de incentivar a pesquisa e estudos acadêmicos. Mas há uma alta necessidade de tratamento desses dados por *softwares* de amostragem de gráficos, o que aumenta a incerteza dos dados, e conseqüentemente, a confiabilidade, sendo necessário a validação e empregos de controles de qualidade. As irregularidades encontradas após a validação não entram no banco de dados, o que reduz os impactos sobre a confiabilidade dos dados adquiridos. Sugere-se ao órgão ambiental responsável pela gestão dos recursos hídricos, no caso desse trabalho, ao IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) a discussão de uma norma que exija a disponibilização dos dados brutos para futuras pesquisas.

## AGRADECIMENTOS

À oportunidade no projeto financiado pela SEMAD/IGAM, intitulado “Proposta de uma rede de monitoramento hidrometeorológica a partir de estruturas existentes na região do Quadrilátero Ferrífero tendo como área piloto a região do sinclinal Moeda, MG”. Ao Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG). Ao Programa de Pós Graduação em Geologia (PPGEOL/UFMG) e ao Laboratório de Estudos Hidrogeológicos (LEHID).

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. P.; WOESSNER, W. W.; HUNT, R. J. (2015). *Applied Groundwater modeling: simulation of flow and advective transport*. Elsevier, London-UK, San Diego-USA, Waltham-USA, Oxford-UK, 2, 555 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2015). NBR ISO 9000: *Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos*. 3, 32 p.
- CABRAL, J. J. S. P.; DEMÉTRIO, J. G. A. (2008). “Aplicações de modelos em hidrogeologia”, in *Hidrogeologia – conceitos e aplicações*. Org. por Feitosa, F.A.C; Manoel Filho, J.; Feitosa, E. C.; Demétrio, J. G.A. ed. CPRM, Rio de Janeiro – RJ, 3, pp. 687 – 705.
- ENGAGE DIGITIZER (2019). GNU GPL. Disponível em: <http://markummittchell.github.io/engage-digitizer/>. Acesso em: 06 mai. 2023.
- FEITOSA, F. A.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G.A. (2008) *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. CPRM, Rio de Janeiro – RJ, 3, 812 p.
- LAZARIM, H. A.; LOUREIRO, C.O. (2000). “Modelagem hidrogeológica computacional do sistema de fluxo de águas subterrâneas no bairro Jardim Canadá – quadrilátero ferrífero, Nova Lima, MG” in *Anais do XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 20 p.
- MANOVICH, L. (2012). “The database”, in *Theory in Contemporary Art since, 1985*. Org. por Kocur, Z. e Leung, S. Wiley-Blackwell, 2.

NOGUEIRA, G. E. H., & KIANG, C. H. (2015). *Simulação numérica de fluxo de águas subterrâneas do aquífero rio claro, porção nordeste do município de Rio Claro, SP*. *Águas Subterrâneas* 29(2), pp. 175–190.

PINHEIRO, F. B. (2002). *Controle de qualidade em banco de dados*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 97 p.

SETZER, V. W. (1999). “*Dado, informação, conhecimento e competência*”. *DataGramZero – Revista de Ciência da Informação* 0(0), 11 p.

YONG, C. S. (1979). *Banco de dados: organização, sistemas e administração*. Tese de mestrado. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 200 p.