

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **METODOLOGIA MULTIOBJETIVO PARA AVALIAÇÃO E ALOCAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS ESTADUAIS**

*Micael de Souza Fraga<sup>1</sup>; Márcio de Oliveira Cândido<sup>2</sup>; José Alexandre Pinto Coelho Filho<sup>3</sup>;  
Flávio José D'Castro Filho<sup>4</sup> & Fabrício Vieira Alves<sup>5</sup>*

**Abstract:** Hydrometeorological monitoring is fundamental for developing a reliable and adequate database for water resources planning and management. Thus, aiming to improve hydrometeorological monitoring in state networks, the objective of the present study was to propose a multiobjective methodology to support the evaluation and allocation of streamflow monitoring stations. To this end, various general and specific objectives were defined by a working group comprising hydrology specialists and applied in the evaluation and definition of the Minas Gerais Hydrometeorological Network (RHMG). As a result of applying the methodology, it was observed that several streamflow stations do not meet the defined objectives, while others fulfill the maximum number of objectives. Furthermore, there are various river stretches spread throughout the state that require streamflow monitoring.

**Resumo:** O monitoramento hidrometeorológico é fundamental para a elaboração de uma base de dados confiável e adequada para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Assim, no intuito de aprimorar o monitoramento hidrometeorológico em redes estaduais, o objetivo do presente estudo foi propor uma metodologia multiobjetivo para subsidiar a avaliação e a alocação de estações de monitoramento fluviométrico. Para isso, diversos objetivos gerais e específicos foram definidos por um grupo de trabalho formado por especialistas da área de hidrologia e aplicados na avaliação e definição da Rede Hidrometeorológica de Minas Gerais (RHMG). Como resultado da aplicação da metodologia, foi possível observar que diversas estações fluviométricas não atendem aos objetivos determinados, outras atendem ao máximo de objetivos, bem como existem diversos trechos de rios espalhados pelo estado que demandam monitoramento fluviométrico.

**Palavras-Chave** – fluiometria; monitoramento; rede hidrometeorológica.

### **INTRODUÇÃO**

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é responsável por planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas no estado de Minas Gerais. O gerenciamento é feito por meio do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, dos planos de recursos hídricos, bem como da consolidação de Comitês de Bacias Hidrográficas e Agências de Bacia. Nesse âmbito, conforme estabelecido no Decreto nº 47.866, de 19 de fevereiro de 2020, o planejamento e a execução de atividades de monitoramento Hidrometeorológico, desenvolvidas pelo

1) Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil; E-mail: micael.fraga@meioambiente.mg.gov.br

2) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, E-mail: marcio.candido@sgb.gov.br

3) Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, E-mail: alexandre.coelho@sgb.gov.br

4) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília, Distrito Federal, E-mail: flavio.filho@ana.gov.br

5) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília, Distrito Federal, E-mail: fabrício@ana.gov.br

IGAM, são realizados pela Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC), que compõe a Diretoria de Operações e Eventos Críticos (DMEC) do IGAM.

Em sua atuação ao longo dos anos, o IGAM tem empreendido esforços na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), coordenada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), operando estações fluviométricas e pluviométricas na porção mineira da bacia do rio Grande e realizando manutenções preventivas e corretivas em estações hidrológicas telemétricas distribuídas por todo o estado. No âmbito da GMHEC, as informações das estações da RHN são utilizadas para a elaboração de produtos da Sala de Situação, tendo como um dos seus principais objetivos o conhecimento das condições hidrológicas dos principais corpos hídricos do estado para fins de monitoramento das secas e cheias, auxiliando o IGAM na tomada de decisões frente a situações críticas. Em linhas gerais, os produtos gerados no âmbito da Sala de Situação correspondem a boletins hidrológicos diários, boletins de escassez hídrica semanais, relatórios hidrometeorológicos semestrais, informativo mensal da ocorrência de secas, dentre outros.

Considerando a atuação do IGAM e a realização de uma efetiva gestão de recursos hídricos, é necessário que exista uma rede adequada de monitoramento hidrometeorológico, preferencialmente com longo tempo de operação ininterrupta, dada a natureza estocástica da variável hidrológica. Embora a RHN seja ampla e possua estações instaladas nos principais corpos hídricos brasileiros, Minas Gerais ainda possui uma deficiência no monitoramento, uma vez que a configuração atual da rede ainda não é suficiente para a tomada de decisões em todos os aspectos da segurança hídrica, possuindo regiões ainda pouco monitoradas. Além disso, a atual configuração da rede pode possuir estações instaladas em locais que não atendem às reais necessidades do Estado, ou até mesmo da União, ocasionado no desperdício de recursos humanos, financeiros e logísticos, bem como na geração de dados pouco representativos para a gestão de recursos hídricos. Por outro lado, podem existir estações que demandam operação diferenciada por meio da inserção de novas tecnologias, melhorando a geração e a confiabilidade dos dados de vazões.

Diante dessa necessidade de informação e dos crescentes desafios enfrentados pela gestão de recursos hídricos em Minas Gerais, foi identificada a necessidade de analisar e aprimorar o monitoramento hidrometeorológico no Estado. Nesse contexto, o IGAM, a ANA e o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) criaram um Grupo de Trabalho formado por especialistas em hidrologia dos três órgãos (GT IGAM-ANA-SGB/CPRM), onde foram realizadas reuniões semanais a fim de estabelecer critérios gerais e específicos para a criação de uma rede hidrometeorológica que atenda aos objetivos e interesses do Estado, denominada de Rede Hidrometeorológica de Minas Gerais (RHMG). Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia multicritério desenvolvida e utilizada na avaliação de estações fluviométricas existentes, bem como no levantamento de novos pontos com demanda para o monitoramento hidrometeorológico.

## MATERIAL E MÉTODOS

A definição da RHMG foi realizada por meio de uma adaptação da metodologia proposta pela ANA e SGB/CPRM na definição da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) (ANA; CPRM, 2016). A RHNR foi definida por um GT formado por especialistas da ANA e do SGB/CPRM. Dentre as atividades previstas, foi elaborado um documento consolidando os objetivos gerais e específicos da RHNR, bem como estabelecidos critérios para alocação das estações de monitoramento. Na metodologia proposta, um objetivo ou um conjunto de objetivos é estabelecido, sendo selecionado um conjunto de estações para atendimento de cada um destes objetivos, usando uma métrica de desempenho para avaliar a cobertura.

A metodologia trata o projeto de uma rede hidrometeorológica como um problema de locação de estações para atendimento dos objetivos previamente definidos, sendo que a inclusão ou exclusão

de um objetivo particular corresponde a inserção ou retirada de um conjunto de estações de monitoramento. É válido ressaltar que o desenho da RHNR adotou o modelo que se baseia no programa *National Streamflow Information Program (NSIP)*, do *United States Geological Survey (USGS)*. Portanto, o GT ANA-SGB/CPRM revisou e consolidou os objetivos gerais que deveriam ser atendidos pela RHNR, considerando todas das estações da RHN sob responsabilidade da ANA.

Assim como feito no *NSIP* e na RHNR, para o planejamento da RHMG foi considerado o atendimento das estações fluviométricas a diferentes objetivos. Assim, a metodologia para definição da RHMG contemplou as seguintes etapas: a) definição dos objetivos gerais e específicos para atendimento da RHMG; b) avaliação e priorização das estações existentes pertencentes à RHN, que estão sob responsabilidade da ANA, do IGAM e do SGB/CPRM; e c) levantamento de novos pontos com demanda para o monitoramento hidrometeorológico de interesse do Estado. Na Figura 1 podem ser observadas as 318 estações fluviométricas pertencentes a RHN avaliadas no estudo.

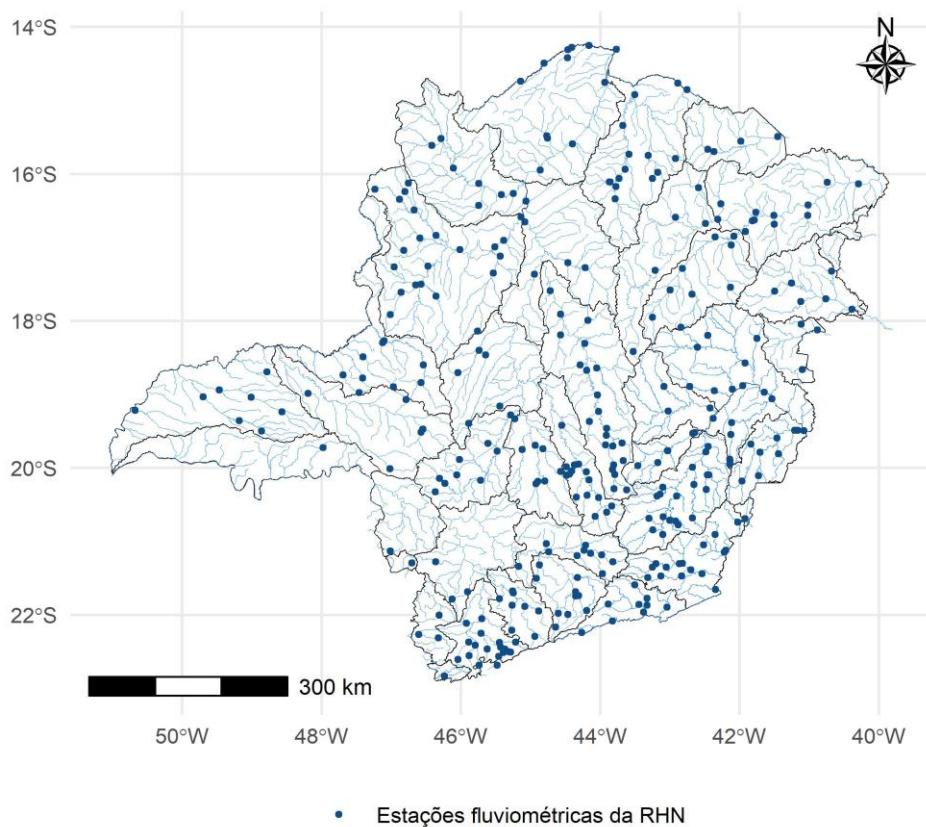


Figura 1. Distribuição espacial das estações fluviométricas avaliadas no estudo

Uma vez que foram definidos objetivos e critérios de alocação das estações fluviométricas, foram desenvolvidas rotinas, em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), para aplicação dos critérios de priorização das estações da RHN e proposição de novos pontos de monitoramento fluviométrico, visando identificar e suprir as demandas de interesse do Estado. Para as análises, foi utilizada a Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013 (ANA, 2013). Os critérios de alocação de pontos foram aplicados de forma independente entre os objetivos, sendo válido ressaltar que a proposta de novos pontos de monitoramento somente foi feita diante da inexistência de uma estação da RHN que pudesse suprir o critério de alocação dos objetivos específicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Definição dos objetivos gerais

A motivação da ANA para planejar e implementar uma rede fluviométrica de referência foi a necessidade de se garantir o atendimento a demandas federais prioritárias por dados fluviométricos. Na definição da RHNR, o foco foi na definição de objetivos gerais de representatividade nacional, em vez de atendimento de demandas setoriais e específicas. Portanto, o primeiro passo do estudo da RHMG foi revisar e consolidar os objetivos gerais definidos pela ANA e CPRM (2016) para a RHNR, buscando consenso sobre quais interesses deveriam ser atendidos por uma rede estadual. Os objetivos gerais para atendimento da RHMG podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Objetivos gerais para atendimento da RHMG

Nº	Objetivo Geral
1	Transferências e compartilhamentos entre estados e circunscrições hidrográficas
2	Eventos hidrológicos críticos
3	Balanço e disponibilidade hídrica
4	Mudanças e tendências de longo prazo
5	Qualidade da água
6	Regulação dos recursos hídricos

### Definição dos objetivos específicos, priorização das estações existentes e levantamento de novos pontos

Após a consolidação dos objetivos gerais, foram estabelecidos objetivos específicos para cada um dos objetivos gerais, bem como os critérios utilizados para priorização das estações existentes e para o levantamento de novos pontos de monitoramento fluviométrico. A seguir são apresentados os resultados da aplicação dessa metodologia, com as justificativas envolvidas em cada escolha.

#### Objetivo Geral 1: Transferências e compartilhamentos entre estados e circunscrições hidrográficas

Para uma rede de monitoramento estadual, analisar as transferências e compartilhamento das vazões constitui-se um fator estratégico para conhecer as trocas hidrológicas nos limites políticos estaduais e apoiar a gestão de conflitos presentes e potenciais, dada a natureza compartilhada do recurso. Portanto, é imprescindível conhecer as vazões de entrega e compartilhada entre os estados, bem como as entregas e compartilhamentos entre as circunscrições hidrográficas. Para detalhar este objetivo, foram estabelecidos 4 objetivos específicos com seus respectivos critérios de alocação:

#### *Objetivo Específico 1a: Conhecer as vazões de transferência entre os estados*

Propõe-se o monitoramento das vazões de rios que cruzam as divisas estaduais, possibilitando identificar as trocas de águas entre as unidades geopolíticas. Para atender a este objetivo específico, foram escolhidas estações da RHN ou propostos novos pontos de monitoramento em locais próximos do cruzamento entre o rio de domínio da União e o limite político estadual, sem modificações apreciáveis nas condições de fluxo e com áreas de drenagem superiores ou iguais a 1.000 km<sup>2</sup>.

#### *Objetivo Específico 1b: Conhecer as vazões em rios que fazem divisa entre os estados*

Propõe-se monitorar os trechos de rios que fazem divisa entre estados. Como critério de seleção da estação da RHN ou de proposição de um novo ponto, foi previsto um ponto de monitoramento próximo ao início e ao fim do trecho do curso d'água de domínio da União que forma a divisa

estadual, sem que haja modificações significativas nas condições de fluxo e que possua drenagem a montante superior ou igual a 1.000 km<sup>2</sup>.

*Objetivo Específico 1c: Conhecer as vazões na troca de dominialidade*

Propõe-se o monitoramento das vazões de rios de domínio do Estado que desaguam em rios de domínio da União ou vice-versa. Como critério de seleção da estação da RHN ou de proposição de um novo ponto, foi proposto o monitoramento no local (ou próximo) do deságue, considerado uma área mínima de contribuição de 800 km<sup>2</sup>.

*Objetivo Específico 1d: Conhecer as vazões de transferência entre circunscrições hidrográficas*

Propõe-se monitorar os trechos de rios de domínio da União que atravessam as circunscrições hidrográficas (CHs). Como critério de seleção da estação da RHN ou de proposição de um novo ponto, foi previsto um ponto de monitoramento no trecho final (ou próximo) do rio que atravessa a CH, sem considerar uma área mínima de contribuição.

*Objetivo Geral 2: Eventos hidrológicos críticos*

No estado de Minas Gerais a ocorrência de eventos extremos tem se intensificado nos últimos anos, com períodos chuvosos apresentando chuvas muito concentradas (IGAM, 2020a; Pereira, 2019), bem como períodos secos mais severos (Lima et al., 2019; Neves et al., 2020). Assim, o monitoramento proposto pelo objetivo 2 justifica-se pela necessidade de aprimoramento na obtenção de dados para o acompanhamento e a previsão de tais eventos, com vistas à melhor gestão dos recursos hídricos, planejamento de obras hidráulicas, defesa de atividades econômicas, fornecimento de respostas rápidas para intervenções emergenciais e mitigação de perdas materiais, sociais e humanas (ANA; CPRM, 2016).

Os eventos extremos de cheia e seca exigem diferentes estratégias de monitoramento e tomada de ações. As cheias exigem respostas rápidas e uma intensa articulação com a defesa civil, por isso seu monitoramento deve ser contínuo e adequado para subsidiar a emissão de alertas capazes de acionar medidas e ações de emergência. Já as secas exigem um monitoramento menos intenso, mas também contínuo, para fundamentar ações de mitigação e enfrentamento (ANA; CPRM, 2016). Assim, foram estabelecidos três objetivos específicos com seus respectivos critérios de alocação:

*Objetivo Específico 2a: Previsão de eventos de cheia e inundação em bacias críticas*

Esse monitoramento propõe prover dados em tempo real para auxiliar os órgãos competentes na adoção de medidas e ações emergenciais diante de eventos de cheias. Primeiramente, foram analisadas as estações da RHN já pertencentes a qualquer “sistema de alerta” dentro do estado de Minas Gerais. Portanto, foram priorizadas as estações pertencentes ao Sistema de Alerta Hidrológico (SACE) operado pela CPRM, considerando as seguintes bacias/sistemas: i) Rio Doce; ii) Rio Muriaé; iii) Rio das Velhas; iv) Rio Pomba; e v) Rio São Francisco. Posteriormente foi proposto a priorização de estações da RHN alocadas em trechos de “alta vulnerabilidade”, tomando como referência o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014). Para os trechos de “alta vulnerabilidade” que margeavam cidades com mais de 50.000 habitantes e que não possuíam estações da RHN, foram propostos a instalação de novos pontos.

*Objetivo Específico 2b: Alta demanda pelo uso dos recursos hídricos*

Para esse monitoramento, foi proposto o monitoramento em locais com alta demanda pelo uso consuntivo dos recursos hídricos. Assim, propõe-se monitorar trechos com pontos outorgados cujas vazões são superiores a 90 l/s, o que equivale ao abastecimento público em cidades com população acima de 50.000 habitantes e consumo 158 l/hab/dia.

Visando considerar locais com alta demanda relacionada aos usos em geral, também foi proposto o monitoramento em trechos com consumo acima de 5 l/s/km<sup>2</sup>. Para essa análise, foi considerado o estudo Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2022). O valor de 5 l/s/km<sup>2</sup> foi estabelecido a partir da Q95 específica de cada trecho (ANA, 2013), que equivale a um valor próximo ao valor médio dos cursos d'água com área de drenagem acima de 500 km<sup>2</sup>.

#### *Objetivo Específico 2c: Monitoramento da seca e quadros de escassez hídrica*

Esse monitoramento propõe prover dados para se ter um panorama geral e imediato da situação de seca no estado de Minas Gerais, bem como apoiar o monitoramento fluviométrico com vistas a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais, considerando para isso as diretrizes e critérios gerais estabelecidos na Deliberação Normativa CERH/MG nº 49, de 25 de março de 2015. Assim, foi proposto o monitoramento entre um e quatro pontos distribuídos em cada circunscrição hidrográfica.

#### *Objetivo Geral 3: Balanço e disponibilidade hídrica*

De forma complementar ao que foi realizado em ANA e CPRM (2016), esse monitoramento visa estimar os balanços hídricos e conhecer as disponibilidades hídricas não só em rios de domínio da União, mas também em rios de domínio do Estado, fornecendo assim mais subsídios para a elaboração e execução de projetos e pesquisas voltados para a gestão de recursos hídricos. Por se tratar de um objetivo bem generalista, foi proposto apenas um objetivo específico, sendo:

#### *Objetivo Específico 3a: Obtenção de dados para estudos de balanço e disponibilidade hídrica*

Propõe-se o monitoramento em trechos finais (ou próximos) de rios de domínio do Estado e da União, considerando para isso uma área de contribuição mínima de 500 km<sup>2</sup>.

#### *Objetivo Geral 4: Mudanças e tendências de longo prazo*

O monitoramento de longo prazo é essencial para analisar e identificar tendências espaciais e temporais das vazões, bem como o aprimoramento de estudos de regionalização de vazão, uma vez que tais análises normalmente exigem séries longas e ininterruptas. Juntamente com a análise de outros fatores, tais como: mudanças no regime das precipitações, alterações de uso e ocupação do solo, aumento pela demanda dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, dentre outros; ainda é possível inferir sobre a natureza das alterações espaciais e temporais, cujos resultados podem contribuir para a tomada de decisão em ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para este objetivo geral, foram estabelecidos quatro objetivos específicos com seus respectivos critérios de alocação:

#### *Objetivo Específico 4a: Monitoramento em áreas pouco antropizadas*

Propõe-se o monitoramento em trechos de rios inseridos em Unidades de Conservação Estaduais e Federais que possuem uma área maior ou igual a 1000 km<sup>2</sup>. O monitoramento deverá ser realizado somente em rios com área de drenagem total acima de 500 km<sup>2</sup> e com pelo menos 70% da área a montante da estação/novo ponto inserida na Unidade de Conservação. A área de drenagem mínima da estação ou do novo ponto deverá ser de 100 km<sup>2</sup>.

#### *Objetivo Específico 4b: Dar suporte aos estudos de regionalização de vazões*

O primeiro critério relacionado a esse objetivo se refere ao monitoramento em regiões hidrologicamente homogêneas identificadas em Minas Gerais, considerando o estudo desenvolvido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEL). Também foi considerada a qualificação das estações fluviométricas obtidas no estudo de consistência da ANA. A qualificação das estações

considerando diversos critérios quantitativos e qualitativos das séries históricas das estações de monitoramento, resultando em um índice com as seguintes classes: ótimo; bom; razoável; ruim; e péssimo. Assim, primeiramente foi proposto o monitoramento em estações da RHN já qualificadas em algum dos objetivos (1, 2 e 3) que foram classificadas como ótimo, bom ou razoável. Quando não foi possível selecionar um quantitativo de estações julgado necessário por região hidrologicamente homogênea, foram selecionadas estações que ainda não haviam sido qualificadas nos objetivos anteriores, desde que também fossem classificadas no mínimo como ótimo, bom ou razoável.

#### *Objetivo Específico 4c: Integração das águas superficiais com as águas subterrâneas*

Propõe-se o monitoramento em trechos inseridos nos principais aquíferos, considerando os cursos d’água com área de drenagem total acima de 500 km<sup>2</sup> e com pelo menos 70% da área a montante da estação/novo ponto dentro da unidade aquífera. A área de drenagem mínima da estação ou do novo ponto deverá ser de 100 km<sup>2</sup>.

#### *Objetivo Específico 4d: Áreas em expansão com alta demanda pelo uso dos recursos hídricos*

Para essa análise, também foi considerado o estudo Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2022), entretanto, foram consideradas as projeções até 2030. Assim, primeiramente foram selecionados os municípios com taxa de crescimento da vazão de retirada entre os anos de 2017 e 2030 igual ou maior que 25% e diferença de vazão maior ou igual a 0,5 m<sup>3</sup>/s. Após essa seleção, foram selecionadas as estações da RHN e pontos novos que já atendiam aos objetivos 1, 2, 3, 4a, 4b e 4c e que estavam dentro ou próximo ao município selecionado na expansão.

#### Objetivo Geral 5: Qualidade da água

Em linhas gerais, a maioria dos programas de monitoramento avaliam a qualidade das águas considerando apenas a concentração das variáveis, cuja informação pode não ser suficiente para a realização de um diagnóstico preciso da bacia hidrográfica e a consequente tomada de ações. Nesse sentido, Pinto et al. (2017) recomenda que os dados de concentração sejam avaliados em conjunto com os dados de vazão, por meio do cálculo de carga. Assim, torna-se importante possuir estações fluviométricas no mesmo local ou próximo das estações de monitoramento de qualidade das águas.

Para a análise desse objetivo, foram consideradas as estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Programa “Águas de Minas”, em execução desde 1997 pelo IGAM. Até a data de conclusão dessa primeira etapa do estudo, a rede básica de monitoramento contava com 652 estações de amostragem distribuídas nas principais bacias hidrográficas mineiras. O monitoramento quali-quantitativo era realizado semestralmente em 280 das 652 estações de amostragem. Assim, a priorização das estações fluviométricas da RHN já existentes e o incremento de novos pontos propiciará um diagnóstico mais preciso da qualidade das águas nas bacias mineiras ao longo da execução do monitoramento, além de apoiar a gestão dos recursos hídricos na efetivação de instrumentos de gestão. Para este objetivo geral, foram estabelecidos três objetivos específicos com seus respectivos critérios de alocação:

#### *Objetivo Específico 5a: Balanço e disponibilidade hídrica*

Considerando que para o objetivo 3a foi proposto o monitoramento em trechos finais (ou próximos) de rios de domínio do Estado e da União e com uma área de contribuição mínima de 500 km<sup>2</sup>, entende-se que tais locais também são de grande interesse para o monitoramento qualitativo, uma vez que abrange o monitoramento qualitativo dos principais corpos hídricos do Estado. Sendo assim, foi proposto o monitoramento em todos os pontos (estações da RHN e pontos novos) que já haviam sido priorizados no objetivo 3a.

#### *Objetivo Específico 5b: Monitoramento quali-quantitativo dos corpos hídricos*

Visando aprimorar o monitoramento quali-quantitativo das águas superficiais e apoiar a gestão dos recursos hídricos na efetivação de instrumentos de gestão, propõe-se a priorização de todos os pontos (estações da RHN e pontos novos) selecionados nos critérios 1, 2, e 4 que são coincidentes com estações de monitoramento de qualidade da água do Programa “Águas de Minas”.

#### *Objetivo Específico 5c: Monitoramento quali-quantitativo complementar*

Com o objetivo de aprimorar o monitoramento quali-quantitativo em pontos críticos de qualidade da água, propõe-se o monitoramento na rede de qualidade da água em pontos com áreas de drenagem superior a 200 km<sup>2</sup>, classificados em 2020 com IQA igual a “ruim” e em corpos hídricos ainda não contemplados nos objetivos 5<sup>a</sup> e 5b.

#### Objetivo Geral 6: Regulação dos recursos hídricos

Este monitoramento justifica-se para o atendimento da demanda existente para o aprimoramento da geração de dados e informações hidrológicas com vistas ao suporte das ações reguladoras do IGAM e da ANA. Foram considerados para análise, no âmbito do Estado, as regiões declaradas como áreas de conflito pelo uso de recursos hídricos pelo IGAM (IGAM, 2020b), bem como informações disponibilizadas pela Gerência de Segurança de Barragens e Sistemas Hídricos do IGAM a respeito dos principais reservatórios de água monitorados pelo Estado com vistas a segurança hídrica. No âmbito da União, foram considerados os trechos de especial interesse para a gestão de recursos hídricos (ANA, 2015) identificados na Portaria da ANA nº 62, de 26 de março de 2013. Assim, para este objetivo geral, foram estabelecidos três objetivos específicos:

#### *Objetivo Específico 6a: Monitoramento de áreas com declaração de conflito pelo uso da água*

Propõe-se o monitoramento em trechos de rios inseridos nas regiões declaradas pelo IGAM como áreas de conflito pelo uso de recursos hídricos. Assim, para uma primeira análise, foram selecionadas as estações da RHN e os novos pontos propostos já priorizados nos objetivos gerais 1, 2, 3, 4 e 5 que se encontravam alocados em cursos d’água de bacias declaradas como áreas de conflito, cuja área de drenagem da estação/novo ponto estivesse entre 50% e 150% da área da bacia e com áreas de drenagem superiores ou iguais a 200 km<sup>2</sup>. Quando não foi possível aproveitar uma estação/ponto novo conforme citado acima, foi proposto um novo ponto no exutório da bacia declarada como área de conflito.

#### *Objetivo Específico 6b: Monitoramento de trechos críticos em rios federais*

Para esse objetivo específico, propõe-se o monitoramento nos trechos de especial interesse para a gestão de recursos hídricos pela ANA, no intuito de priorizar as ações nas áreas com comprometimento quantitativo e/ou qualitativo. Assim, conforme realizado para o objetivo 6<sup>a</sup>, foram também selecionadas as estações da RHN e os novos pontos propostos já priorizados nos objetivos gerais 1, 2, 3, 4 e 5 que se encontravam alocados nos cursos d’água federais identificados na Portaria da ANA nº 62/2013.

#### *Objetivo Específico 6c: Monitoramento de reservatórios de especial interesse do Estado*

Considerando os principais reservatórios de interesse do IGAM com vistas a segurança hídrica, propõe-se o monitoramento das afluências em cursos d’água com área de drenagem igual ou superior a 200 km<sup>2</sup>, bem como a defluência do reservatório.

#### **Análise da aplicação dos seis objetivos gerais e comparação da demanda de monitoramento com a rede já existente**

Na Figura 2 é possível observar, além das estações da RHN analisadas, a distribuição espacial dos novos pontos demandados para atender os 6 objetivos gerais, correspondendo a um total de 364. Considerando a totalidade das estações da RHN analisadas, foram identificados 682 trechos da base ottocodificada de cursos d'água adotada para análise.

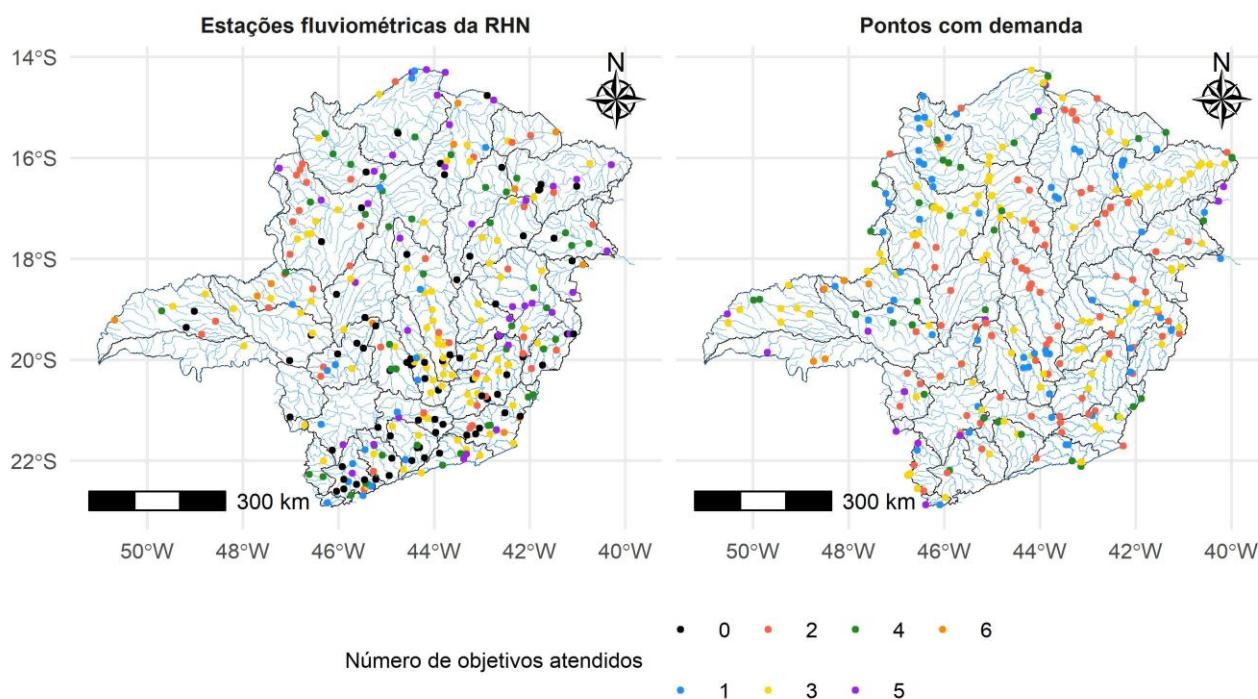


Figura 2. Distribuição espacial das estações fluviométricas e novos pontos com demanda de monitoramento hidrometeorológico

Na Tabela 2 é apresentado um compilado do resultado da aplicação dos seis objetivos gerais, discretizados pela priorização das “estações fluviométricas da RHN” e “pontos com demanda”. É válido ressaltar que uma mesma estação/ponto novo pode atender a objetivos gerais diferentes.

Tabela 2. Total de estações da RHN e pontos novos demandados em cada objetivo geral

Tipo	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4	Objetivo 5	Objetivo 6
Estação da RHN	48	166	99	200	202	65
Ponto novo	110	71	251	103	296	133
Total	158	237	350	303	498	198

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o objetivo 5 foi o que apresentou a maior demanda por monitoramento, acarretando a priorização de 202 estações da RHN e a necessidade de instalação de 296 pontos novos. Tal fato é decorrente da grande quantidade de estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Programa “Águas de Minas”, bem como dos objetivos específicos aplicados. Por outro lado, o objetivo 1 foi o que apresentou menor demanda por monitoramento, com a priorização de 48 estações da RHN e a demanda por 110 pontos novos. Entretanto, considerando o objetivo de monitorar apenas transferências e compartilhamentos, esse resultado já era esperado.

## CONCLUSÕES

A metodologia proposta pelo GT IGAM-ANA-SGB/CPRM, baseada na seleção dos objetivos e nos critérios de avaliação e alocação de estações fluviométricas, mostrou-se robusta e adequada para ser utilizada pelos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos do Brasil. A metodologia proposta permite avaliar e projetar redes de monitoramento fluviométrico com base em critérios relevantes ao monitoramento, sendo aplicável em áreas que possuem ou não possuem rede de monitoramento já instalada. Ao avaliar a rede fluviométrica do estado de Minas Gerais, foi possível observar que diversas estações não atendem aos objetivos levantados, outras atendem ao máximo de objetivos, bem como existem diversos pontos espalhados pelo estado que demandam monitoramento.

## REFERÊNCIAS

- ANA. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013.** Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>>.
- ANA. **Vulnerabilidade a Inundações do Brasil.** Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c>>.
- ANA. **Bacias e Trechos de Especial Interesse para a Gestão de Recursos Hídricos.** Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2a92a3e-32d2-4be3-a4c8-383941bfc8ba>>.
- ANA. **Usos Consuntivos da Água no Brasil (1931-2040).** Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>.
- ANA; CPRM. **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR: Objetivos e Critérios da RHNR.** Brasília: [S.n.].
- IGAM. **Relatório Meteorológico do Período Chuvoso 2019-2020.** Belo Horizonte: [S.n.].
- IGAM. **Identificação das regiões em que foram declaradas áreas de conflito pelo uso de recursos hídricos (v04/07/2020).** Belo Horizonte: [S.n.].
- LIMA, Rafael Petruceli Coelho *et al.* Development of an annual drought classification system based on drought severity indexes. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 91, n. 1, 2019.
- NEVES, Katy Marilym de Matos *et al.* Eventos Extremos e Segurança Hídrica: Monitoramento, Reflexos e Impactos. In: FONSECA, Marcelo da (Org.). **Gestão e situação das águas de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2020. p. 230.
- PEREIRA, Gabriela Regina. **Eventos extremos de precipitação nas bacias hidrográficas dos rios Doce e Paraíba do Sul.** Dissertação de Mestrado—[S.I.]: Universidade Federal de Viçosa, 2019.
- PINTO, Carolina Cristiane *et al.* Trend analysis of the load and concentration of physical, chemical and biological parameters in the Verde River Basin. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, n. 40, 2017.