

Projeto De Olho no Velhas – 1º Relatório Parcial



Vista do Rio das Velhas a jusante da ponte da Estação Fazenda Água Limpa – Jusante
Foto de Euler Cruz – setembro/2024

0	PRIMEIRA EMISSÃO	29/11/2024	MGB	ECC	
Rev.	Descrição	Data	Elaborado	Verificado 1	Verificado 2
PROJETO/ÁREA DE OLHO NO VELHAS	TEMA/SÍTIO RELATÓRIO PARCIAL	CLASSIFICAÇÃO FPSF-RP-01-2024			REV. 0
GRUPO EQUIPE TÉCNICA	SETOR ENGENHARIA	DENOMINAÇÃO 1º Relatório Parcial			FOLHA 1/14



Fórum Permanente São Francisco – FPSF

Belo Horizonte



Fórum Permanente São Francisco - FPSF

O Fórum Permanente São Francisco (FPSF)

é uma entidade da sociedade civil, um grupo de cidadãos e cidadãs que foi formado três dias depois do rompimento da barragem do Córrego do Feijão, da empresa Vale, em Brumadinho - MG, em janeiro de 2019. Foi criado com o objetivo inicial de dedicar-se à segurança e à qualidade de vida da população que vive em áreas de mineração no Estado de Minas Gerais. Posteriormente expandiu sua área de atuação para englobar as questões mais abrangentes ligadas à sustentabilidade e ao meio ambiente. A partir de janeiro de 2023 o FPSF se tornou um Instituto.

Missão

Defesa, preservação e conservação do meio ambiente e do patrimônio histórico-cultural, bem como a promoção do desenvolvimento sustentável.

Desenvolvimento e divulgação de tecnologias alternativas voltadas para a sustentabilidade e para a regeneração. Realização de estudos e pesquisas, produção e divulgação de informações e de conhecimentos técnicos e científicos tendo como base o conceito de ecologia integral. Incentivo ao uso racional dos recursos naturais, com ênfase na segurança hídrica.

Valores

O Fórum Permanente São Francisco (FPSF), no desenvolvimento de suas atividades, tem como fundamento os princípios da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade, economicidade e eficiência, sem qualquer discriminação de raça, cor, gênero, orientação sexual e religião e sem conotações político-partidárias.

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesse documento, desde que citada a fonte.



2019-2022

Sumário

1	Objetivo	4
2	Introdução	4
3	Ações realizadas	4
3.1	Identificação dos portais de dados das estações.....	4
3.2	Escolha dos aplicativos utilizados no projeto	5
3.3	Contatos com as instituições e empresas privadas	6
3.4	Fontes Consultadas na execução do projeto	7
3.5	Visitas técnicas às estações.....	8
3.6	Medição de Vazão no Rio.....	9
3.7	Elaboração do banco de dados do projeto	9
3.7.1	Contato com pesquisadores	10
	CLYVIHK RENNA CAMACHO: Engenheiro Geólogo pela Escola de Minas - UFOP. Mestre em Geologia - UFC. Atualmente é doutorando em engenharia pela COPPE no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRJ. Pesquisador em Geociências/Hidrogeologia do Serviço Geológico do Brasil – SGB, atua na pesquisa e monitoramento de águas subterrâneas. Desenvolve modelos baseados em Inteligência Artificial, Machine Learning, Deep Learning para hidrogeologia.	11
3.8	Preparação para a Realização dos Estudos Estatísticos.....	11
3.9	1ª Análise dos dados	11
4	Resultados Obtidos.....	12
4.1	Resumo	12
4.2	Fato Relevante	13
4.3	Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas	14
4.4	Tendências Obtidas da Avaliação Preliminar (Primeira Fase dos Estudos)	14

1º RELATORIO PARCIAL

FPSF-RP-01-2024

1 Objetivo

O objetivo deste relatório é detalhar as ações realizadas desde o início do projeto em julho de 2024 até novembro de 2024. O documento apresenta os resultados alcançados até o momento, destacando a relevância da execução de cada atividade proposta no Projeto “De Olho no Velhas”.

2 Introdução

O Projeto "De Olho no Velhas" tem como objetivo principal o monitoramento e estudo das vazões do Rio das Velhas e de seus afluentes, bem como das precipitações na região compreendida entre as cidades de Ouro Preto e Sabará. A finalidade é identificar variações significativas nas vazões e precipitações em relação aos registros históricos, com o intuito de avaliar possíveis riscos à segurança hídrica dessas localidades e detectar tendências de alteração associadas a causas naturais ou antrópicas. O projeto teve início em julho de 2024 e terá duração de 14 meses.

3 Ações realizadas

3.1 Identificação dos portais de dados das estações

No início do projeto, com as estações hidrometeorológicas já identificadas no trecho estudado do Rio das Velhas, foi realizada uma pesquisa para selecionar os portais de dados de vazões e precipitações a serem utilizados na formação do banco de dados.

Para obter as fichas técnicas e as séries históricas das vazões e precipitações nas estações pluviométricas e fluviométricas, os principais portais consultados foram o **HidroWeb** e o sistema de **Hidro-Telemetria**, ambos geridos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

O portal **HidroWeb**, integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), permite acesso a um banco de dados abrangente, composto por informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Esse banco inclui registros de níveis fluviais, vazões, precipitação, climatologia, qualidade da água e sedimentos. O **HidroWeb** é uma ferramenta crucial para a sociedade e para instituições públicas e privadas, pois os dados hidrometeorológicos fornecidos pelas estações são fundamentais para a gestão de recursos hídricos e diversos setores econômicos, como geração de energia, irrigação, navegação e indústria. Esses dados também auxiliam no planejamento, manutenção e operação de infraestruturas hidráulicas, incluindo barragens e sistemas de drenagem urbana.

No contexto deste projeto, o **HidroWeb** foi consultado para a obtenção das séries históricas de vazões e precipitações das estações convencionais.

O sistema **Hidro-Telemetria**, também integrado ao SNIRH, realiza a aquisição, qualificação e gestão de dados hidrometeorológicos em tempo quase real. As estações telemétricas registram automaticamente dados de níveis fluviais, vazões e precipitação, transmitindo essas informações para a ANA via telemetria a cada 15 minutos ou a cada hora, conforme a programação de cada estação.

No escopo deste projeto, o **Hidro-Telemetria** foi utilizado para acessar as séries históricas de dados das estações telemétricas, utilizados para atualizar as séries obtidas no portal **HidroWeb**

até a data de 30/09/2024, data limite de coleta de dados para a análise apresentada no 1º Relatório de Análise de Dados. Normalmente as séries disponíveis no **HidroWeb** são atualizadas pela ANA duas ou três vezes por ano e, assim, não incluem dados obtidos nos meses que decorrem desde a última atualização até a data da consulta ao banco de dados.

INMET - <https://portal.inmet.gov.br/>

O portal do Instituto Nacional de Meteorologia (**INMET**), vinculado ao Ministério da Agricultura, foi consultado para a obtenção de dados adicionais de precipitação na área de estudo.

SIAGAS e **RIMAS** - <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/> e <https://www.sgb.gov.br/rede-integrada-de-monitoramento-das-aguas-subterraneas-rimas>

Para dados relativos às águas subterrâneas, foram consultados os sistemas **SIAGAS** e **RIMAS**.

O **SIAGAS**, Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, foi desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) e contém uma base de dados de poços constantemente atualizada, permitindo consultas, extração de relatórios e análise de informações.

A Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (**RIMAS**), também desenvolvida pelo SGB/CPRM, visa ampliar o conhecimento hidrogeológico dos principais aquíferos brasileiros. Os dados contínuos e permanentes desta rede possibilitam, em médio e longo prazo, a avaliação dos impactos na disponibilidade de água subterrânea devido à exploração ou ao uso do solo.

O monitoramento é focado em dados quantitativos, com instrumentos automáticos instalados nos poços para registrar o nível d'água (NA), e as informações coletadas são periodicamente processadas e disponibilizadas para consulta e download.

Projeto Manuelzão - <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/6-caderno-itabirito-15jul2013-site-.pdf>

O portal do projeto Manuelzão foi consultado para se obter informações sobre a bacia do Rio Itabirito, afluente do Rio Das Velhas, onde se localizam duas estações estudadas neste projeto, PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito e Itabirito – Linígrafo. O documento consultado: Diagnóstico de fragilidades Hidroambientais realizado pelo Subcomitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itabirito, pelo Comitê do Rio das Velhas e pela AGB Peixe Vivo. CADERNO TÉCNICO - Conhecendo o Rio Itabirito.

Este conjunto de dados e plataformas digitais garante uma base robusta para a análise e o acompanhamento das condições hidrológicas e meteorológicas na bacia do Rio das Velhas, oferecendo subsídios para a análise da segurança hídrica, objetivo final do projeto.

3.2 Escolha dos aplicativos utilizados no projeto

Google Maps – O aplicativo foi empregado para localizar as estações fluviométricas a partir de suas coordenadas geográficas, obtidas nos portais **HidroWeb** e **Hidro-Telemetria**. Além disso, foi utilizado para traçar rotas entre Belo Horizonte e cada uma dessas estações, otimizando o planejamento logístico das visitas técnicas. O Google Maps foi essencial no planejamento das viagens, na identificação precisa dos locais de instalação das estações e no reconhecimento preliminar da área do projeto.

Google Earth – Esta ferramenta foi utilizada para um reconhecimento mais detalhado dos locais e do entorno de cada estação fluviométrica, permitindo a identificação de pontos de referência geográfica e uma análise do relevo da área. O aplicativo foi fundamental para um entendimento mais preciso das características topográficas e de acesso de cada local.

Hidro – Desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), o aplicativo Hidro facilita o download e o processamento de dados disponíveis no portal HidroWeb. Ele permite realizar buscas de estações convencionais por meio do código ANA, tipo de estação (pluviométrica ou fluviométrica), localização em bacias hidrográficas ou municípios. A partir desses dados, o Hidro possibilita o download das séries históricas, visualização de dados técnicos das estações, geração de gráficos por período e exportação de dados para tabelas no formato Excel, proporcionando um tratamento mais ágil e preciso das informações hidrometeorológicas coletadas

Software Excel – Utilizado para a elaboração de planilhas de cálculos e gráficos com base nos bancos de dados de cada série.

Software R - O R é um software de código aberto e gratuito para análise de dados, que permite manipular, analisar e visualizar dados; criar gráficos simples e análises complexas; documentar e compartilhar análises e criar relatórios que combinam código, texto e visualizações. A vantagem desse software é permite reproduzir resultados em novos bancos de dados e é utilizado e complementado continuamente por uma comunidade de usuários ativa que desenvolve novas funcionalidades e oferece novas soluções. Esse software é o que está sendo utilizado, no âmbito do Projeto “De Olho no Velhas”, para a realização de testes estatísticos mais complexos, não incluídos como ferramentas de cálculo no pacote do software Excel.

Para facilitar o uso do R, pode-se usar o RStudio, um ambiente de desenvolvimento integrado com uma interface gráfica mais amigável. O RStudio está disponível para download em duas versões: RStudio Desktop e RStudio Server.

Software QGIS - Software livre, multiplataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciados. A versão 1.0 foi lançada em janeiro de 2009 e hoje o QGIS conta com a colaboração de desenvolvedores voluntários em todo o mundo. Amplamente utilizado em ambientes acadêmicos e profissionais, tem traduções em mais de 70 idiomas. Entre os diversas possibilidades e benefícios do QGIS, pode-se destacar:

- Elaboração de mapas, cartas e plantas topográficas com vários tipos de camadas e usando diferentes projeções cartográficas;
- Coleta e edição de dados geoespaciais;
- Realização de diversos tipos de Análises de Espaciais (Geoestatística);
- Operações de geoprocessamento (buffer, diferença, recorte, interseção, união etc.).

3.3 Contatos com as instituições e empresas privadas

Durante a coleta de dados, o planejamento das visitas técnicas e a análise dos resultados, a colaboração dos profissionais de instituições governamentais e empresas privadas foi de grande importância. Os principais contatos realizados incluíram:

Contatos sobre Estações Hidrometeorológicas				
Nome	Instituição	Departamento	E-mail	Telefone
Adriana Niemeyer Pires Ferreira	ANA	Especialista em Regulação de Recursos Hídricos e Saneamento Básico Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB Superintendência de Planos Programas e Projetos - SPP	adriana.ferreira@ana.gov.br	Tel: (61) 2109-5537
Valmor Freddo	SGB	Chefe divisão de hidrogeologia e exploração		21 -2546-0206
Daniele Tokunaga Genaro	SGB		daniele.genaro@sbg.gov.br	
Fernando Roberto de Oliveira	ANA		fernando@ana.gov.br	
Fabricio Bueno da Fonseca Cardoso	ANA		fabricio.cardoso@ana.gov.br	
Isadora Santos Dias	ANA		isadora.dias.terceirizado@ana.gov.br	
José Alexandre Pinto Coelho Filho	CPRM	Engenheiro Hidrólogo	alexandre.coelho@cprm.gov.br	
Dayane Crystina Barros Soares	Vetorlog	analista comercial	dayane@vetorlog.com	(41) 9 8792-7103
Eduardo Machado Siqueira	Vetorlog	analista técnico operacional	eduardo@vetorlog.com	(41) 9 9174-9762
Contatos sobre Poços Piezométricos e lençóis freáticos				
Nome	Instituição	Departamento	E-mail	Telefone
Luisa Costa Martins Vieira	IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das águas_GMHEC	Analista Ambiental	luisa.vieira@meioambienta.mg.gov.br	31-3915 1137
Isadora Pinho Tavares de Filippo	IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das águas_GMHEC	Gerencia de Regulação de recursos Hídricos	isadora.tavares@meioambiente.mg.gov.br	
Fernando Roberto de Oliveira	ANA		fernando@ana.gov.br	
Daniele Tokunaga Genaro	SGB		daniele.genaro@sbg.gov.br	
Adriana Niemeyer Pires Ferreira	Especialista em Regulação de Recursos Hídricos e Saneamento Básico Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB Superintendência de Planos Programas e Projetos - SPP Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA		adriana.ferreira@ana.gov.br	(61) 2109-5537

3.4 Fontes Consultadas na execução do projeto

As principais fontes e referências bibliográficas consultadas na fase inicial do Projeto foram:

- Relatório de Atividades – Departamento de Hidrologia; Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio das Velhas; Serviço Geológico do Brasil – CPRM – Nov. 2021
- Sistema Hidro-Telemetria da Rede Hidrometeorológica Nacional - <https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/serieHistorica.aspx>
- Hidroweb – ANA - <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- Nota Técnica FPSF-NT-06-2023 – A Vulnerabilidade das Áreas de Mineração Frente aos Eventos Extremos Decorrentes das Mudanças Climáticas – Fórum Permanente São Francisco - <https://www.forumsaofrancisco.eco.br/biblioteca/notas-tecnicas/1>
- <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/6-caderno-itabirito-15jul2013-site-.pdf>
- CAMPOS, Luanna Beatriz Kuster. Avaliação das Precipitações Causadoras de Cheias para a Cidade de Itabirito (MG). Monografia. UFOP. Ouro Preto. 2024.
- <https://siga.cbhvelhas.org.br/portal/sigaweb.zul>
- Contato via e-mail com:
 - **Isadora Santos Dias**
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA - Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica - SGH/ANA
- Contato via e-mail com:
 - **José Alexandre Pinto Coelho Filho** - Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Engenheiro Hidrólogo
 - **Bernardo Oliveira** - Serviço Geológico do Brasil - CPRM

- Contato via telefone e WhatsApp com:

Dayane Crystina Barros Soares - Analista comercial na Vetorlog - (41) 9 8792-7103

Eduardo Machado Siqueira – Analista Técnico Operacional - Vetorlog Energia e Meio Ambiente - (41) 9 9174-9762

Rafael Shon - Gerente Comercial - Vetorlog Qualidade em Medições - Vetor Logística de Dados Ltda. - Setor de Energia e Petróleo, Tecnologia e Telemetria de Dados - (41) 9 9139-8540

Vetorlog: empresa responsável pela instalação e operação das estações mencionadas no presente Relatório. Operações:(41) 3328-8935. Comercial: (41) 3022-6732. R. Manoel das Chagas Lima, 394 São Braz, Curitiba - PR, 82300-350

Site: <https://www.vetorlog.com/home/>

E-mails: rafael@vetorlog.com; dayane@vetorlog.com, comercial@vetorlog.com, operacoes@vetorlog.com

3.5 Visitas técnicas às estações

Conforme planejado, nos primeiros meses de execução do projeto foram realizadas inspeções técnicas visuais nas estações selecionadas, localizadas no trecho do Alto Rio das Velhas, abrangendo desde o município de Ouro Preto — onde se encontra a nascente do rio — até Sabará. O objetivo dessas visitas foi verificar a integridade estrutural das estações, avaliar a susceptibilidade a danos, constatar as condições de acessibilidade, operação e manutenção, e inspecionar as condições locais do rio no ponto de instalação de cada estação. No total, foram selecionadas nove estações de monitoramento, operadas pela ANA. As estações selecionadas incluem:

Estação	Código INMET	Código ANA	Munic.	Fonte	Long.	Lat.
PCH Rio de Pedras Barramento	D6703	41140080	Itabirito	HIDROWEB SNIRH	-43,7317	-20,2139
PCH Rio de Pedras Montante	D6791	41152000	Itabirito	HIDROWEB SNIRH	-43,6825	-20,2406
PCH Rio de Pedras Rio Itabirito	D6704	41180500	Itabirito	HIDROWEB SNIRH	-43,8039	-20,2242
PCH Rio de Pedras Rio Maracujá	D6792	41153050	Ouro Preto	HIDROWEB SNIRH	-43,6975	-20,2628
Rio Acima	D3597	41195050	Rio Acima	HIDROWEB SNIRH	-43,7919	-20,0919
Raposos	D1294	41200430	Raposos	HIDROWEB SNIRH	-43,8067	-19,9631
Honório Bicalho	D1249	41199998	Nova Lima	CEMADEN / HIDROWEB	-43,8250	-20,0210
Itabirito Linígrafo	D6702	41180000	Itabirito	HIDROWEB	-43,7981	-20,3011
Fazenda Agua Limpa - Jusante		41151001	Ouro Preto	HIDROWEB SNIRH	-43,6164	-20,3053

Lista de Estações Pluviométricas/Fluviométricas visitadas neste Projeto

Foram realizadas três viagens de visitas técnicas e cada uma delas abrangeu três estações, assim distribuídas:

- **1ª Visita técnica:** Realizada no dia 16 de julho de 2024 contemplando as estações Hidrometeorológicas: Rio Acima, Raposos e Honório Bicalho, do Rio das Velhas.
- **2ª Visita Técnica:** Realizada no dia 14 de agosto de 2024, contemplando as estações Hidrometeorológicas PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito, PCH Rio de Pedras – Barramento e PCH Rio de Pedras - Montante, do Rio das Velhas.
- **3ª Visita Técnica:** Realizada no dia 17 de setembro de 2024, contemplando as estações Hidrometeorológicas: Itabirito – Linígrafo, PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá e Fazenda Água Limpa - Jusante, do Rio das Velhas e de seu afluente Rio Maracujá.

Para cada visita técnica, foi gerado um relatório específico, todos arquivados na plataforma Semente e identificados como:

- **FPSF-RVT-01-2024 RV - Visita Técnica às Estações Hidrometeorológicas Rio Acima, Raposos e Honório Bicalho;**
- **FPSF-RVT-02-2024 - Visita Técnica às Estações Hidrometeorológicas PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito, PCH Rio de Pedras – Barramento e PCH Rio de Pedras – Montante.**
- **FPSF-RVT-03-2024 - Visita Técnica às Estações Hidrometeorológicas Itabirito - Linígrafo, PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá e Fazenda Água Limpa - Jusante.**

Esses relatórios documentaram tanto os aspectos gerais quanto os específicos de cada estação, incluindo fotografias georreferenciadas, descrições das condições de instalação, conservação e manutenção das estações, além das régua de leitura do nível do rio, blocos de referência para nivelamento e a estrutura de suporte dos equipamentos de coleta e transmissão de dados.

Os relatórios também registraram as dificuldades encontradas na localização em campo das estações, mudanças de locais de instalação, estações desativadas e desafios para a obtenção de dados registrados. Adicionalmente, foram incluídas as mensagens trocadas com instituições e empresas para resolver dúvidas surgidas durante as inspeções e avaliações das estações.

3.6 Medição de Vazão no Rio

Com o objetivo de verificar a acurácia dos dados de vazão do Rio das Velhas obtidos nos portais da ANA, especialmente nas estações situadas imediatamente a montante e a jusante da captação da COPASA, na ETA Bela Fama, foi contratada a empresa HIDROGEST para realizar duas campanhas de medição de vazão, cada uma contemplando dois pontos de medição.

A primeira campanha de medição ocorreu em 27 de agosto de 2024, durante o período de estiagem, nas proximidades das estações pluviométricas e fluviométricas de Raposos e Rio Acima, nos seguintes pontos:

- Raposos: 19°57'47.40"S, 43°48'24.70"W (-19.963167°, -43.806861°)
- Rio Acima/MG: 20°5'30.80"S, 43°47'30.80"W (-20.091889°, -43.791889°)

Os resultados dessa campanha foram documentados no relatório **HDRFSF-012024-RL001**, disponível nos arquivos do projeto na plataforma Semente. As medições realizadas pela HIDROGEST confirmaram a confiabilidade dos dados de vazão fornecidos pelos portais da ANA.

A segunda campanha de medição nesses mesmos pontos está programada para junho de 2025.

3.7 Elaboração do banco de dados do projeto

As séries históricas de vazão e precipitação das estações selecionadas, fundamentais para as análises propostas no projeto, foram obtidas nos portais **HidroWeb** e **Hidro-Telemetria**. Os dados até agora obtidos (atualizados até 30/09/2024) foram organizados em tabelas no software Excel e ajustadas para uso direto nas funções de geração de gráficos estatísticos no Excel e no R.

Linhas e células com dados ausentes de vazões foram desconsideradas. Onde possível, nas séries pluviométricas, linhas e células com dados faltantes foram complementadas com base em dados de outras estações pluviométricas próximas, utilizando-se para isso o método Dupla Massa desenvolvido pelo Geological Survey (USA) e técnicas de regressão linear.

As séries históricas foram segmentadas por períodos para permitir a construção de gráficos. Estas tabelas estão arquivadas na plataforma Semente, sob o identificador **BANCO DE DADOS**.

Para a análise das águas subterrâneas nas proximidades das estações pluviométricas e fluviométricas, foram utilizados os portais **SIAGAS** e **RIMAS**. Essa pesquisa indicou que, nos municípios abrangidos pelo projeto, a rede **RIMAS**, gerida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), não possui poços piezométricos com dados públicos para monitoramento de águas subterrâneas. Em resposta à consulta enviada ao SGB, foi informado que esses municípios não contam com poços de monitoramento da **RIMAS**, pois a região é caracterizada por aquíferos fraturados.

O SGB esclareceu que a rede **RIMAS** prioriza a monitorização dos aquíferos com base nos seguintes critérios:

1. aquíferos sedimentares;
2. importância socioeconômica;
3. uso para abastecimento público;
4. vulnerabilidade e riscos naturais;
5. representatividade espacial do aquífero e
6. existência de poços de monitoramento.

Assim, os municípios da área de estudo não atendem ao critério principal, pois a região não é composta por aquíferos sedimentares.

A ausência de poços piezométricos de monitoramento, com dados publicados, na área de estudo impossibilitou a avaliação dos níveis de água subterrânea com base em séries históricas e a estimativa estatística de tendências de recarga dos cursos d'água. Essa limitação também impede a correlação entre as vazões registradas nas estações fluviométricas, os volumes de precipitação das estações pluviométricas e o fluxo subterrâneo.

Uma descrição das redes nacionais de monitoramento, áreas abrangidas, resultados das pesquisas realizadas e correspondências trocadas com a ANA e o SGB estão detalhados no relatório **FPSF-RT-01-2024 - Poços Piezométricos em Minas Gerais**, disponível nos arquivos do projeto na plataforma Semente, que inclui também, cópias das mensagens de e-mail em seu Anexo I.

3.7.1 Contato com pesquisadores

A ausência de dados públicos disponíveis pelos programas SIAGAS e RIMAS, ou outros, referentes aos níveis de água subterrânea na região do projeto, conforme mencionado anteriormente, motivou a pesquisa e identificação de dissertações e artigos técnicos publicados sobre o tema, que permitam a realização de uma revisão bibliográfica detalhada, bem como o contato direto com os pesquisadores responsáveis por esses estudos.

Reuniões foram realizadas com os seguintes profissionais:

Rodrigo Sérgio de Paula: Professor Adjunto do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Geólogo graduado pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006), mestre em hidrogeologia, com ênfase em modelagem numérica de fluxo de aquíferos cársticos pela Universidade Federal de Minas Gerais (2012); doutor em hidrogeologia com ênfase em modelo conceitual de fluxo de aquíferos cársticos pela Universidade Federal de Minas Gerais (2019). Experiência profissional com geologia e hidrogeologia (2007 a 2019). Atuação efetiva em hidrogeologia do carste deste 2005 e hidrogeologia do Quadrilátero Ferrífero desde 2008. As principais áreas de atuação são: geologia e hidrogeologia de mina, modelagem numérica, isótopos e hidrogeoquímica,

perfuração de poços de bombeamento e monitoramento, análise de rede de monitoramento, ensaios hidrodinâmicos e geologia médica e ambiental. Atua como um dos coordenadores do Laboratório de Estudos Hidrogeológicos (LEHID) e pesquisador do Centro de Pesquisa Manuel Teixeira da Costa (CPMTC-IGC-UFMG)¹.

CLYVIHK RENNA CAMACHO: Engenheiro Geólogo pela Escola de Minas - UFOP. Mestre em Geologia - UFC. Atualmente é doutorando em engenharia pela COPPE no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRJ. Pesquisador em Geociências/Hidrogeologia do Serviço Geológico do Brasil – SGB, atua na pesquisa e monitoramento de águas subterrâneas. Desenvolve modelos baseados em Inteligência Artificial, Machine Learning, Deep Learning para hidrogeologia.

CELINA CENNI DE CASTRO MAGALHÃES: Geóloga graduada e mestre em Hidrogeologia pela UFMG, e Hidrogeóloga na Water Services and Technologies. Atuação como geóloga em órgão ambiental (Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina), na área de licenciamento ambiental, e estágio nas empresas Golder (WSP) e Carste Ciência e Meio Ambiente.

3.8 Preparação para a Realização dos Estudos Estatísticos

Para permitir a elaboração da análise de dados foram realizadas as seguintes atividades:

- Estudos de ferramentas e fórmulas específicas do software Excel para tratamento e análise de banco de dados e elaboração de gráficos;
- Revisão bibliográfica de artigos técnicos e dissertações sobre análise de séries temporais de dados hidrológicos para identificação das metodologias de cálculo normalmente utilizadas, dos resultados a serem buscados e das limitações de cada uma das possíveis abordagens; obtenção e estudos de manuais e procedimentos recomendados por organizações internacionais para estudos de dados hidrológicos;
- Download e estudo do software R; elaboração de diversos códigos (programas), com ajuda de recursos de Inteligência Artificial, para realização de testes estatísticos de tendência normalmente utilizado para análise de séries temporais de dados hidrológicos, entre eles os seguintes testes: Spearman, Shapiro-Wilk, Sens Slope, Pettitt, Man-Kendall, CUSUM, Changepoint, Buishand e Bfast.

3.9 1ª Análise dos dados

Na fase inicial da análise, foi feita a preparação dos dados das séries históricas de vazões e chuvas compilados em tabelas, com avaliação da consistência e completude de cada um e com complementação, onde possível, de dados pluviométricos faltantes por meio do método Dupla Massa.

A análise preliminar foi realizada por meio do software Excel, dividindo-se as séries em períodos, mais curtos ou mais longos conforme a duração de cada série disponível. Cada período foi subdividido em dois: dados referentes ao período úmido (de 1º de outubro de um ano a 30 de abril do ano seguinte) e período seco (de 1º de maio a 30 de setembro), para permitir a análise das suas características e a influência das precipitações dos períodos úmidos nas vazões dos períodos secos.

Para cada série, foram realizados cálculos de médias aritmética e harmônica, mediana e desvio padrão, bem como a identificação dos valores máximos e mínimos de vazões e precipitações em

¹ Exemplos de artigo técnico com coautoria do Prof. Rodrigo de Paula: [Vista do Caracterização pluviométrica do Quadrilátero Ferrífero na região do Sinclinal Moeda – Minas Gerais](https://www.scielo.br/j/bjgeo/a/Tnm4vscJMtNs3BkYXVHhK5t/?format=pdf&lang=en), <https://www.scielo.br/j/bjgeo/a/Tnm4vscJMtNs3BkYXVHhK5t/?format=pdf&lang=en>

cada período. Outros parâmetros foram determinados, tais como a quantidade total e a quantidade faltante de dados em cada série, quantidade de dias de chuva por ano etc.

Foram gerados gráficos de dispersão e de tendências dos dados de vazões e de precipitações, incluindo retas de regressão linear e polinômios de interpolação com o objetivo de avaliar e apontar, de maneira preliminar, tendências e ciclos que poderão ser confirmados, ou não, pelos testes estatísticos robustos a serem utilizados na segunda fase da análise.

Para as séries pluviométricas, foram elaborados, também, gráficos e análise de frequências das precipitações em várias faixas de valores, para análise da evolução do volume de precipitação ao longo dos períodos selecionados.

Devido ao fato de a série de dados de vazões de Água Limpa ser completa e de longa duração, decidiu-se utilizá-la nos estudos na fase seguinte do Projeto, juntamente com as séries de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo. A série da Estação Montante, assim como as das outras estações que dispõem somente de dados de curta duração, foram utilizadas para comparações pontuais e específicas, pois não podem ser utilizadas para estudos de tendências de médio e longo prazos.

As séries das estações telemétricas, disponíveis no portal Hidro-Telemetria e no portal Hidroweb, são de curta duração (de 8 a 15 anos apenas) e apresentam várias lacunas de dados, resultado de baixa confiabilidade dos sistemas telemétricos instalados. Para os estudos de pluviometria, foram selecionadas, para a segunda fase de estudos desse Projeto, as séries das estações convencionais da Barragem (Lagoa) das Codornas, de Itabirito Linígrafo e da Fazenda Água Limpa, complementadas, nos períodos mais recentes e nas lacunas existentes, onde possível, com os dados da estação convencional da Lagoa Grande (Lagoa dos Ingleses), com uso do método da Dupla Massa.

4 Resultados Obtidos

4.1 Resumo

A realização do estudo incluiu pesquisas, análise de informações obtidas em portais especializados, a realização de viagens de inspeção, diálogos com profissionais de instituições públicas e empresas privadas, bem como a busca, coleta e organização de dados e de referências bibliográficas. Também envolveu a seleção e o tratamento de dados em períodos, a elaboração de fórmulas e de programas para a geração de gráficos e realização de testes estatísticos.

Essas ações foram fundamentais para compreender o estado atual das condições hidrometeorológicas no trecho estudado do Rio das Velhas, bem como o grau de monitoramento dos parâmetros de controle.

Na análise das séries históricas de dados de vazões e precipitação, foram identificados diversos períodos de descontinuidade nos registros. Essas lacunas podem ser atribuídas a falhas técnicas nos equipamentos de medição, problemas nos sistemas de transmissão, inundações das estações durante eventos de chuvas intensas, entre outros fatores. Pode-se concluir que os dados das estações convencionais de medição de vazão e de precipitação, alguns deles abrangendo de 60 a 80 anos de registros, são mais consistentes e completos, mostrando assim a confiabilidade do método tradicional, com coleta por observadores, ao longo de décadas.

Por outro lado, as estações telemétricas, com dados a cada hora ou a cada 15 minutos, permitem a avaliação e o estudo de eventos de curta duração ao longo do dia, tais como cheias súbitas e descargas de vazões provenientes de áreas de mineração ou da ETA Bela Fama.

Além disso, durante as visitas técnicas realizadas, foi constatada a desativação de estações fluviométricas consideradas estratégicas para o monitoramento: a de Honório Bicalho, localizada a montante da ETA Bela Fama, a do Rio Maracujá e a da PCH Rio de Pedras – Barramento. A estações da PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito e Montante, instaladas em 2024 pela MANG, nova

proprietária da PCH, apresentam baixa confiabilidade, com muitas lacunas nos dados, e os que estão disponíveis no portal Hidro-Telemetria incluem somente o nível do rio e não as vazões, o que dá a entender que não se fez ainda calibração das seções de réguas batimétricas para conversão do nível em vazão.

A estação de Honório Bicalho, instalada em 1971, iniciou a coleta de dados utilizando réguas linimétricas. A série histórica dessa estação é a mais antiga e abrangente da região do Alto Rio das Velhas, proporcionando uma base de dados consistente para estudos que cobrem um período de 50 anos.

Conforme informado pelo SGB, a desativação da estação foi motivada pela instabilidade observada em sua curva-chave, especialmente nos trechos de baixas vazões (estiagem). Para garantir a continuidade da obtenção de dados hidrológicos no trecho em questão do Rio das Velhas, foi implantada, em 2017, a estação Rio Acima (código 41195050), localizada aproximadamente 10 km a montante da estação de Honório Bicalho. Detalhes técnicos sobre a nova estação, bem como cópias das correspondências com a ANA e o SGB, estão disponíveis no documento **FPSF-RVT-01-2024 - Visita Técnica às Estações Hidrometeorológicas Rio Acima, Raposos e Honório Bicalho**.

Embora tenha sido desativada, a estação de Honório Bicalho foi considerada uma estação de referência devido à sua relevância como a mais significativa da bacia do Alto Rio das Velhas para a avaliação da segurança hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

O FPSF considera imprescindível que a medição de vazões nesse ponto seja reiniciada urgentemente pelo SGB/CPRM e ANA, com calibração da seção das réguas realizada pelo menos 4 vezes ao ano, o que reduziria a instabilidade alegada para a sua desativação.

4.2 Fato Relevante

Um fato relevante, identificado neste período de projeto, foi a mudança de propriedade da PCH Rio de Pedras, anteriormente pertencente à CEMIG, vendida em leilão em 2024 e adquirida pela empresa MANG Participações e Agropecuária Ltda. Posteriormente, a PCH Rio de Pedras foi transferida pela Mang S.A. ao grupo J&F, que inclui empresas como JBS, Eldorado Brasil, Âmbar Energia, entre outras. A Âmbar Energia, responsável pela geração e comercialização de energia do grupo J&F, possui 27 unidades de geração e, em 10/05/2024, formalizou uma filial da Âmbar Hidroenergia Ltda. (CNPJ 19.390.334/0013-80), com nome fantasia "PCH Rio de Pedras" e sede na Estrada de Acesso ao Distrito de Acuruí.

Em decorrência dessa transferência de propriedade, as estações localizadas no trecho do Rio das Velhas analisado, anteriormente monitoradas pela CEMIG, passaram para a gestão do novo proprietário. Essas estações incluem PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito, PCH Rio de Pedras – Barramento, PCH Rio de Pedras – Montante e PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá.

Em contatos telefônicos e por e-mail com a empresa Vetorlog, responsável pela gestão e manutenção das estações em questão, foi informado que **a Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022, que substituiu a Resolução nº 03/2010, está reduzindo o número de estações fluviométricas e pluviométricas em diversos empreendimentos, considerando critérios como potência, área de drenagem e outros parâmetros técnicos.**

Atualmente, um estudo abrangente de readequação do número de estações telemétricas está sendo conduzido pela MANG, em colaboração com a ANA, com o objetivo de alinhar as usinas aos novos padrões regulamentares. No caso da PCH Rio das Pedras, o plano de readequação inclui a exclusão de um ponto de monitoramento pluviométrico e um ponto de monitoramento fluviométrico. Como resultado desta readequação foi desativada a estação PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá. Reuniões entre a proprietária da PCH Rio das Pedras e a ANA estão em andamento para definir o futuro das operações das estações anteriormente geridas pela CEMIG e estabelecer alternativas para a readequação do monitoramento hidrológico.

Detalhes das estações, bem como as cópias das mensagens trocadas com as empresas envolvidas estão incluídas no documento **FPSF-RVT-02-2024 - Visita Técnica às Estações Hidrometeorológicas PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito, PCH Rio de Pedras – Barramento e PCH Rio de Pedras – Montante.**

4.3 Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas

Durante a pesquisa relativa aos níveis dos lençóis freáticos, foi surpreendente constatar que, na região do Quadrilátero Ferrífero, não existem poços de monitoramento do nível das águas subterrâneas integrados à rede nacional RIMAS, especialmente considerando a intensa exploração minerária na área, que provoca o rebaixamento dos lençóis freáticos devido ao aprofundamento das cavas.

Em reuniões com os profissionais envolvidos nas pesquisas sobre este tema, mencionados no item 3.7 acima, fomos informados de que os poços de monitoramento são de natureza privada, pertencentes às empresas que utilizam as águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, conforme as outorgas obtidas junto aos órgãos competentes.

A geóloga Celina Magalhães, em sua pós-graduação no Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), publicou o trabalho intitulado "Modelo Hidrogeológico de Fluxo do Flanco Leste do Sinclinal Moeda – Quadrilátero Ferrífero – Caracterização, Impactos e Perspectivas Futuras para o Aquífero Cauê". No desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dados de níveis de poços piezométricos fornecidos diretamente pelas mineradoras da região, além de informações sobre as outorgas de água obtidas no Sistema SIAM (Sistema Integrado de Informação Ambiental), de competência da SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável).

No portal do **SIAM**, é possível realizar uma pesquisa por município para acessar a lista de empresas e pessoas físicas que protocolaram processos de licenciamento ambiental e solicitações de outorga de água. No entanto, a pesquisa é complexa e demorada, uma vez que envolve centenas de processos que precisam ser consultados individualmente para localizar as informações sobre as outorgas.

Com o objetivo de obter os dados das outorgas, bem como os níveis medidos pelos poços de monitoramento, estamos agendando uma reunião com o IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e com a SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável).

4.4 Tendências Obtidas da Avaliação Preliminar (Primeira Fase dos Estudos)

Ao se traçar os gráficos de parâmetros estatísticos podemos visualizar a ocorrência, nos últimos anos de fortes chuvas pontuais com volumes muito maiores do que a maioria registrada nas séries históricas, o que indica **o aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos de chuva**, os quais constituem grave ameaça à estabilidade e integridade das barragens de rejeitos e das encostas de toda a região. Um rompimento de barragem certamente inviabilizará a captação de água para abastecimento público da RMBH, com **consequências sabidamente catastróficas sob os pontos de vista social, econômico e ambiental.**

Outra tendência identificada nas análises é que as vazões mínimas, na época da recessão (período seco) estão diminuindo em volume, mas a Estação Itabirito Linígrafo registrou um expressivo aumento da vazão no período seco de 2024, ano de seca histórica no Brasil e em MG, o que permite supor que esse aumento de vazão se deve ao aporte de águas retiradas das cavas de mineração para rebaixamento do lençol freático.

Os resultados detalhados da análise de dados de vazões e chuvas, para cada estação hidrometeorológica encontram-se no documento **FPSF-AD-01-2024 - Análise Preliminar de Dados das Estações Telemétricas do Alto Rio das Velhas.**

Em geral, pode-se visualizar uma tendência de queda nos valores das médias e da mediana das vazões, o que indica que, de forma geral, as vazões têm se reduzido nos períodos mais recentes na bacia do Alto Rio das Velhas enquanto, na mesma região e ao mesmo tempo, observa-se, pela análise dos dados pluviométricos, um aumento da pluviosidade. Essas tendências opostas indicam que a **redução da disponibilidade de água ao longo do tempo** pode estar relacionada tanto a fatores climáticos específicos (como distribuição das chuvas) ainda não identificados pelos estudos, quanto a **alterações no uso das águas superficiais e subterrâneas, tais como rebaixamento do nível das águas subterrâneas devido à captação em poços, tanto de núcleos urbanos e imobiliários quando de cavas de mineração, existente em grande quantidade na região.**

A tendência de redução da mediana e da média harmônica, de forma particular, pode ser considerada um indicador confiável da redução progressiva das baixas vazões do rio, o que impacta diretamente sobre a segurança hídrica da RMBH.

A próxima fase da análise de dados, que envolverá a aplicação de testes estatísticos robustos, poderá confirmar essas tendências ou indicar outras ainda não identificadas.

Márcia Graça Boechat

Euler de Carvalho Cruz

Belo Horizonte, 29/11/2024