



PROPOSTA DE UM ROTEIRO PARA IDENTIFICAÇÃO DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA

PROPOSED SCRIPT FOR IDENTIFICATION OF SPRINGS AND WATER COURSES

Gustavo Simão^{1,2}; Antonio Pedro Viero²; Jader Lima Pereira³

Artigo recebido em: 30/08/2022 e aceito para publicação em: 08/03/2023.

DOI: <http://doi.org/10.14295/holos.v23i1.12482>

Resumo: A água é um recurso primordial à subsistência das formas de vida e para o qual a demanda tem crescido anualmente; assim, a proteção dos locais “produtores” de água, como nascentes e olhos d’água, tem elevada importância. Neste cenário, a crescente demanda por espaço tem avolumado a pressão sobre estes ambientes. Não obstante ser esta uma problemática crescente, raras são as ferramentas que permitem padronizar as análises hidrogeológicas da existência de mananciais hídricos, especialmente em áreas antropizadas. Neste sentido, o presente trabalho almeja, por meio da proposição de um roteiro técnico tripartite, trazer à luz uma metodologia que permita aos entes e entidades relacionados ao licenciamento ambiental e à gestão territorial segurança técnica no processo de tomada de decisão. O roteiro engloba técnicas e conhecimentos que devem ser considerados em uma análise de mananciais hídricos, roteirizando de forma ordenada e sistemática passos e informações imprescindíveis. A metodologia proposta é composta por três fases, caracterizadas pela construção de um modelo conceitual em cada uma delas. Mediante o proposto, espera-se trazer celeridade, uniformização e robustez às análises hidrogeológicas. Como fim, pretende-se contribuir na construção de orientações técnicas que resultem na preservação e proteção dos mananciais hídricos, defronte a pressão que estes ambientes sofrem.

Palavras-chave: Nascentes. Mananciais hídricos. Hidrogeologia. Água. Ordenamento territorial.

Abstract: Water is a fundamental resource for the subsistence of life forms and for which the demand has grown at 1%/year; thus, the protection of water “producing” places, such as springs and water holes, is of high importance. In this scenario, the growing demand for space has increased the pressure on these environments. Despite this being a growing problem, there are few legal tools that allow for the standardization of hydrogeological analyzes of the existence of water sources, especially in anthropized areas. In this sense, the present work aims, through the proposition of a tripartite technical roadmap, to bring to light a methodology that allows entities and entities related to environmental licensing and territorial management technical security in the decision-making process. The roadmap encompasses techniques and knowledge that must be considered in an analysis of water sources, routing in an orderly and systematic way steps and essential information. The proposed methodology is composed of three phases, characterized by the construction of a conceptual model in each of them. Through the proposed, it is expected to bring speed, uniformity and robustness to hydrogeological analyses. As an end, it is intended to contribute to the construction of technical guidelines that result in the preservation and protection of water sources, in the face of the pressure that these environments suffer.

Keywords: Springs. Water resources. Hydrogeology. Water. Land use planning.

¹Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC. E-mail: (simao.geologia@gmail.com)

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. E-mail: (antonio.viero@ufrgs.br)

³Profissional autônomo E-mail: (jaderlimapereira@gmail.com)

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial, seja como componente de seres vivos, como habitat de diversas espécies vegetais e animais, ou como fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas. É considerada o recurso natural de maior importância ambiental, social e econômica (FAO, 2015). O uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% ao ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. A demanda mundial por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante. Mais de 2 bilhões de pessoas vivenciam um alto estresse hídrico e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. (UNESCO, 2019). Ainda, segundo UNESCO (2019), água potável e saneamento básico são reconhecidos como direitos humanos básicos, uma vez que eles são indispensáveis para sustentar meios de subsistência saudáveis e fundamentais para manter a dignidade dos seres humanos; o crescimento da demanda por água e subsequente elevação do estresse hídrico é decorrente do aumento populacional e da urbanização.

Neste sentido, Cavalcanti (2013), afirma que o grande crescimento da ocupação antrópica vem ocasionando profundas modificações nos sistemas naturais. Mendonça et al. (2002 apud Cavalcanti, 2013), relata que o homem, na busca do progresso econômico causa a degradação dos recursos naturais e poucos são os centros urbanos que desfrutam de fontes hídricas ainda intactas ou em bom estado de conservação.

Apesar de protegidas legalmente desde 1934 pelo Código das Águas (BRASIL, 1934), historicamente, a preservação das nascentes e cursos d'água não tem se concretizado na integralidade. As características do modelo urbano de desenvolvimento levaram à ocupação de suas áreas e, subsequentemente, a processos de degradação como a remoção da cobertura vegetal, aterramento e/ou a drenança, que alteram toda a dinâmica fluvial e reduzem o volume de água superficial.

Sendo assim, vários conflitos têm surgido no âmbito do gerenciamento ambiental do uso e ocupação do solo. Apesar de ser uma problemática que se avoluma, poucas são as normatizações que permitem padronizar as atividades relacionadas à caracterização dos mananciais hídricos como nascentes, olhos d'água e cursos d'água. As orientações existentes nem sempre abordam de forma satisfatória as temáticas que se fazem importantes em uma análise hidrogeológica. Decorre daí um grande impasse em

discussões referentes a licenciamentos e perícias ambientais e uma lacuna a ser preenchida.

O presente trabalho busca, por meio de uma abordagem multidisciplinar, a proposição de um roteiro de critérios técnicos para identificação de nascentes e cursos d'água naturais que possibilite a licenciadores, consultores e empreendedores segurança técnica no processo de tomada de decisão. A metodologia engloba técnicas e conhecimentos que devem ser considerados em uma análise hidrogeológica de nascentes e olhos d'água.

2 ASPECTOS LEGAIS

A legislação ambiental brasileira é muito ampla e possui nítida preocupação com a manutenção dos recursos naturais. As feições geomorfológicas como nascentes, cursos d'água, topos de morro e margens fluviais são elencadas como elementos prioritários para a proteção. Contudo, no que tange aos mananciais hídricos produtores de água, existem lacunas que dificultam a aplicação prática, (Carmo et al., 2014).

As definições encontradas sobre nascentes na legislação brasileira que trata especificamente dos recursos hídricos são breves e eventualmente contraditórias. A primeira citação dos termos é encontrada no Código de Águas (BRASIL, 1934), que considera “nascentes” as águas que surgem naturalmente ou por indústria humana. A citação mais recente é a encontrada no Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que em seu capítulo primeiro conceitua nascente como sendo “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água”, esta ainda define olho d'água como “afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente”. Vemos nestas legislações uma mudança importante, pois o código das águas considera nascentes mesmos àquelas fruto da ação humana.

Surpreendentemente, nenhuma definição ou citação é encontrada na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), que institui os instrumentos para o gerenciamento de recursos hídricos. No entanto, quando se adentra na interação entre a esfera legal e a aplicabilidade técnica dos conceitos, encontra-se uma carência no que tange aos critérios para identificação e enquadramento de nascentes e demais mananciais hídricos.

Percursor no tema é o Estado do Rio Grande do Sul que, através da resolução CONSEMA nº 380 /2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018), dispôs sobre os critérios para

identificação e enquadramento de um tipo de área úmida típico da região, os banhados. Regionalmente, no sul do Brasil as áreas úmidas (AU) são conhecidas pelo termo banhados. Segundo Burger (2006), estas são áreas alagadas permanente ou temporariamente, conhecidas na maior parte do país como brejos; são também denominados de pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados, entre outros.

Esta resolução, em seu conteúdo traz aspectos fundamentais à identificação de uma área como banhado, focando na presença de aspectos pedogenéticos relacionados a regiões úmidas (solos glei ou hidromórficos), além de aspectos florísticos, por meio de uma listagem de plantas hidrófilas, típicas destes ambientes úmidos no estado e por último, a identificação do afloramento do lençol freático. Outro aspecto importante desta resolução é de forma pioneira apontar um aspecto temporal para a definição das condições de intermitência (150 dias de solo saturado).

Data do ano de 2019 a publicação do Enunciado nº 03 (IMA SC, 2019) de iniciativa do Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, o qual versa sobre a caracterização física de cursos d'água naturais. Este documento é composto por quatro itens, englobando aspectos locais e de situação em relação à hidrografia. Nesta metodologia, a avaliação se dará por meio do monitoramento semanal do fluxo de água nos talwegues identificados e representados no mapa planialtimétrico por no mínimo 3 (três) meses corridos. Além disso, é solicitado acompanhamento das condições climáticas no período avaliado.

Ambos os documentos, a sua maneira e especificidade, trazem conceitos importantes dentro da análise de recursos hídricos, no entanto, são deficitários em alguns aspectos. A resolução CONSEMA nº 380 /2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018) carece de uma abordagem do histórico de uso e ocupação do solo explicitada em seus critérios; já o Enunciado nº 03 (IMA SC, 2019) falha ao restringir a avaliação às informações geográficas oriundas da restituição hidrográfica da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina (SDE), obtidas de um levantamento aerofotogramétrico em escala 1:10.000. Este enunciado poderia ainda ser aprimorado ao exigir a aferição do nível d'água em sondagens rasas, especialmente em momentos em que a feição hídrica não apresenta fluxo superficial; assim como a periodicidade de visita semanal resulta em oneração excessiva.

Como ato de esclarecimento, o presente artigo não tem como foco discorrer sobre os aspectos legais referentes às nascentes e cursos d'água, assim como às particularidades que envolvem a proteção através da delimitação das áreas de preservação

permanente (APP). Estes temas foram extensivamente discutidos por Souza et al. (2019). Porém, ressalta-se a importância de uma conceituação técnica consolidada, que esteja em consonância com a literatura científica.

3 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

A escassez de estudos escritos sobre nascentes no Brasil acentua a imprecisão a respeito da definição do termo. A conceituação técnica não está transmitida de forma evidente e coesa na legislação vigente, principalmente quando se remete aos aspectos de intermitência e efemeridade dos recursos hídricos.

De acordo com o Dicionário Aurélio (Ferreira, 2010), nascente significa “fonte de um curso de água, cabeceira”. Já o *international glossary of hydrology* (WMO, 2012) denomina nascente pelo termo *spring*, significando o lugar onde a água emerge naturalmente da rocha ou do solo e flui pela superfície ou para um corpo hídrico superficial. Kresic (2006) define nascente como o local da terra onde há descarga de água subterrânea do aquífero, criando um fluxo visível. Já segundo Deuller (1998), *spring* é o ponto de descarga natural da água subterrânea para a superfície.

Kresic & Stevanovic (2010) consideram que nascentes são divididas em dois grupos, com base na natureza da carga hidráulica do aquífero: nascentes de gravidade e nascentes artesianas.

1. Nascentes de gravidade (*gravity spring*): “emergem sob condições não confinadas onde o nível de água intersecta a superfície”.
2. Nascentes artesianas (*artesian spring*): “exsudam sob pressão devido a condições confinadas no aquífero subjacente”. Também são chamadas de nascentes ascendentes.

4 MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

Na abordagem aqui proposta será utilizado o conceito construído pelos próprios autores, os quais consideram que nascentes correspondem a feições hidrogeomorfológicas, onde o aquífero é interceptado naturalmente pela superfície do terreno, resultando na descarga de água subterrânea para a superfície, a qual flui dando início a um curso d’água.

4.1 Definição da escala temporal de análise

A escala temporal de monitoramento a ser adotada é importantíssima para que se tenha a otimização de recursos financeiros, sem prejudicar a máxima eficiência na análise técnica. O intervalo de observação deve ser definido e justificado ante a característica climática da região, com destaque para o comportamento pluviométrico anual e o balanço hídrico. Em regiões onde a estação seca é pronunciada, espera-se uma oscilação do nível freático mais significativa e por consequência, variabilidade maior da posição de exsudação de água. Neste contexto, a análise deve atingir de 6 meses a um ano, com visitas de campo a cada um ou dois meses.

Já em regiões onde a chuva é bem distribuída ao longo do ano, tipicamente não se tem registro de significativas variações do nível freático, o que resulta em pouca variabilidade do ponto de exsudação de água. Para este contexto, a análise pode ser realizada em tempo menor que um ciclo hidrológico, com visitas de campo sendo realizadas em período mais curto.

Somente a partir de apresentação e discussão da caracterização climática através do registro da precipitação da área de interesse, com medidores locais próprios ou por meio de estações meteorológicas, é possível se definir a escala da abordagem em termos de incursões de campo. Não cabe, portanto, a definição de uma regra geral, entretanto, é tecnicamente justificável que pelo menos quatro visitas sejam realizadas, e que, pelo menos duas destas sejam realizadas em período que suceda a 15 dias de estiagem.

4.2 Caracterização de campo do meio físico

Além da caracterização do meio físico com dado secundários, é imperativo que seja realizada um levantamento de campo a nível de detalhe, em especial do solo e da geologia: granulometria, grau de seleção, mineralogia macroscopicamente, presença de matéria orgânica, presença de óxi-hidróxidos e seu provável estado de oxirredução, cor do sedimento/solo, plasticidade e saturação de água. Há uma profunda sinergia entre as características do meio poroso e o comportamento do aquífero. O grau de saturação do solo influencia profundamente os processos geoquímicos relacionados a este ambiente, principalmente no que compete ao estado de oxirredução dos metais e a preservação de matéria orgânica.

A presença de feições do tipo *glei* é uma importante ferramenta para a confirmação da presença de solos hidromórficos e potencialmente da presença de nascentes, porém, a não presença de solos hidromórficos não é feição excludente, já que podem ocorrer no local tipologias de nascente como as de fratura, as quais são diretamente associadas a rocha inalterada ou branda.

4.3 Aerofotointerpretação aliada a análise multitemporal

A interpretação geomorfológica de imagens e fotografias aéreas já vem sendo aplicada ao longo dos anos em diferentes campos científicos e técnicos. A variação da morfologia do terreno observada através da visão 3D (estereoscópica) permite a delimitação de talvegues, o que favorece e viabiliza a utilização da fotointerpretação no processo de identificação de nascentes e cursos d'água. Esta análise quando utilizada em diversos conjuntos de fotos de diferentes períodos permite a análise temporal do uso do solo e eventuais alterações que possam ter ocorrido. Além disso, o uso de fotointerpretação permite a avaliação de recortes temporais passados, quando as alterações no terreno eram menores.

4.4 Geoprocessamento

O emprego das diferentes técnicas de geoprocessamento é essencial para um bom planejamento e execução de uma análise de recursos hídricos. Pode ser utilizado um agrupamento de técnicas que auxiliam na extração, processamento e análise de dados através de *softwares*, sistemas de informações geográficas (SIG), que integram a cartografia digital, o sensoriamento remoto, fotointerpretação, sistema de posicionamento global e a topografia.

Aliado a fotointerpretação de aerolevantamentos, o uso de imageamentos de satélite de alta resolução espacial como modelos digitais de terreno (MDT) e/ou modelos digitais de elevação (MDE) são ferramentas importantes. Softwares de SIG tem ferramentas para interpretação de MDT/MDE que permitem de forma automatizada traçar as potenciais hidrografias associadas ao fundo dos talvegues. Esta abordagem pode se tornar importantíssima para análise de locais sem base hidrográfica disponível ou para estudos a nível de bacia. As técnicas de sensoriamento remoto disponíveis auxiliam na caracterização

dos recursos naturais, através da interpretação de imagens aéreas, junção e sobreposição de vários planos de informação.

4.5 Sondagem

Por definição, nascentes são locais de transição do fluxo de base para o escoamento superficial. Sua caracterização se dá prioritariamente pela avaliação direta da presença da zona saturada do solo em contato com a superfície do terreno por meio de sondagens rasas. As sondagens devem ser realizadas em locais representativos da topografia do terreno, nos pontos de mais baixa cota ou a uma distância próxima (sugere-se <10m).

A intenção das sondagens rasas é aferir a presença de zona saturada do solo com água livre (aquífero). Portanto, deve-se apresentar no mínimo três perfis de sondagem para cada feição hídrica sob análise. Para trechos maiores que 100m lineares de drenagem, deve-se adicionar ao menos um ponto para cada 100m, no caso de nascentes difusas e áreas úmidas, deve-se adicionar 4 pontos para cada 50m de raio, sempre na posição de mais baixa cota topográfica dentro da depressão. Quando não for possível realizar a perfuração no local de menor cota, devido a presença de água, a sua posição deve ser indicada no mapa. As perfurações devem ser empreendidas até se atingir o nível freático ou até uma profundidade correspondente a uma estimativa da mínima variabilidade do aquífero (sugere-se 1m, mas poderá ser maior a depender da característica climática). A sondagem pode ser executada com trado manual ou mecanizado, registrando sempre a profundidade do nível d'água ou demonstrando a inexistência de água na perfuração por meio de fotos.

4.6 Relatório técnico

O relatório técnico deve apresentar os aspectos que subsidiaram a conclusão. Este deve ser composto pelo embasamento teórico, análise temporal de uso do solo, registro das incursões de campo e laudo conclusivo.

A linguagem do relatório deve ser técnica e sucinta. Os aspectos descritos devem estar acompanhados de uma boa e representativa exposição fotográfica dos elementos identificados e relatados, que pode ser apresentada em anexo juntamente com um mapa indicando os pontos fotografados.

4.7 Responsável técnico

A atividade deve ser sempre realizada por profissional habilitado junto ao conselho profissional; que tenha em seu rol de habilitação as atividades técnicas necessárias ao trabalho, como: hidrogeologia, geologia, solos e aerofotointerpretação.

5 RESULTADOS

5.1 Roteiro de critérios para identificação de nascentes

O roteiro proposto engloba técnicas e conhecimentos que devem ser considerados em uma análise hidrogeológica de mananciais hídricos, roteirizando de forma ordenada e sistemática passos e informações imprescindíveis (Figura 1). A metodologia proposta, é composta por três fases, caracterizadas pela construção de um modelo conceitual em cada uma delas. O modelo conceitual regional (MCR) é composto pelas características do meio físico da área de estudo. Esta fase teórico-bibliográfica vislumbra construir o embasamento teórico necessário para subsidiar as incursões de campo, assim como, mediante análise do perfil climatológico, definir a periodicidade e momentos das incursões de campo.

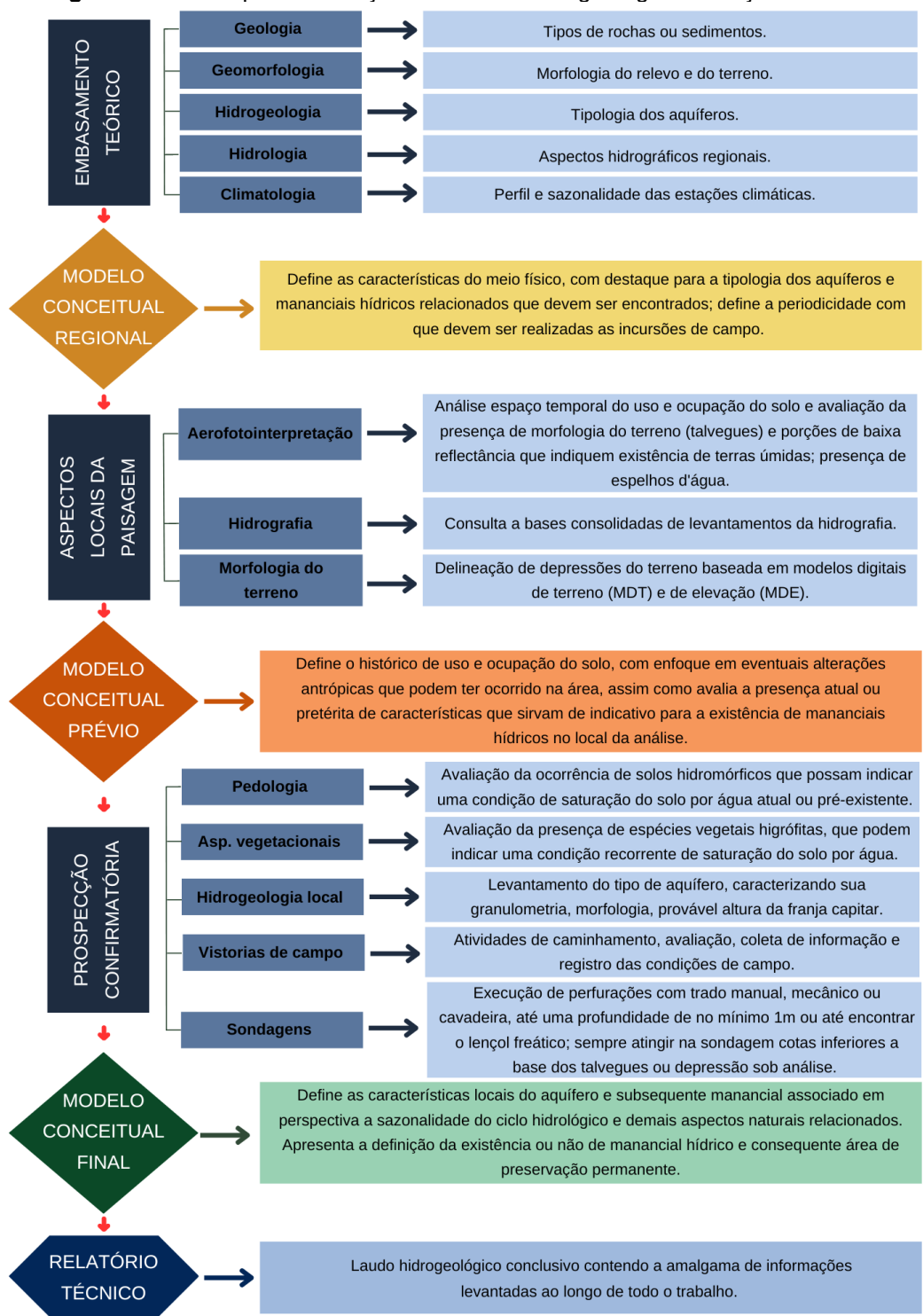
Já a segunda fase é marcada pela construção do modelo conceitual prévio (MCP). Este é formatado pela inclusão no MCR das informações obtidas pela análise espaço-temporal realizada por meio de aerofotointerpretação/geoprocessamento e pela avaliação das diversas bases de dados de mapeamento hidrográfico disponíveis.

O MCP congregará as informações relacionadas a caracterização genérica da área de estudo com as informações geomorfológicas atuais e pretéritas. Este modelo servirá como embasamento para as incursões de campo.

A terceira fase é caracterizada pela concepção do modelo conceitual final (MCF). Neste momento, serão correlacionadas as condições esperadas com aquelas levantadas em campo, agregando e confrontando as características preditivas que compõem o MCP com aquelas obtidas nas incursões de campo. Este modelo, ao contrário dos demais, além de características indicativas indiretas da existência de mananciais hídricos, trará informações diretas da condição e profundidade do aquífero freático na área de estudo, servindo de alicerce para a tomada de decisão a ser apresentada no relatório técnico (laudo hidrogeológico), que é o objetivo final.

Mediante o roteiro aqui apresentado, espera-se trazer celeridade, uniformização e robustez às análises e subseqüentes tomadas de decisão quanto a mananciais hídricos. Como fim, pretende-se colaborar com a preservação e proteção dos mananciais hídricos, alterados ou não, mediante a pressão expansionista das diferentes demandas antrópicas que estes ambientes sofrem.

Figura 1 - Roteiro para realização de análise hidrogeológica de feições hídricas



5.2 Aplicação dos critérios do roteiro proposto

5.2.1 Modelo conceitual regional

Conforme proposto no roteiro apresentado na Figura 1, a primeira etapa de aplicação do roteiro se dá por meio da construção do Modelo Conceitual Regional (MCR). A Figura 2 apresenta um exemplo de aplicação do método proposto. A localização foi omitida por questões de sigilo contratual.

O local tem relevo plano, coberto por sedimentos fluviais recentes. A hidrogeologia superficial é representada por aquíferos livres de porosidade granular. A área apresenta-se fortemente antropizada por uso agrícola, o que ocasiona dúvidas acerca da existência na propriedade de um manancial hídrico passível de APP.

Figura 2 – Área de estudo fortemente antropizada, com suspeita da existência de uma hidrografia

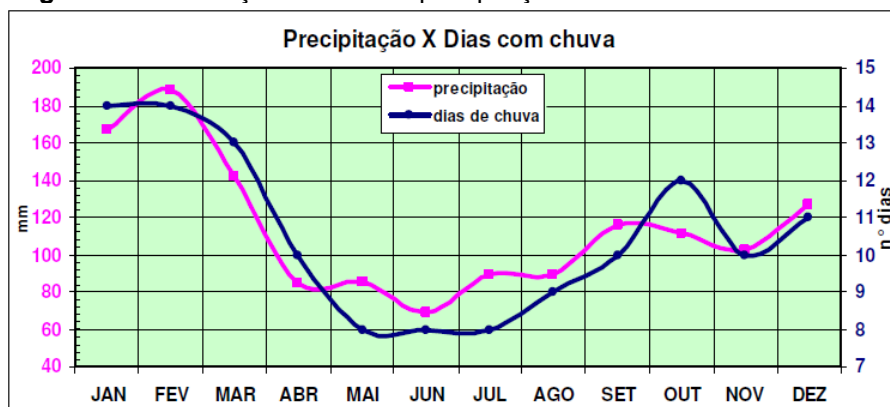


O MCR aponta para potenciais nascentes de gravidade, onde a água emerge sob condições não confinadas e o nível de água intersecta a superfície. Neste tipo de modelo

conceitual, com aquífero do tipo freático e solo argiloso, solos hidromórficos são esperados e sondagens rasas podem ser uma importante ferramenta de estudo. Ainda, o MCR indica que deve-se estender o monitoramento por pelo menos 9 meses, com visitas bimensais ou trimestrais.

A Figura 3 apresenta a distribuição de chuvas para a área exemplo. Fica evidente, neste caso, que a área apresenta duas estações pluviométricas bem delineadas. Neste contexto, as incursões de campo podem ter espaçamento bimensal ou trimestral com o monitoramento perfazendo ao menos 9 meses, garantindo que os trabalhos de campo abranjam ambas as estações pluviométricas.

Figura 3 - Distribuição mensal da precipitação e dias com chuva



5.2.2 Modelo conceitual prévio

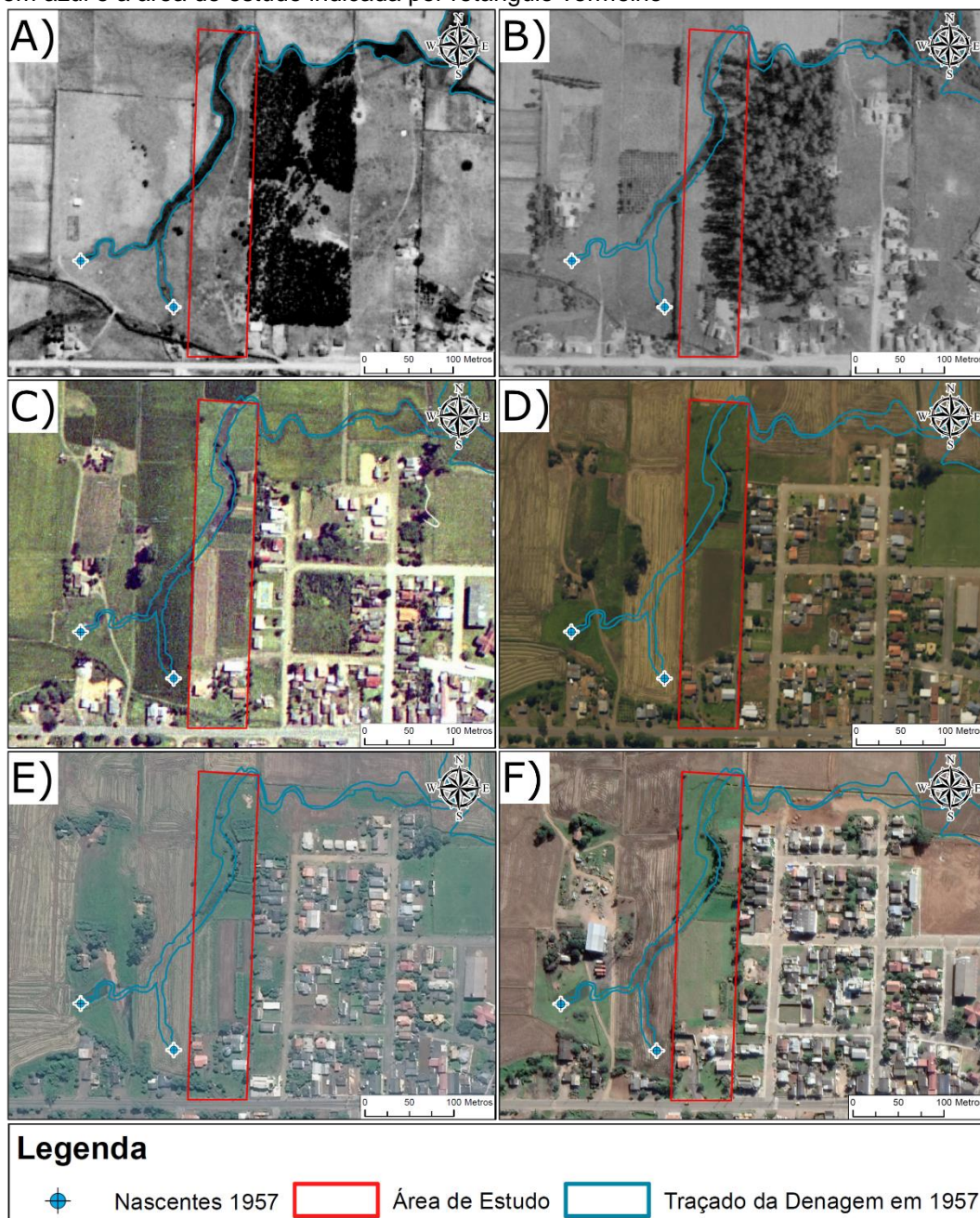
O modelo conceitual prévio (MCP) consiste na análise do histórico de uso e ocupação do solo, com vistas a avaliação da existência de feições morfológicas que indiquem potenciais mananciais hídricos, além da avaliação da persistência histórica das feições. No MCP fica evidente que há uma depressão sinuosa no terreno, indicando a presença de uma hidrografia, feição esta com persistência histórica. Ainda, o MCP demonstra que esta feição foi alterada por intervenções antrópicas relacionadas a atividade agrícola.

A Figura 4 apresenta uma sequência de fotos aéreas e imagens orbitais da área cobrindo 6 décadas de observação (1957-2023). A Figura 4A retrata a área em sua condição pouco antropizada, no ano de 1957. Neste momento a morfologia do terreno encontrava-se pouco alterado. Em azul é apresentado o traçado de um talvegue, que, potencialmente representa uma hidrografia com suas nascentes nas cabeceiras. A Figura

4B (1978) e Figura 4C (2000) demonstram a evolução na ocupação antrópica da área, com o crescimento de edificações na região.

A Figura 4D (2010) apresenta uma intervenção relevante na área do ponto de vista de uso do solo, onde áreas potenciais de cabeceiras da hidrografia foram alteradas para o uso de rizicultura irrigada. Esta atividade permanece em expansão na Figura 4E (2014), tornando-se o uso do solo predominante na Figura 4F (2021).

Figura 4 – Conjunto de retratos temporais perfazendo mais de 6 décadas de uso e ocupação do solo da área de estudo. Limites da hidrografia em azul, cabeceiras representadas por círculos em azul e a área de estudo indicada por retângulo vermelho



5.2.3 Modelo conceitual final

Obtido o MCP e definida a escala temporal observacional, o próximo passo da metodologia é a prospecção confirmatória, em acordo com o disposto no roteiro apresentado na Figura 1. Neste momento, são feitas as incursões de campo e a construção do modelo conceitual final (MCF).

Para a área exemplo, o talvegue não alterado pela rizicultura identificado na Figura 4F representa uma depressão visto na realidade de campo (Figura 5A). Ainda no exemplo proposto, para jusante, onde no MCP apontou uma alteração da morfologia do terreno, foi identificada uma extensão da drenagem para jusante completamente descaracterizada, configurando uma vala linear artificialmente escavada (Figura 5B). A análise do solo e da morfologia do terreno, realizada durante o percorrimto da área pré-definida no MCP, identificaram a presença de água aflorante e corrente ao longo da base da depressão, como apresentado na Figura 5E.

Na metodologia proposta, é esperado que as atividades de campo sejam convergentes com os aspectos paisagísticos identificados *in loco*. No exemplo apresentado, as atividades de campo foram concordantes, pois, conforme disposto na Figura 5A, na área não interferida existe uma depressão no terreno, sendo que se identificou em campo fluxo de água no talvegue. Ainda, neste local foram realizadas escavações para descrição do solo. Nas porções mais rasas (<1m) foi encontrado um solo argiloso plástico (Figura 5C). Aprofundada a coleta de amostras (>1m), encontraram-se solos argilosos com feições de oxirredução que indicam constante saturação do solo, as mencionadas feições “glei” (Figura 5D).

Para casos onde o MCP indique aquíferos freáticos, conceitualmente, como apresentado na Figura 5 E e F, a água corrente na base da depressão (Figura 5E) deve representar a materialização em superfície da zona saturada do solo (aquífero) (Figura 5F). Nesta condição devem-se empreender sondagens rasas fora da calha de drenagem, para se aferir a presença de zona saturada do solo (Figura 5F) e sua correlação de nível com o fluxo de água corrente (Figura 5E).

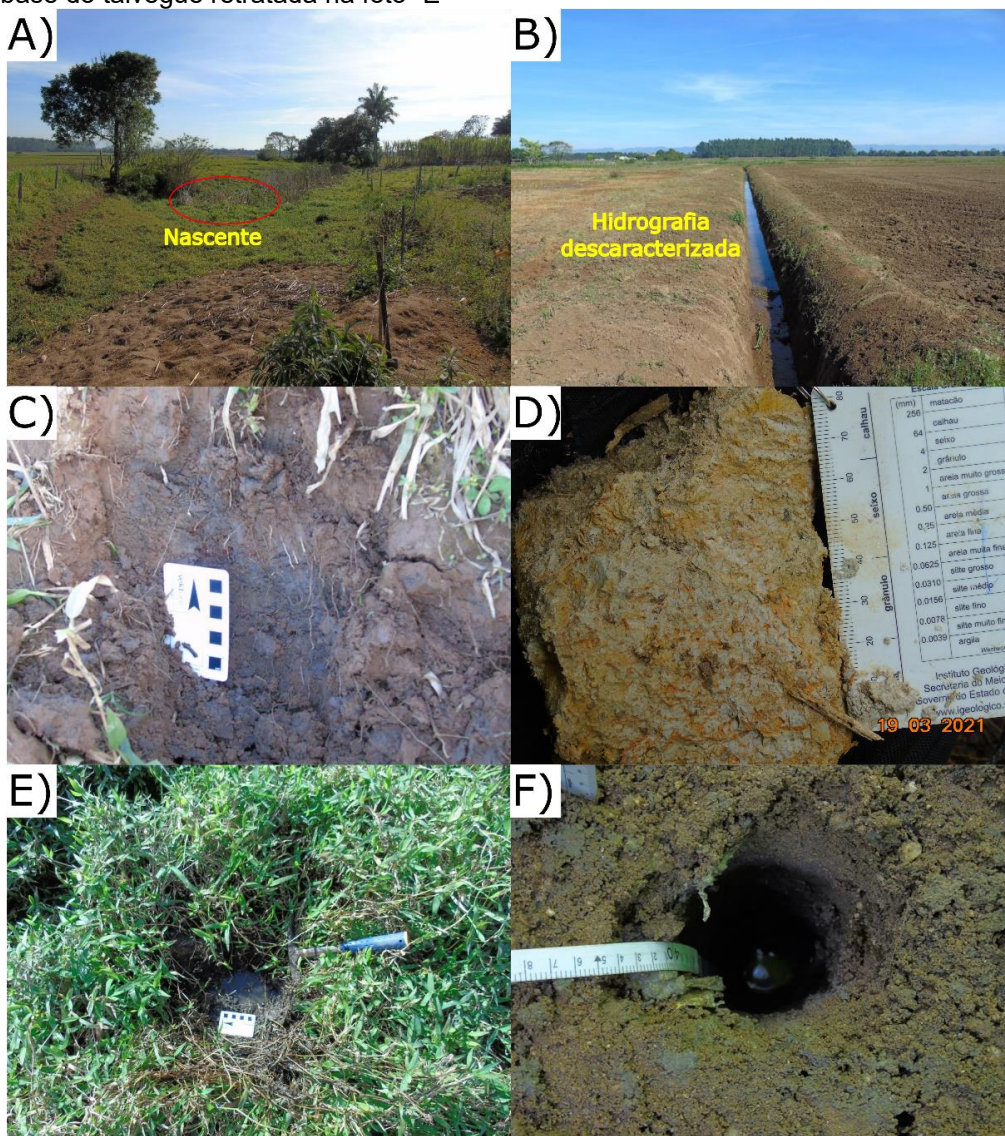
Para casos onde se tenha dúvidas quanto a intermitência do fluxo, podem ser construídos piezômetros, os quais permitiram a medição e comparação do nível d’água em campanhas subsequentes.

5.2.4 Relatório técnico (laudo hidrogeológico)

Por fim, com a consolidação das informações do MCR e MCP no MCF, permite construir um relatório técnico que deve congrega os aspectos que subsidiaram a conclusão apresentada.

Para a área exemplo, as atividades realizadas possibilitaram confirmar a existência de uma nascente, assim como de um curso d'água em sua calha natural, sendo descaracterizado por canalização aberta a jusante. O sistema hídrico em questão, que compreende nascente e curso d'água, se mostrou perene e de importância ecológica.

Figura 5 - Conjunto de fotos retratando os diversos aspectos do meio físico da área exemplo. A) Vista da depressão topográfica, potencial nascente; B) Extensão de jusante da hidrografia completamente artificializada; C) Solo da zona insaturada; D) Solo glei da zona saturada; E) Água livre e corrente sobre o solo na base do talvegue; F) Nível freático identificado em sondagem à cotas correlatas a base do talvegue retratada na foto "E"



Tal conclusão congregou a observação em sondagem rasa, da zona saturada do solo, com água livre (lençol freático), em cota equivalente àquela da água sob o solo no talvegue, corroborada pela presença de solos hidromórficos (glei) e persistência temporal da feição hídrica em fotointerpretação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta é alicerçada em uma abordagem de construção de modelos conceituais evolutivos e se mostra satisfatória para atendimento ao intento pretendido. O modelo conceitual regional (MCR) permite o entendimento da área de interesse em nível regional. O modelo conceitual prévio (MCP) aproxima a análise da área de interesse, trazendo conhecimento sobre o histórico da paisagem e suas alterações, especialmente as antrópicas. Por sua vez, o modelo conceitual final (MCF) congrega os modelos anteriores com as informações de detalhe obtidas ao longo das incursões de campo, configurando uma análise multiescalar.

O roteiro técnico apresenta uma metodologia que permite aos entes e entidades relacionados ao licenciamento ambiental e à gestão territorial segurança técnica no processo de tomada de decisão. Este engloba técnicas e conhecimentos que devem ser considerados em uma análise de mananciais hídricos, roteirizando de forma ordenada e sistemática passos e informações imprescindíveis.

A aplicabilidade da técnica proposta no presente artigo foi confrontada de frente a um problema real. Nesta, os diversos aspectos do roteiro se mostraram complementares para o entendimento das características de um recurso hídrico. A construção do MCR e posteriormente do MCP, permitiram que quando da incursão de campo muito do ambiente já estivesse compreendido, com destaque para a persistência histórica da existência de um talvegue no local e as alterações que a paisagem sofreu. Por fim, as indispensáveis incursões técnicas de campo permitiram a identificação de fluxo perene de água no talvegue e, por meio de sondagens rasas, a identificação do lençol freático e de sua correlação com este fluxo superficial. A presença da zona saturada persistente foi corroborada pela identificação de solos hidromórficos (glei) em cota compatível com a do nível d'água no talvegue. O MCF culminou com a conclusão de que existe no local uma nascente, dando início a curso d'água, ambos naturais, porém, com alterações antrópicas à montante e a jusante.

A metodologia ao ser confrontada com a aplicabilidade se mostrou satisfatória, pois, permitiu a identificação da existência de uma feição hídrica (nascente e curso d'água) em uma área intensamente antropizada.

A construção do MCR e principalmente do MCP permitiu que o técnico fizesse as incursões de campo já conhecendo a condição do meio físico da área e eventuais alterações que a paisagem possa ter sofrido. Tal passo se mostrou fundamental para o exemplo de caso, quando a paisagem sofreu alterações de montante e de jusante. O MCP, ao ser aferido em campo, especialmente pelas sondagens rasas e vistoria da área, permitiu um aprimoramento que resultou no MCF, o qual por sua vez serviu de base para a construção relatório técnico, que indicou a presença de nascente e curso d'água, com áreas a proteger.

Desta forma, espera-se que o presente trabalho venha a contribuir na atividade dos entes e entidades relacionados ao gerenciamento ambiental do território, resultando na preservação e proteção dos mananciais hídricos, frente à pressão que estes ambientes sofrem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial [da] República dos Estados Unidos do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 27 jul. 1934b.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-374778-norma-pl.html>. Acesso em: 30 abril. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012a.

BURGER, M. I. **Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da Zona Costeira**. 2006. 60 p.

CARMO, L. G. do; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, Universidade Federal de Goiás, v. 34, n. 2, set. 2014. <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i2.31733>

CAVALCANTI, H. F. **Avaliação ambiental de nascentes do Rio Mundaú, Garanhuns/PE**. Universidade Federal de Sergipe, 2013. 93p. Dissertação de mestrado.

DELLEUR, Jacques Willy. **The handbook of groundwater engineering**. New York: Crc Press Llc, 940 p. 1998. <https://doi.org/10.1201/9781420048582>

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The outlook for 2050 is encouraging, globally, but much work is needed to achieve sustainable water use and ensure food security for all**. Rome, 2015. 76 p.

FELIPPE, M. F. & MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Geografias**, v. 9, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13354>

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário da língua portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. 2222 p. ISBN 978-85-385-4198-1.

IMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Enunciado nº 03** - Caracterização física de cursos d'água naturais. 2019. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/enunciados>. Acesso em: 25 maio 2020.

KRESIC, N. & STEVANOVIC, Z. **Groundwater hydrology of springs**. Oxford, UK: Elsevier, 2010. 592p.

KRESIC, Neven. **Hydrogeology and groundwater modeling**. 2. revised. ed. [s.l.] : CRC Press, 828p. 2006. <https://doi.org/10.1201/9781420004991>

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA nº 380 /2018**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201810/08143237-380-2018-criterios-para-identificacao-e-enquadramento-de-banhados-em-imoveis-urbanos.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SOUZA, K. I. S. *et al.* Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n.1, p. 76-86, 2019. <https://doi.org/10.14295/ras.v33i1.29254>

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **United Nations World water development report 2019: leaving no one behind**. France, 2019. ISBN 978-92-3-100309-7 Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>. Acesso em: 11 jul. 2019.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **International glossary of hydrology**. Switzerland, Geneva: WMO, 2012. 469 p.