MARIH: METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO ESPACIAL DO RISCO À INSEGURANÇA HÍDRICA APLICADA À DEFESA CIVIL

Claudio Cesar de Aguiar Cajazeiras [1] ; Mickaelon Belchior Vasconcelos [2] Valmor Jose Freddo Filho [3] & Itabaraci Nazareno Cavalcante [4]

Palavras-Chave – segurança hídrica; águas subterrâneas; seca

INTRODUÇÃO

A seca é um dos desastres naturais de maior recorrência e abrangência territorial no Brasil, produzindo impactos expressivos sobre o abastecimento de água, a produção agropecuária, a economia e a qualidade de vida da população, sobretudo nas regiões semiáridas. Diferentemente de desastres de evolução rápida, como inundações e enxurradas, a seca caracteriza-se por um processo gradual, cujos efeitos se intensificam ao longo do tempo. Essa característica possibilita a adoção de ações preventivas e de planejamento, desde que existam ferramentas capazes de identificar antecipadamente as áreas mais suscetíveis à insegurança hídrica e subsidiar a tomada de decisão pelos gestores públicos.

A gestão moderna do risco de desastres, fundamentada na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) e no Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015–2030, prioriza a prevenção, a mitigação e a preparação em substituição às ações exclusivamente reativas. Nesse contexto, o conhecimento da distribuição espacial da disponibilidade hídrica, da infraestrutura de abastecimento e da população exposta torna-se essencial para reduzir vulnerabilidades, fortalecer a resiliência das comunidades e orientar investimentos em infraestrutura hídrica.

Embora existam diferentes indicadores para avaliação da disponibilidade de água, muitos concentram-se em aspectos climáticos ou hidrológicos, sem integrar adequadamente informações hidrogeológicas, infraestrutura de abastecimento e distribuição espacial da demanda. Essa limitação é particularmente relevante em regiões onde as águas subterrâneas constituem a principal fonte de abastecimento durante os períodos de estiagem, tornando indispensável sua incorporação na avaliação do risco de insegurança hídrica.

Com essa perspectiva, Cajazeiras (2020) desenvolveu uma metodologia baseada na integração entre disponibilidade hídrica subterrânea, demanda populacional e análise espacial utilizando Unidades Territoriais de Análise (UTAs), representadas pelas Grades Estatísticas do IBGE. A metodologia permite estimar déficits de abastecimento, classificar níveis de risco e gerar mapas temáticos que identificam áreas prioritárias para intervenção. Além do diagnóstico espacial, seus produtos subsidiam a priorização de investimentos em perfuração e recuperação de poços, ampliação de sistemas de abastecimento e elaboração de planos de contingência voltados ao enfrentamento da seca.

Diante desse cenário, o presente trabalho apresenta a metodologia do Mapa de Risco à Insegurança Hídrica (MARIH) como instrumento de apoio ao planejamento preventivo da Proteção e Defesa Civil. Ao integrar informações hidrogeológicas, demográficas e de infraestrutura hídrica em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), o MARIH contribui para identificar áreas prioritárias para intervenção, apoiar a gestão integrada dos recursos hídricos e fortalecer as ações de prevenção, mitigação, preparação e resposta aos desastres associados à seca.

1) Serviço Geológico do Brasil: Claudio.cajazeiras@sgb.gov.br;
2) Serviço Geológico do Brasil: mickaelon.vasconcelos@sgb.gov.br;
3) Serviço Geológico do Brasil: valmor.freddo.sgb.gov.br e
4) Universidade Federal do Ceará: itabaraci@ufc.br

METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada em seis etapas sequenciais (Figura 1), integrando aquisição de dados, trabalhos de campo, modelagem espacial e análise do balanço hídrico.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia proposta



Na primeira etapa realizou-se a integração das bases de dados geoespaciais, contemplando o cadastro nacional de poços do SIAGAS, a Grade Estatística do IBGE (células de 1 km × 1 km), informações geológicas e hidrogeológicas, modelos digitais de terreno, imagens orbitais, rede viária e bases cartográficas de referência. Todos os dados foram organizados em ambiente SIG, possibilitando análises espaciais padronizadas.

A segunda etapa consistiu na atualização cadastral dos poços em campo. Foram levantadas informações referentes à localização, situação operacional (ativo, desativado, abandonado ou seco), vazão, qualidade físico-química da água (condutividade elétrica e pH), tipo de uso, população atendida e condições dos sistemas de abastecimento. Essas atividades foram executadas conjuntamente com as Defesas Civis Municipais, fortalecendo o processo de validação dos dados existentes no SIAGAS.

Na terceira etapa adotou-se como unidade espacial de análise a Unidade Territorial de Análise (UTA), correspondente às células regulares da Grade Estatística do IBGE. Essa abordagem reduz distorções provocadas pelos limites administrativos convencionais e permite representar de forma homogênea a distribuição da população e da infraestrutura hídrica, facilitando análises comparativas e automatização da metodologia.

Na quarta etapa foi realizado o cálculo do balanço hídrico de cada UTA. A demanda hídrica foi estimada pela relação: $Dem = P \times q$ em que P representa a população residente e q corresponde ao consumo médio diário per capita de 110 L hab^{-1} dia^{-1}. A disponibilidade hídrica foi obtida pelo somatório das vazões dos poços em operação, acrescida da disponibilidade potencial proveniente de poços passíveis de recuperação, considerando tempo médio de bombeamento de 12 horas diárias.

Na quinta etapa foi realizada a classificação do risco de insegurança hídrica mediante comparação entre demanda e disponibilidade. As UTAs foram classificadas em cinco categorias (Sem risco, Baixo, Moderado, Alto e Muito Alto), representadas por cores semafóricas, permitindo rápida interpretação cartográfica pelos gestores públicos.

Por fim, os resultados foram consolidados em ambiente SIG, produzindo mapas de risco, banco de dados georreferenciado e diagnóstico municipal contendo a estimativa do déficit hídrico, priorização das comunidades vulneráveis e indicação do número de poços necessários para suprimento das demandas futuras.

RESULTADOS

Além do mapa de risco, a metodologia produz mapas de disponibilidade hídrica, demanda hídrica e cobertura hídrica, bem como estimativas do número de poços tubulares necessários para reduzir ou eliminar o déficit de abastecimento em cada Unidade Territorial de Análise. Esses produtos constituem instrumentos técnicos para a definição de prioridades de investimento e para o planejamento da expansão da infraestrutura hídrica.

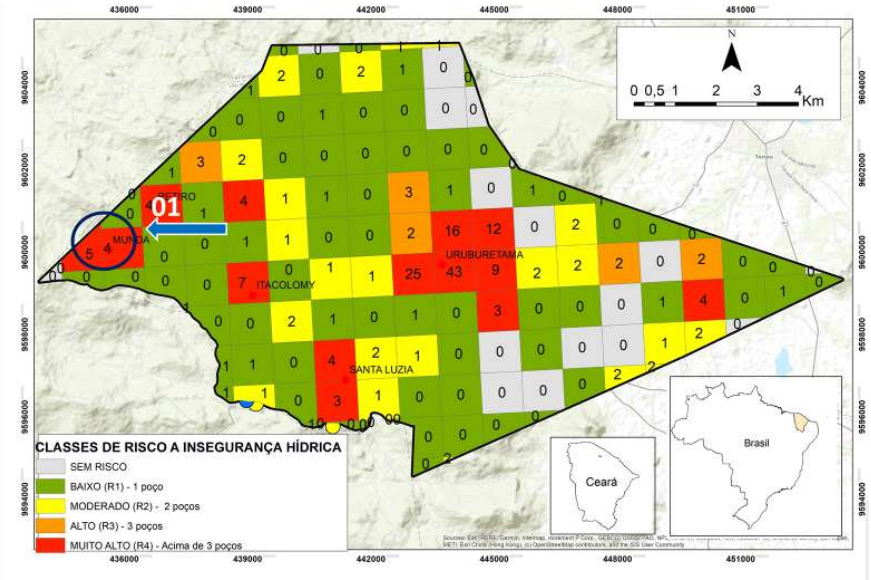
Sob a perspectiva da Proteção e Defesa Civil, os produtos gerados pelo MARIH apresentam aplicação em todas as fases do ciclo de gestão do risco de desastres. Na fase de **prevenção**, permitem identificar previamente comunidades suscetíveis a insegurança hídrica e orientar programas permanentes de ampliação da oferta de água. Na fase de **mitigação**, subsidiam a priorização de ações estruturais, como perfuração, recuperação e manutenção de poços tubulares. Durante a **preparação**, fornecem informações para a elaboração de Planos de Contingência e para a definição de áreas prioritárias de atendimento em situações de emergência. Na fase de **resposta**, auxiliam no direcionamento de recursos para as localidades classificadas como de maior risco, aumentando a eficiência das ações emergenciais.

Outro aspecto relevante é a possibilidade de atualização contínua da metodologia à medida que novos poços são perfurados, sistemas de abastecimento são implantados ou ocorrem alterações na distribuição da população.

O mapeamento do município de Uruburetama mostra que das 89 UTAs analisadas, 52 (58,4%) foram classificadas como baixo risco (R1), 16 (18,0%) como moderado risco (R2), 10 (11,2%) como alto risco (R3) e 11 (12,4%) como muito alto risco (R4) (Figura 2).

O número impresso em cada célula não é arbitrário; ele representa o déficit hídrico convertido em infraestrutura, ou seja, a quantidade exata de poços padrão necessários para suprir a demanda daquela população específica sob condições de seca severa. A seta em azul aponta para as UTAS prioritárias.

Figura 2 – Mapa de Risco à Insegurança hídrica (MARIH) – Uruburetama/CE



CONCLUSÕES

A metodologia do MARIH focado em escassez (seca e estiagens) para o contexto de segurança hídrica e Defesa Civil demonstrou forte potencial para a identificação espacial de áreas vulneráveis. O método viabiliza um detalhamento refinado e independente de limites político-administrativos, ampliando sua replicabilidade escalar.

No âmbito da Proteção e Defesa Civil, a abordagem substitui ações reativas por um planejamento preventivo e estratégico de gestão do risco de desastres associados à seca. Seus produtos cartográficos fornecem subsídios técnicos fundamentais para: i) Elaboração de Planos de Contingência; ii) Direcionamento de investimentos e otimização de recursos públicos; iii) Indicação das localidade com maior prioridades para perfuração e recuperação de poços tubulares.

Por fim, ao conectar hidrogeologia, geotecnologias e análise espacial, o MARIH promove a integração interinstitucional entre os setores de recursos hídricos, planejamento territorial e Defesa Civil. Essa sinergia fortalece políticas públicas orientadas por evidências geográficas, elevando a capacidade de mitigação dos impactos climáticos e a resiliência das comunidades expostas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2012). Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Diário Oficial da União, Brasília/DF.

CAJAZEIRAS, Claudio Cesar de Aguiar. Análise da vulnerabilidade e risco à escassez hídrica no semiárido: caso de estudo Ibaretama/CE. 2020. 136 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020

AGRADECIMENTOS

Ao Cleyton Sampaio da Silva, Coordenador Municipal de Defesa Civil de Uruburetama/CE pelo acompanhamento técnico e o apoio constante e irrestrito durante as atividades de campo que foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.