

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 2/142

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	5
1.1	ESCOPO TÉCNICO	5
1.2	ÁREA DE ESTUDO	6
2.	CONTEXTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL	8
2.1	GEOLOGIA REGIONAL	8
2.2	GEOLOGIA LOCAL	13
2.3	GEOLOGIA ESTRUTURAL	20
3.	CARACTERIZAÇÃO DAS BARRAGENS	22
3.1	BARRAGEM COCURUTO	22
	3.1.1 Elementos Estruturais da Barragem	22
3.2	BARRAGEM CALCINADO	27
	3.2.1 Elementos Estruturais da Barragem	28
	3.2.2 Dique de Sela	32
3.3	BARRAGEM RAPAUNHA	32
	3.3.1 Elementos Estruturais da Barragem	34
4.	COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS HIDROGEOLÓGICOS	39
4.1	PLUVIOMETRIA	39
4.2	PIEZOMETRIA E NÍVEL D'ÁGUA	41
	4.2.1 Barragem Cocoruto	49
	4.2.2 Barragem Calcinados	54

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 3/142

4.2.3	Barragem Rapaunha	57
4.3	POÇOS DE BOMBEAMENTO	62
4.3.1	Teste de Bombeamento	62
4.4	VAZÃO NOS DRENOS DE FUNDO	66
4.5	NÍVEL DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS.....	68
4.6	CADASTRO DE NASCENTE	69
5.	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	72
5.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	72
5.1.1	Aquífero em Cobertura Sedimentar.....	73
5.1.2	Xisto Intemperizado	73
5.1.3	Rocha Sã	74
5.2	ESTRUTURA DAS BARRAGENS	74
5.2.1	Aterros	74
5.2.2	Sistema de Drenagem Interna.....	75
5.2.3	Rejeito.....	75
5.3	PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS	75
5.4	DINÂMICA HÍDRICA SUBTERRÂNEA.....	77
5.4.1	Barragem Cocuruto	78
5.4.2	Barragem Calcinado	87
5.4.3	Barragem Rapaunha	99
5.4.4	Demais áreas da bacia hidrográfica da Mina D'Água	108

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 4/142

5.5	BOMBEAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA	109
5.6	POTENCIOMETRIA.....	111
5.6.1	Barragem Cocuruto	113
5.6.2	Barragem Calcinado	114
5.6.3	Barragem Rapaunha	116
5.7	RECARGA E DESCARGA.....	119
5.7.1	Recarga anual estimada com base nos dados da Mina Lamego	119
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
7.	EQUIPE TÉCNICA	124
8.	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS.....	128
	ANEXO A – PERFIS LITOLÓGICOS-CONSTRUTIVOS DE POÇOS DE BOMBEAMENTO E MONITORAMENTO	128

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 5/142

1. INTRODUÇÃO

A Water Services and Technologies (WST) foi contratada pela AngloGold Ashanti (AGA) para desenvolver estudos hidrogeológicos na área das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto, localizadas no complexo industrial denominado de Planta Queiroz, no município de Nova Lima – MG.

O atual estudo contempla o desenvolvimento de um modelo hidrogeológico conceitual das barragens presentes no complexo. O modelo será baseado na análise e interpretação dos dados e informações hidrológicos e geológicos disponíveis na área de estudo, a fim de obter uma compreensão abrangente da dinâmica de fluxo dentro dos maciços das barragens levando em consideração as contribuições superficiais, como a precipitação e a infiltração, bem como o fluxo subterrâneo.

Parte do escopo deste relatório envolve um levantamento e análise detalhada dos dados hidrológicos e geológicos disponíveis, incluindo mapas topográficos, registros de estações pluviométricas e dados de monitoramento do nível de água e vazão. Essas informações serão essenciais para a compreensão da distribuição e comportamento dos aquíferos, zonas de recarga e descarga, bem como dos caminhos preferenciais de fluxo.

Além disso, serão considerados os efeitos das estruturas das barragens, como a condutividade hidráulica do material do maciço e o rejeito dos reservatórios, a presença de estruturas permeáveis como a drenagem interna e a geometria dos elementos mencionados. Esses fatores desempenham um papel crucial na determinação do padrão de fluxo e nas interações entre as águas superficiais e subterrâneas.

Ressalta-se que o modelo conceitual hidrogeológica não inclui análise da estabilidade da estrutura, tampouco quaisquer avaliações geotécnicas decorrente da variação do nível de água subterrâneo da fundação e do reservatório das barragens. Interpretações das superfícies potenciométricas e nível de água – obtidos no presente estudo hidrogeológico podem auxiliar na análise de estabilidade da estrutura, contudo, tais avaliações competem à estudos geotécnicos específicos.

1.1 ESCOPO TÉCNICO

O principal objetivo do projeto consiste no desenvolvimento de estudos hidrogeológicos na bacia hidrográfica na qual está localizada a Planta Queiroz. Os estudos hidrogeológicos desenvolvidos têm a finalidade de adquirir uma melhor compreensão da dinâmica hídrica subterrânea, a qual irá permitir avaliar eventuais interações no fluxo subterrâneo entre as barragens presentes na área - Calcinados, Rapaunha e Cocuruto – e o sistema aquífero adjacente.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 6/142

Em vista ao objetivo geral do projeto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Visita técnica de reconhecimento, realizada por três hidrogeólogos da WST;
- Compilação e análise de dados e informações hidrogeológicas disponíveis na área de estudo;
- Desenvolvimento do modelo hidrogeológico conceitual para compreender a dinâmica das águas subterrâneas integrado aos elementos condicionadores de fluxo da área.

1.2 ÁREA DE ESTUDO

As barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto estão localizadas no complexo industrial denominado de Planta Queiroz, na bacia hidrográfica do córrego Mina D'Água, que é afluente da margem esquerda do Rio das Velhas. As barragens supracitadas localizam-se no município de Nova Lima.

A definição da área de estudo deve permitir a representação adequada dos principais processos hidrológicos e hidrogeológicos relacionados ao objetivo do projeto. Deste modo, o domínio hidrogeológico apresenta cerca de 6,5 km², e coincide com os divisores da bacia hidrográfica do córrego Mina D'Água. A Figura 1-1 apresenta a distribuição dos limites definidos, capazes de incorporar os seguintes aspectos hidrogeológicos: i) dados de monitoramento hídrico existentes, incluindo cadastro de nascentes; ii) condições de circulação hídrica subterrânea; e, iii) processos de recarga e descarga do sistema aquífero local.

A área de estudo está a cerca de 30 km ao sul do centro de Belo Horizonte - MG. O acesso a partir da capital mineira é feito através da rodovia MG-030 até o trevo de acesso à rodovia MG-437, seguindo até a portaria da unidade.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003
	N° CONTRATADA 4502208753	Folha 7/142	

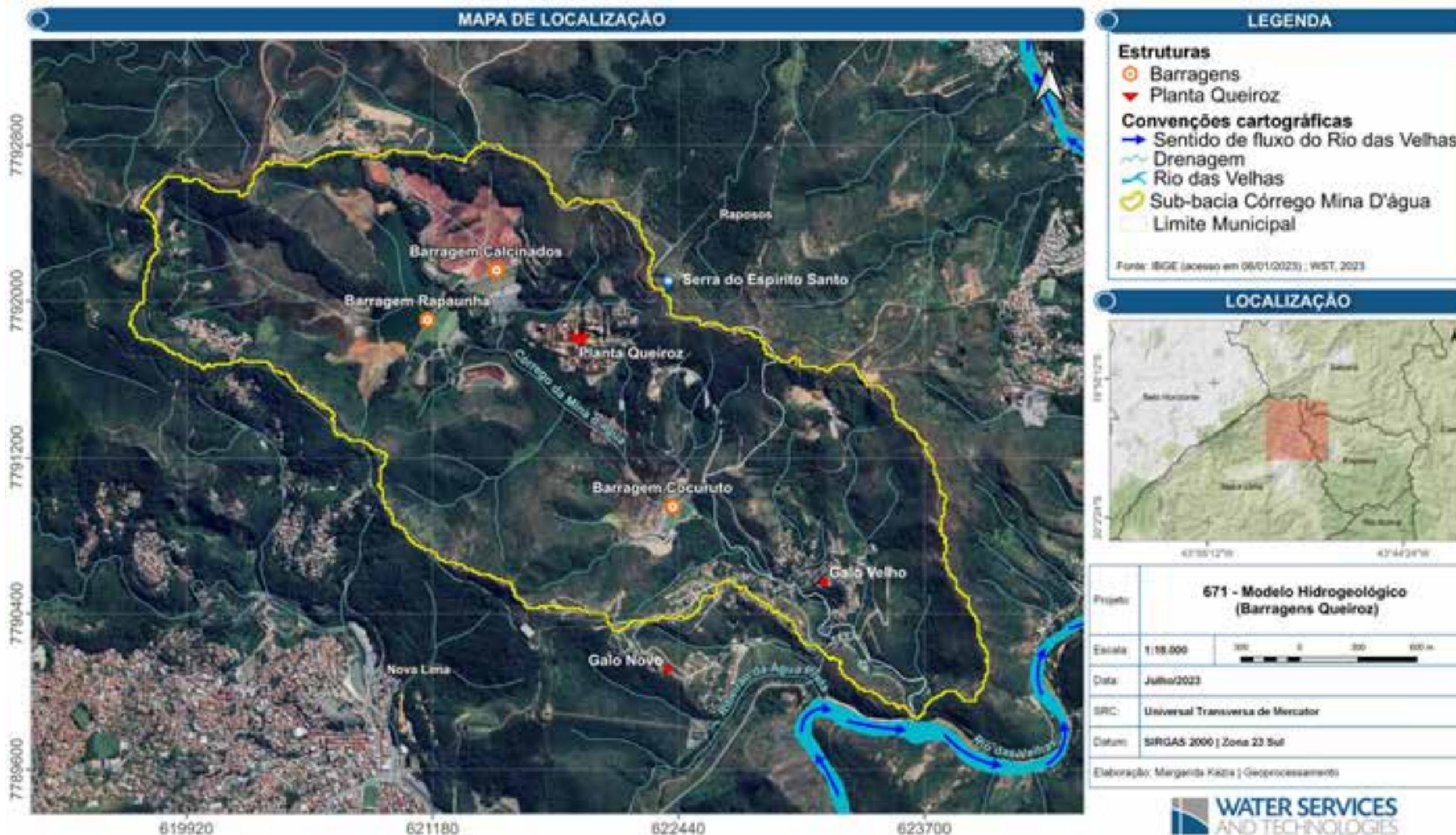


Figura 1-1: Localização da área de estudo.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 8/142

2. CONTEXTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está contida dentro do domínio do Quadrilátero Ferrífero (QF), que consiste em uma província mineral de cerca de 7000 km². Em termos geotectônicos, o QF se encontra no extremo sudeste do Cráton São Francisco (Figura 2-1). Essa região é margeada por cinturões móveis de idade neoproterozoica, representados a leste pela Faixa Araçuaí e a sudeste pela Faixa Alto Rio Grande (Alkmim & Marshak, 1998).

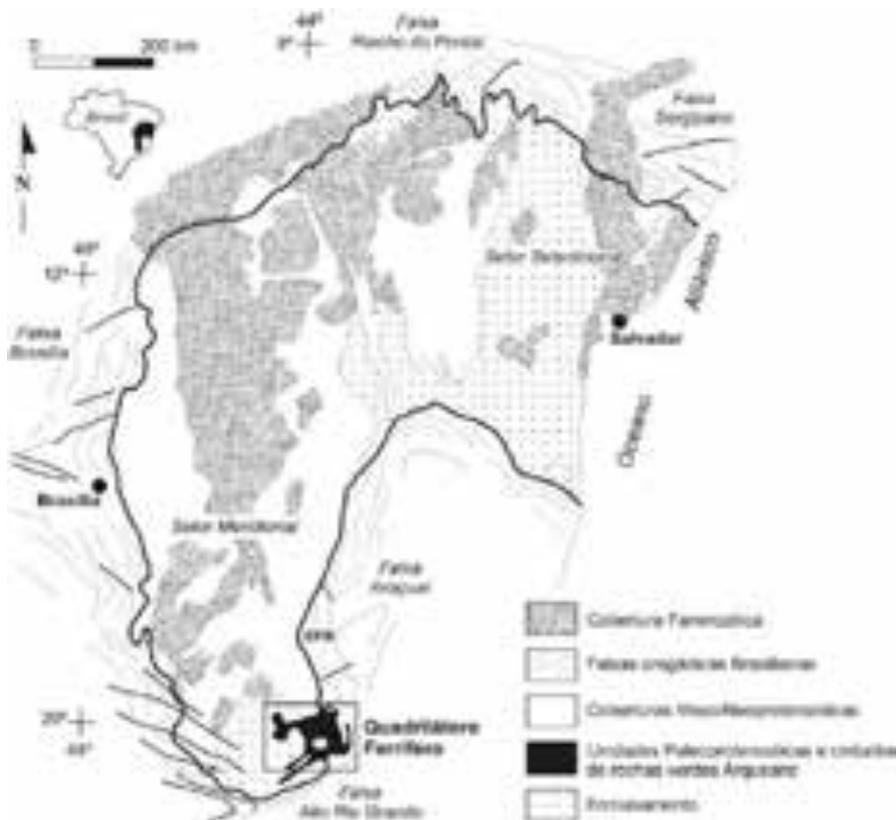


Figura 2-1: Mapa regional do Cráton São Francisco ressaltando o Quadrilátero Ferrífero. Fonte: ALKMIM e MARSHAK (1998).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 10/142

O embasamento data do Mesozoico, com idades máximas de 3.224 - 2.850 M.a, e é composto por um complexo metamórfico com ortognaisses bandados, migmatitos, anfíbolitos, corpos intrusivos graníticos, veios aplíticos e diques máficos. Os migmatitos são observados nas zonas de charneira das grandes dobras regionais (Schorcher 1976; Castro et al. 2020). São registrados diversos eventos tectonomagmáticos, entre eles: Santa Bárbara, datado de 3,2 G.a., Rio das Velhas I e II, com idades entre 3,220 e 2,770 G.a., e Mamona I e II, com idades entre 2,750 – 2,580 G.a. (Lana et al., 2013).

Sobrepostas ao complexo metamórfico, ocorrem rochas metavulcano-sedimentares correlatas ao Supergrupo Rio das Velhas, classificado como um *greenstone belt* arqueano, composto pelos grupos Nova Lima e Quebra Osso na base, que representam as fácies marinhas, e no topo, o Grupo Maquiné.

O Grupo Quebra Osso, proposto por Schorscher (1979), é composto por rochas metavulcânicas máfica-ultramáficas e félsicas. O Grupo Nova Lima, de acordo com o projeto Rio das Velhas (1996) e com os trabalhos de Baltazar & Zucchetti (2007), se divide em sete associações de litofácies: (1) A unidade de base é composta por rochas vulcânicas máfica-ultramáficas; seguida por (2) uma associação vulcano-sedimentar química; (3) uma associação sedimentar clástica e química; (4) uma associação vulcanoclástica; (5) unidade metassedimentar clástica marinha (ressedimentada); (6) unidade sedimentar costeira; (7) e a unidade de topo sedimentar não marinha. No topo do Supergrupo Rio das Velhas, sobre o Grupo Nova Lima, está o Grupo Maquiné, que segundo Baltazar & Zucchetti (2007), é composto por rochas metassedimentares detríticas depositadas em ambiente de leque aluvial e fluvial.

De idade Paleoproterozóica, o Supergrupo Minas sobrepõe o Supergrupo Rio das Velhas é composto pelos Grupos Tamanduá e Caraça nas unidades de base e posteriormente pelos Grupos Itabira, Piracicaba e Barbacena.

Por fim, conforme proposto por Endo et al. (2019a), o Supergrupo Estrada Real se localiza no topo da sequência estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. A designação Estrada Real provém da redefinição do Grupo Sabará de Almeida *et al.* (2005). O Supergrupo Estrada Real é composto pelos grupos Sabará e Itacolomi.

Suítas intrusivas máficas e ultramáficas são observadas em toda a sequência rochosa Proterozóica, denominadas suítas Santa Rita de Ouro Preto e Catas Altas da Noruega. Ocorrem como stocks e diques máficos e ultramáficos, comumente metamorfizados na fácies xisto verde na seguinte paragênese: clorita ± serpentina ± talco ± tremolita ± carbonato.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 11/142

A Figura 2-3 apresenta o mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero, no qual é ilustrado a área de estudo. A partir da figura, verifica-se que a área de interesse está inserida no contexto do Supergrupo Rio das Velhas, Grupo Nova Lima.

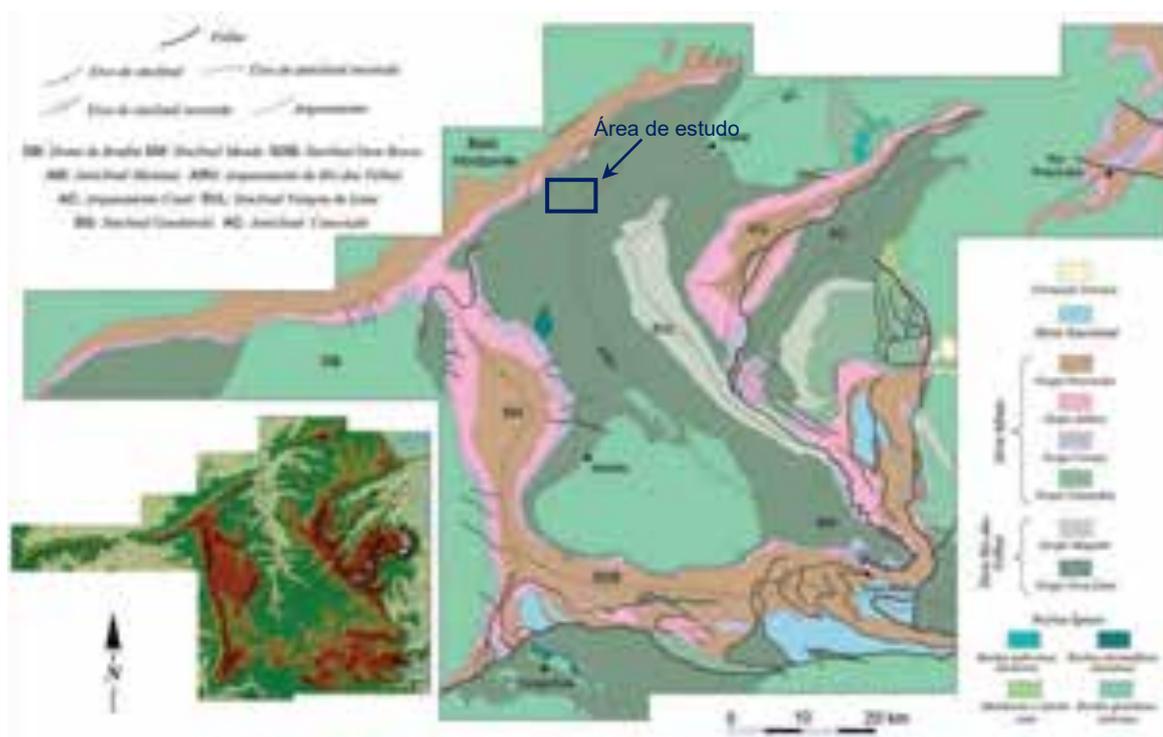


Figura 2-3: Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: modificado e simplificado a partir de DORR (1969).

Especificamente na bacia hidrográfica do córrego Mina D'Água – onde estão localizadas as barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto – ocorrem as formações Mestre Caetano (unidade de topo) e Ouro Fino 2 (unidade basal). A Figura 2-4 ilustra o mapa geológico regional da área de estudo, referente à Folha Nova Lima – SE.23-Z-C-VI-3-SE (CAVALCANTI *et al.*, 2020).

Segundo CAVALCANTI *et al.* (2020), a Formação Mestre Caetano é descrita como intercalações rítmicas de rochas metavulcanoclásticas de natureza pelítica, psamítica e psefítica. Composta por (plagioclásio)-sericita-clorita-quartzo xisto, plagioclásio-clorita-quartzo xisto (metagrauvaca), (carbonato)-sericita-quartzo xisto (siltito) e subordinadamente rochas metapiroclásticas, incluindo metatufos, félsicos a intermediários, metaglomerados, mica-quartzo-carbonato xisto, formação ferrífera bandada e filito carbonoso.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 12/142

Em relação a Formação Ouro Fino 2, ocorrem rochas caracterizadas como metabalsaltos toleíticos a subordinadamente komatííticos, localmente com estruturas em almofadas e textura amigdaloidal. Subordinadamente, ocorrem metaperidotitos, talco xisto, metatufo máfico, metavulcânica félsica, formações ferríferas e xisto carbonoso (CAVALCANTI *et al.*, 2020).

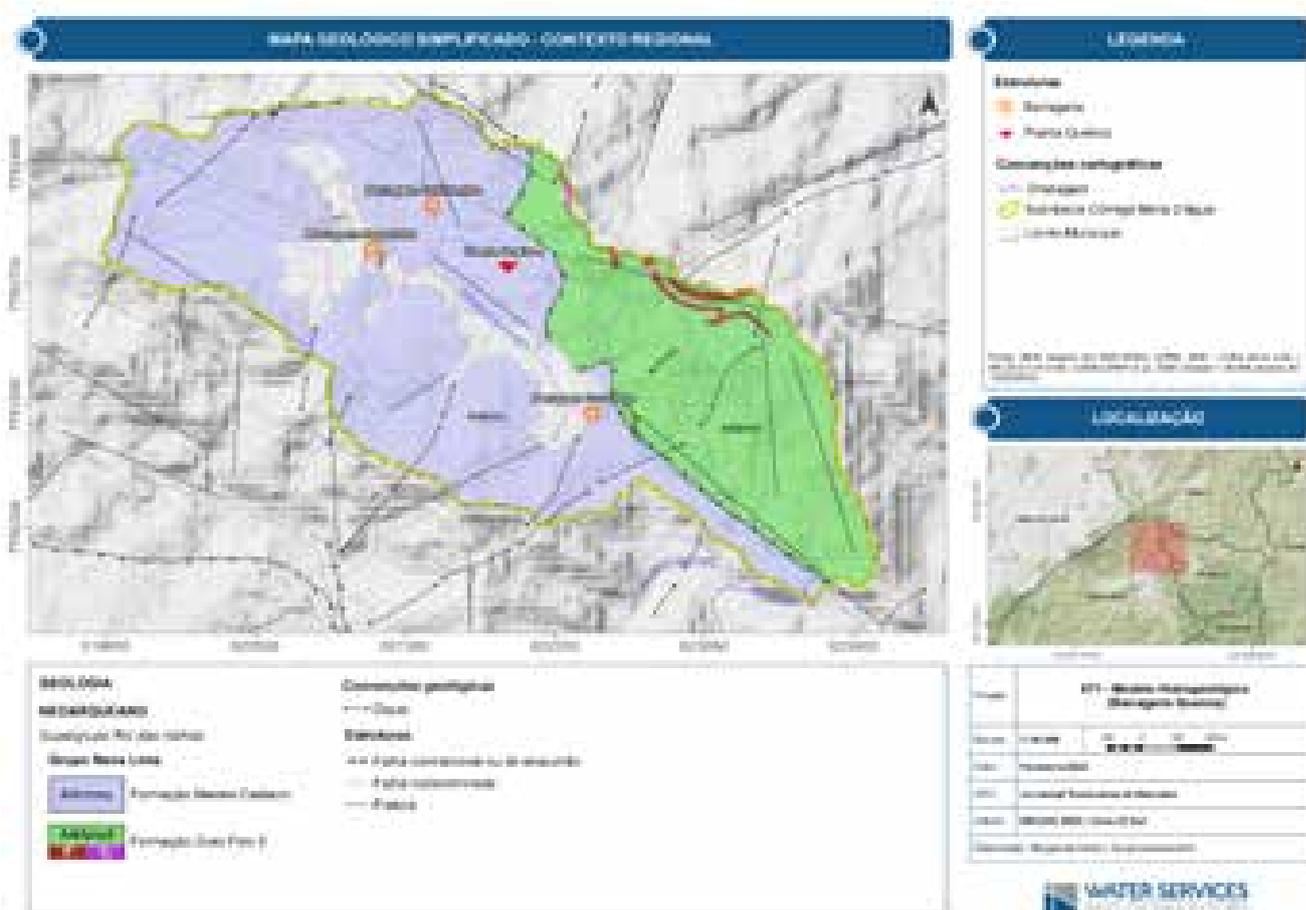


Figura 2-4: Mapa geológico regional na área de estudo. Fonte: modificado de CAVALCANTI *et al.* (2020).

Segundo CLAM (2022a), na região da Planta Queiroz observa-se que a Formação Mestre Caetano exibe uma foliação bem-marcada, aproximadamente orientada para a direção de E-W e ENE-WSW, com mergulho em um ângulo de 55° para SSE. A configuração estrutural das rochas que compõem a Formação Ouro Fino 2 é caracterizada pela orientação preferencial da foliação na direção ENE com mergulho para SE. O contato entre as formações Mestre Caetano e Ouro Fino 2, na porção onde se insere a área de interesse, é definido como uma falha de empurrão, a qual foi responsável por inverter a estratigrafia local.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 14/142

Através do mapeamento realizado, segue a descrição de cada material:

- **Solo Coluvionar**

Esse litotipo encontra-se sobre o xisto em áreas onde há um acréscimo suave na declividade, de forma que é bastante restrito na porção do barramento Calcinados em uma extensão pouco representativa. A jusante este horizonte também é encontrado, contudo distante da área do barramento. Tem uma espessura pouco considerável, não ultrapassando 2,0 m e encontra-se normalmente sob vegetação mais densa. É um horizonte areno siltoso, pontualmente apresentando porções argilosas (areno-argilo siltoso), cor laranja e com fragmentos esparsos de xisto em meio a matriz (Figura 2-6).



Figura 2-6: Colúvio; a) Visão do corte; b) Detalhe da amostra. Fonte: WALM (2021a).

- **Solo Residual**

Trata-se do solo *in situ* de xisto em grau intempérico mais elevado (W6). Nem sempre é possível identificar as variedades residuais maduras ou jovens, tendo em vista que estes se interdigitam e têm características pouco evidentes que permita diferenciá-los. Desta forma, foi mantido a denominação geral de solo residual.

Ao contrário da Barragem Calcinados, onde este solo é pouco representativo, em Rapaunha e Cocuruto já se assume mais extenso e sendo responsável pela maior abrangência em área. Todavia, há de se ressaltar que grande parte deste solo foi inferido com base na extrapolação de dados dos pontos coletados, uma vez que não foi possível o levantamento em algumas porções devido à falta de acesso. Para que se tivesse uma base de extrapolação destes pontos mais assertivas, foram levantados pontos de mapeamento na estrada às margens dos barramentos, fora da área da AGA. Neste alinhamento, foi observado uma interdigitação entre solo residual e saprolito, com uma maior abrangência do primeiro.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 15/142

É um solo silto arenoso, cujas cores são variáveis, passando de branco, bege, cinza a roxa - ver Figura 2-7(a). Por tratar-se de um produto intempérico do quartzo-sericita xisto, é comum a presença de planos micáceos ou concentrações arenosas mais grossas associadas ao quartzo. A estruturação reliquiar é sutil, por vezes de difícil visualização - ver Figura 2-7(c). Há uma interdigitação entre materiais de graus intempéricos variados e essa observação não é referente apenas aos solos residuais jovens e maduros, como também pela presença de núcleos mais preservados de rocha alterada em meio a matriz – ver Figura 2-7b).

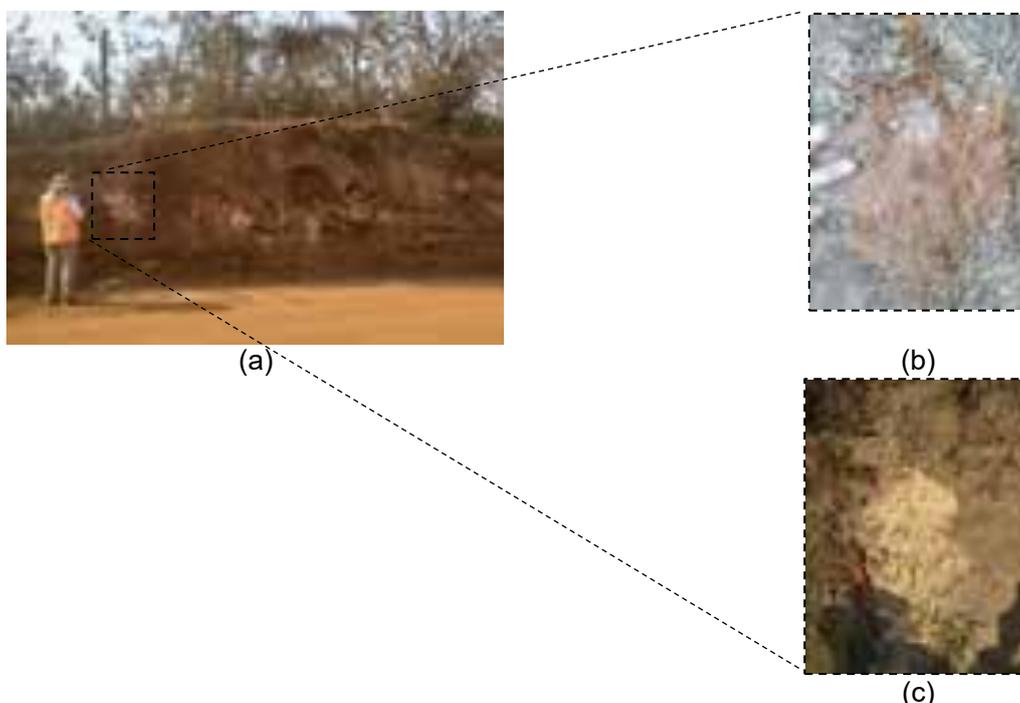


Figura 2-7: Solo residual; a) Visão do corte; b) Saprólito/Xisto alterado em meio a matriz de solo residual; c) Solo residual com estrutura reliquiar pouco evidente. Fonte: WALM (2021a).

- **Saprólito**

Este horizonte não tem influência na Barragem Rapauha superficialmente, encontrando-se interdigitado ou sob o manto do solo residual. Através do levantamento observado na margem esquerda de Calcinados, o saprolito comporta-se como lentes de graus intempéricos ainda elevados (W5) e que apresenta certa resistência aos golpes de martelo, sendo uma rocha muito branda (R1-) a branda (R2-). Quanto a sua textura, assemelha-se ao solo residual, sendo um material silto arenoso de cores variadas (branco, bege, cinza, amarelado), com planos micáceos e concentrações pontuais de quartzo na matriz - ver Figura 2-8(b).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 16/142

Em relação ao levantamento feito em Cocuruto, o saprólito é o horizonte menos abrangente em área, estando limitado a montante do barramento na sua margem esquerda. Nota-se, que o termo saprólito aqui empregado é uma denotação geral ao horizonte, uma vez que há porções com graus intempéricos mais ou menos elevados em meio a matriz, por vezes apresentando núcleos de rocha intemperizada ou solos residuais -ver Figura 2-8 (c), onde não há uma estruturação reliquiar muito clara.

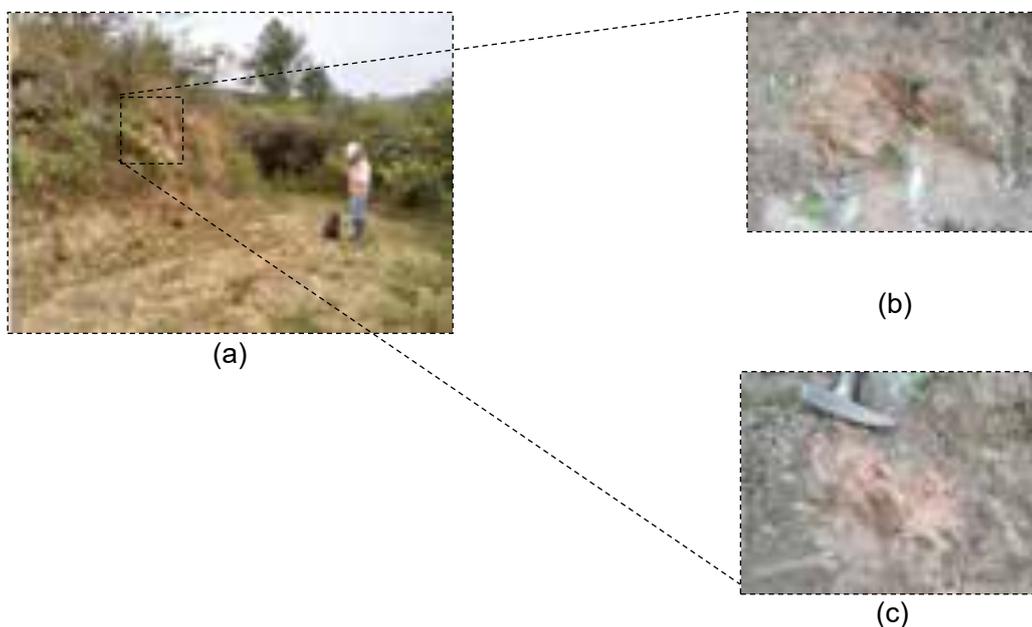


Figura 2-8: Saprólito de xisto; a) Visão do corte; b) Detalhe Saprólito; c) Porção menos resistente (solo residual) em meio a matriz de saprólito. Fonte: WALM (2021b).

O saprólito também se diferencia pela maior resistência e pela maior visibilidade das estruturas reliquias (Figura 2-9).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 17/142

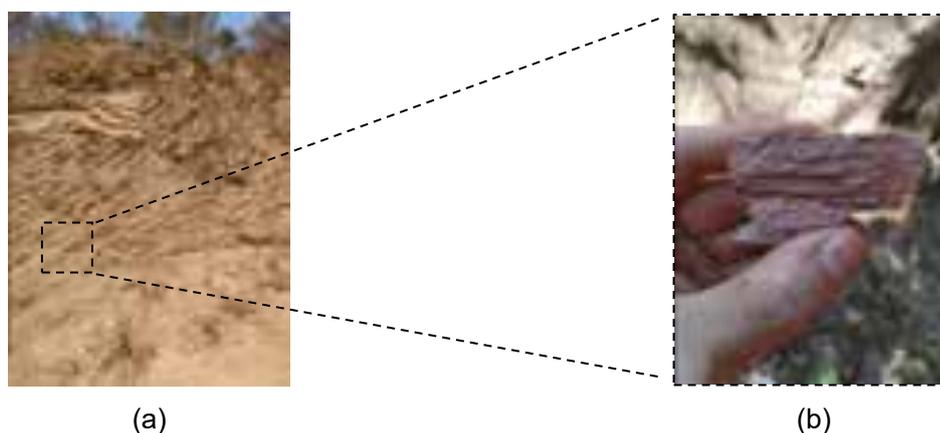


Figura 2-9: Saprólito; a) Visão do corte; b) Detalhe Saprólito. Fonte: WALM (2021a).

- **Quartzo Sericita Xisto**

O substrato rochoso caracterizado durante o mapeamento foi definido como Quartzo-sericita xisto a Sericita-quartzo xisto (Figura 2-10). O quartzo-sericita xisto é influente em praticamente toda a adjacência do maciço do barramento, tanto nas ombreiras das barragens, quanto a jusante das barragens Rapaunha e Calcinados. É importante, todavia, considerar que este litotipo é heterogêneo quanto a seus graus intempéricos, se comportando ora como uma rocha intemperizada ora como saprolito. Não foram observadas famílias de fraturas ou quaisquer estruturas que sejam de grande persistência e que possam ser condicionantes a rupturas nas margens do barramento. A foliação não é uma estrutura condicionante a rupturas, muito embora ocorram descontinuidades lisas demarcadas por planos micáceos.

Em relação ao mapeamento realizado na região da barragem Cocuruto, nota-se a presença deste material a montante e jusante do barramento. Apresentam diferentes graus de resistência, porém apresentando um predomínio de material friável (resistências entre R1- e R2+), com faixas mais resistentes, que chega a rochas medianamente resistentes (R3) a resistentes (R4) – ver Figura 2-11(b), principalmente na região das ombreiras do barramento. Apresenta-se intensamente alterada (W2) a levemente alterada (W4), predominantemente. Menciona-se aqui a mesma interdigitação entre diferentes graus intempéricos, como discorrida para o horizonte de saprólito -ver Figura 2-11(c).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 18/142

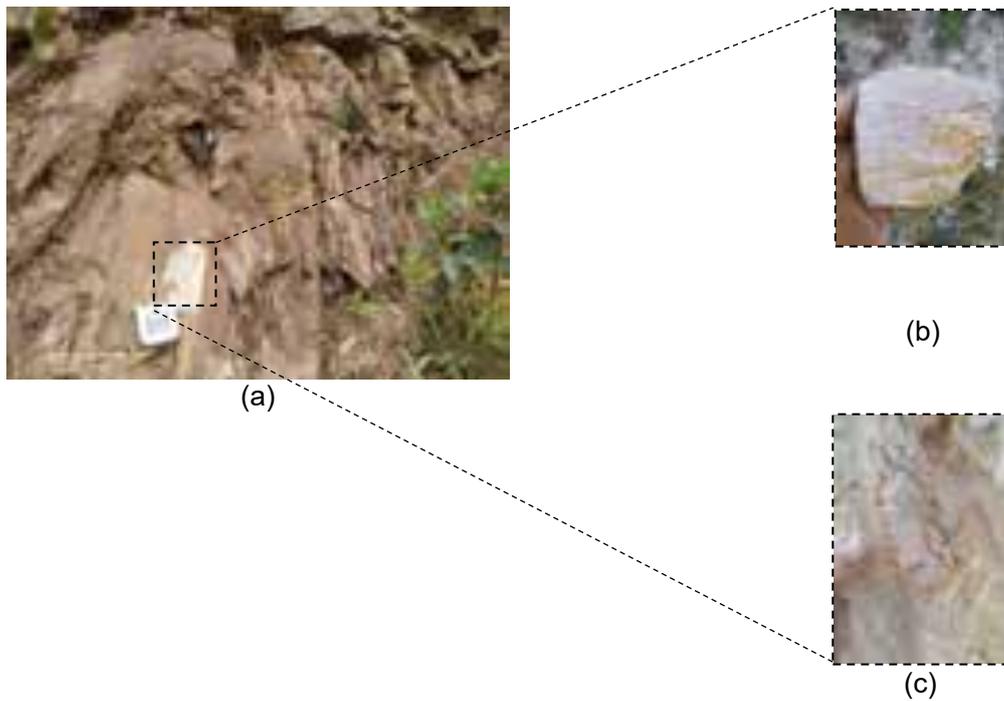


Figura 2-10: Quartzo-sericita xisto; a) Visão do corte; b) Detalhe do quartzo-sericita xisto; c) planos lisos na descontinuidade. Fonte: WALM (2021a).

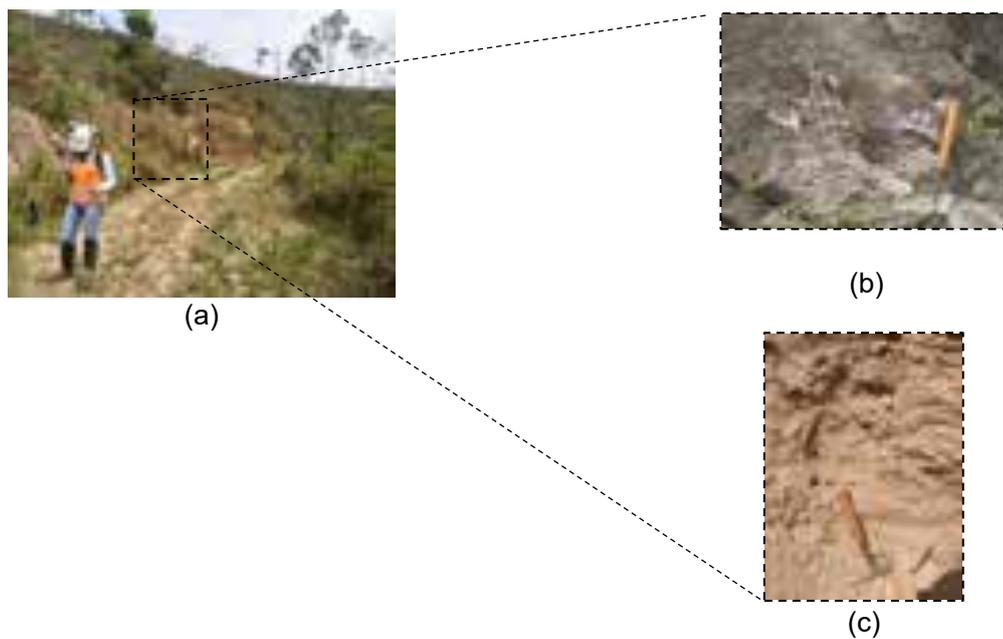


Figura 2-11: Quartzo-sericita xisto; a) Visão do corte; b) Detalhe do quartzo-sericita xisto medianamente resistente; c) detalhe em interdigitação com porção menos resistente/saprólito. Fonte: WALM (2021b).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 19/142

Em 2022, CLAM desenvolveu um mapeamento geológico e descrição de rochas no entorno das barragens de Calcinados e Rapauinha. Ao todo, foram mapeados 30 pontos nos quais foram realizadas uma descrição macroscópica dos afloramentos visitados. A localização dos pontos visitados está apresentada na Figura 2-12. Adicionalmente, são apresentados os dados cadastrais e a descrição dos pontos mapeados na Tabela 2-1.

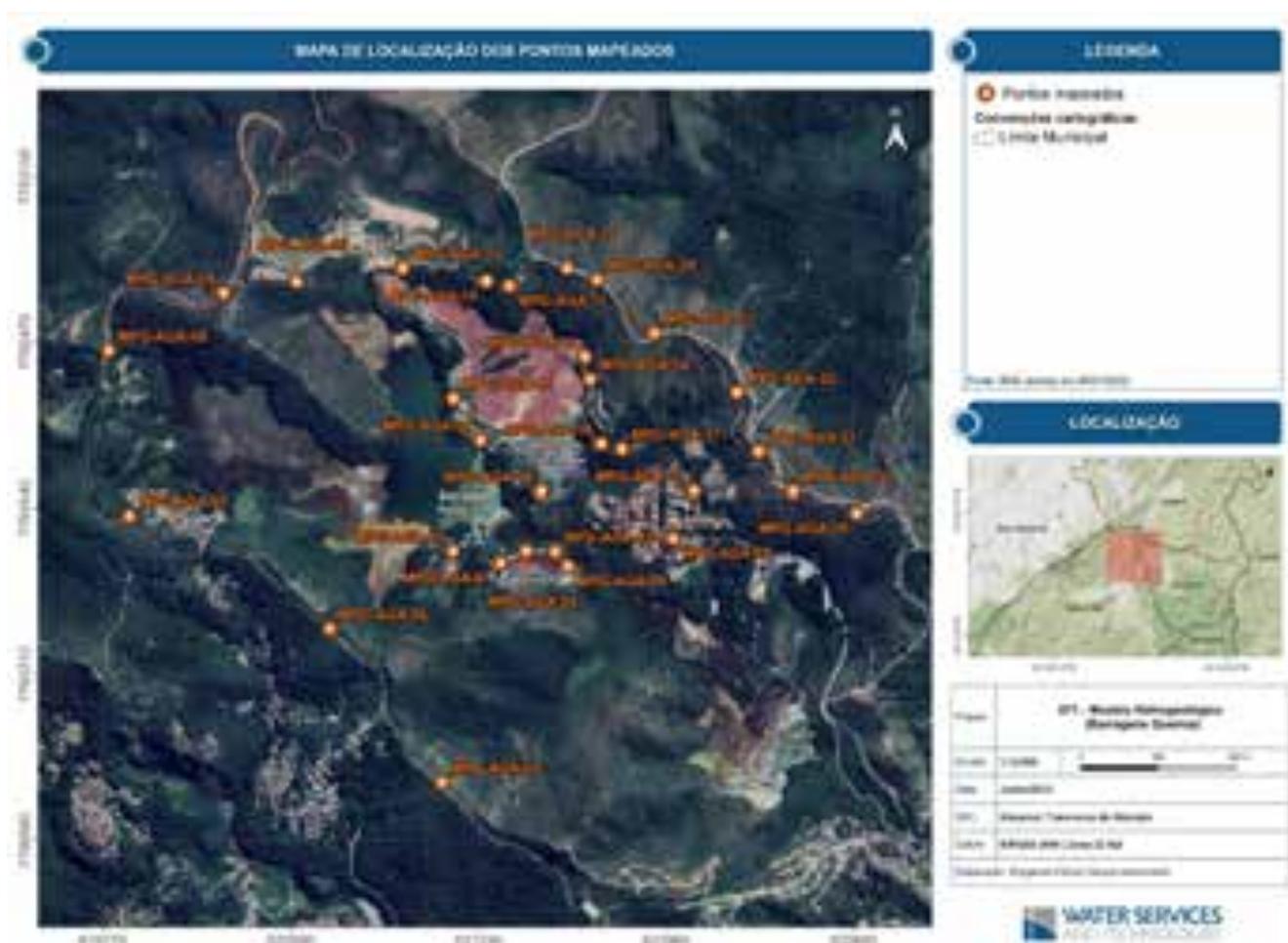


Figura 2-12: Mapa de localização dos pontos mapeados. Fonte: CLAM (2022a).

Tabela 2-1: Dados cadastrais e descrição dos afloramentos visitados. Fonte: CLAM (2022a).

Ponto mapeado	Leste [m]	Norte [m]	Unidades Estratigráfica	Descrição
MPG-AGA-01	621315.78	7791635.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto intemperizado
MPG-AGA-02	621416.63	7791679.9	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-03	621527.73	7791678.1	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto intemperizado

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLOGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 20/142

Ponto mapeado	Leste [m]	Norte [m]	Unidades Estratigráfica	Descrição
MPG-AGA-04	621577.6	7791622.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-05	621088.58	7790798.6	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Rocha com xitossidade bem pronunciada
MPG-AGA-06	620651.76	7791383.7	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto bastante intemperizado
MPG-AGA-07	619872.2	7791812.7	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto intemperizado
MPG-AGA-08	619792.0	7792437.7	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto intemperizado
MPG-AGA-09	620238.0	7792655.9	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-10	621260.2	7792702.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-11	621350.9	7792682.8	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-12	621575.1	7792751.2	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-13	621131.0	7791680.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto bastante alterado
MPG-AGA-14	621664.6	7792327.5	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto bastante alterado
MPG-AGA-15	621643.9	7792413.2	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-16	621707.0	7792082.5	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-17	621788.2	7792061.5	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto muito alterado
MPG-AGA-18	621473.5	7791901.7	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Rocha com xitossidade bem pronunciada
MPG-AGA-19	621133.7	7792254.7	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto são
MPG-AGA-20	621238.8	7792096.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto muito alterado
MPG-AGA-21	622319.2	7792052.9	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto muito foliada
MPG-AGA-22	622235.8	7792279.4	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-23	621915.1	7792504.2	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-24	621692.0	7792707.2	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-25	620935.1	7792751.9	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-26	620523.9	7792698.8	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-27	622068.2	7791904.3	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto pouco alterado
MPG-AGA-28	621987.6	7791727.6	Grupo Nova Lima - Mestre Caetano	Xisto alterado
MPG-AGA-29	622701.2	7791822.5	Grupo Nova Lima - Formação Ouro Fino 2	Intercalação de xisto alterado com Formação Ferrífera Bandada (BIF)
MPG-AGA-30	622453.9	7791902.7	Grupo Nova Lima - Formação Ouro Fino 2	Xisto bastante alterado

2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

A descrição estrutural apresentada aqui é referente ao mapeamento desenvolvido por CLAM (2022a) em áreas circunvizinhas à barragem Calcinados. O estudo cita que foram realizadas medidas de orientações de foliações, fraturas, dobras e falhas. São identificadas estruturas derivadas dos

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 21/142

processos de metamorfismo, destacando-se, principalmente a xistosidade desenvolvida nas rochas da área de estudo. Em relação as estruturas rúpteis e dúcteis, destacam-se fraturas, planos de foliação, falhas normais e inversas; dobras e veios de quartzo concordantes e discordantes com a foliação, que por vezes encontram-se dobrados e boudinados.

Em relação às estruturas, foram aferidas 66 medidas referentes às orientações dos planos de foliação, de forma que a orientação preferencial tem direção WNW-ESE, com mergulho para E e SE. Para as fraturas no total nessa unidade geológica foram realizadas 23 medidas das orientações dos planos de fratura. Foram identificadas três famílias de fraturas com direções preferenciais distintas, orientadas nos sentidos NE, NW e SE, sendo a primeira mais frequente. As medidas dos mergulhos dos planos de fratura das famílias analisadas nessa formação são próximas a 30°, 45° e 10°.

Estruturas rúpteis como falhas de empurrão e normais de pequeno porte foram encontradas na área interna do empreendimento, em afloramentos próximos ao refeitório da Planta do Queiroz. As falhas identificadas ocorrem de forma discordante ao plano de foliação.

Também foram observadas formações ferríferas bandadas intercaladas aos xistos. A orientação geral do plano de foliação é NEE-SWW e, ainda, o mergulho verificado no afloramento descrito foi de 36° para SE.

Na região mapeada, o contato entre a formação Mestre Caetano e Ouro Fino 2 é delimitado por uma falha de empurrão com orientação NW-SE. O plano de falha foi delimitado por Cavalcanti *et al.* (2020) e mergulha em ângulo similar ao dos planos de foliação identificados na área.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 22/142

3. CARACTERIZAÇÃO DAS BARRAGENS

3.1 BARRAGEM COCURUTO

As descrições apresentadas a seguir foram extraídas do projeto RISR/2023 da barragem de Cocuruto, desenvolvido por TELLUS (2023a). A barragem foi construída no início dos anos 1983 para receber rejeitos gerados pela planta metalúrgica de Queiroz. Esta estrutura foi construída sobre o talude de jusante do maciço da antiga barragem de rejeitos de Queiroz, de forma a alteá-la à El. 804 mNM pelo método de jusante.

Os maciços da barragem Queiroz e da barragem Cocuruto foram construídos em solo compactado. Além disso, a barragem se assenta sobre camadas de solo residual e saprolito, sotopostos ao maciço rochoso de xisto.

Enquanto a barragem de Queiroz ficou em operação até o ano de 1957 (não se tem informações acerca da data de início das operações), a estrutura de Cocuruto recebeu rejeitos oriundos da planta metalúrgica por cerca de 2 anos (de meados 1983 ao final de 1985), quando se atingiu o volume máximo de armazenamento de rejeitos. Atualmente, o reservatório da estrutura tem a finalidade de receber a água oriunda das barragens Rapaunha e Calcinados, e a drenagem geral da planta metalúrgica, não se tendo instalado equipamentos para captação. Logo, com o intuito de melhorar as condições de amortecimento de cheias, no ano de 2003, a barragem de Cocuruto foi alteada em 2 m, passando a crista da estrutura da El. 804 mNM para a El. 806 mNM (WALM, 2019).

Assim sendo, o maciço coroado na El. 806 mNM, com cerca de 4,8 m de largura e altura máxima de 41 m apresenta talude de montante com inclinação de 1,0V:2,2H e talude de jusante com inclinação variável de 1,0V:2,5H (maioria dos bancos), 1,0V:2,0H (dreno de pé) e 1,0V:1,8H (último banco) com bermas de 3 m a cada 10 m de desnível, revestidos com grama em placa.

3.1.1 Elementos Estruturais da Barragem

A seção esquemática da barragem de Cocuruto é apresentada na Figura 3-1. Na figura é possível observar que a estrutura da barragem com alteamento a jusante, bem como o sistema de drenagem interno, constituído por um filtro inclinado e um tapete horizontal posicionados a jusante do eixo do barramento.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 23/142

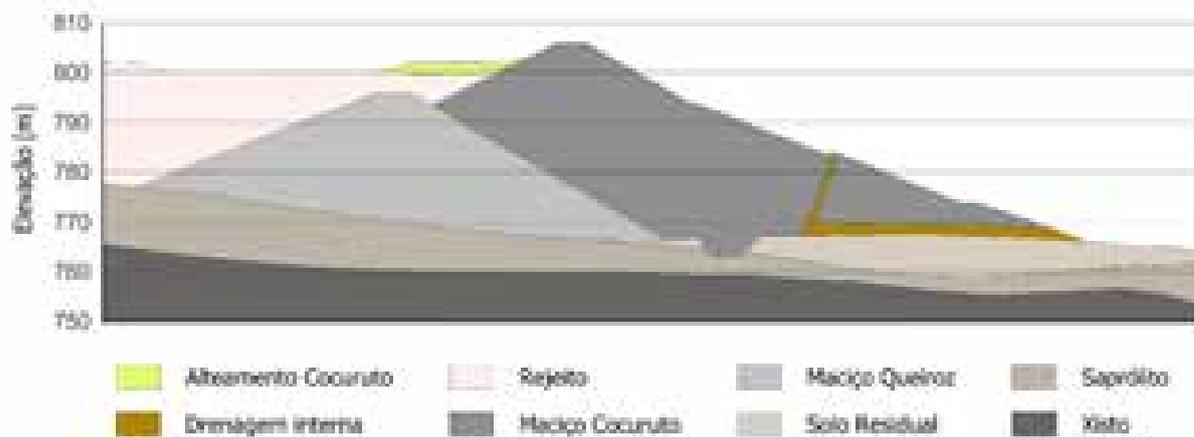


Figura 3-1: Seção esquemática da barragem de Cocuruto e seu sistema de drenagem interna. Fonte: Seção A-A adaptado de TELLUS (2023).

- **Maciço**

Com relação ao maciço existente, para a barragem Queiroz, tem-se que o mesmo apresenta granulometria silto argilosa classificada como sendo CL e com permeabilidade média de $4,50E-8$ m/s. Além disso, tal maciço apresenta solo com peso específico médio de $1,65$ g/cm³, índice de vazios médio igual a 0,61 e grau de saturação igual a 72,7%. Quando compactado demonstra umidade ótima de 16,63%. Entretanto não foram caracterizados os parâmetros de resistência mecânica para o barramento de Queiroz.

Já, o maciço da barragem de Cocuruto foi construído a partir de duas jazidas, as quais são localizadas em cada uma das margens do depósito de rejeitos. Essas áreas de empréstimo foram denominadas de empréstimo direito e empréstimo esquerdo. A jazida à esquerda do reservatório foi considerada como sendo a principal fonte de materiais argilosos para a construção do barramento.

Dessa forma, o maciço é constituído por solos argilo-siltosos ou silto-argilosos compactados do tipo homogêneo, os quais foram submetidos a ensaios de laboratório para a devida caracterização do material.

Logo, o material presente na região à esquerda do reservatório foi caracterizado como sendo solos argilo-siltosos ou silto-argilosos enquadrando-se como CL pela classificação unificada dos solos da USCS. Além disso, apresentou peso específico dos grãos de $2,67$ g/cm³, umidade natural de 11,48 % e coeficiente de permeabilidade média de $2,68E-8$ m/s. Quando compactado, o solo desta jazida apresentou umidade ótima de 21,08%, peso específico de $1,60$ g/cm³ e índice de vazios igual a 0,67.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 24/142

Já o material utilizado proveniente da margem direita do reservatório foi caracterizado como solos silto-argilosos enquadrando-se como CL pela classificação unificada dos solos da USCS. Além disso, apresentou peso específico dos grãos de 2,70 g/cm³, umidade natural de 8,52 % e coeficiente de permeabilidade média de 3,40E-9 m/s. Quando compactado este solo apresentou teor de umidade ótimo de 20,03%, peso específico de 1,64 g/cm³ e índice de vazios médio de 0,65.

- **Fundação**

Segundo o Relatório de Inspeção de Segurança Regular AA-314-TY-0580-206-RT-0010 (Tellus, 2023), para a definição das camadas geológico-geotécnicas da fundação, de onde se assenta a barragem, foram realizadas, desde o final da década de 1970, cinco campanhas de investigações geotécnicas. A Tellus (2023) realizou a redescrição de algumas das sondagens quanto a reclassificação dos contatos entre os materiais da fundação, de modo a homogeneizar as unidades geológico-geotécnicas.

De acordo com a Tellus (2023), uma das características da área é a difícil diferenciação entre os materiais que compõem a fundação e o aterro da barragem, ocasionando em várias sondagens onde é descrita uma camada extremamente espessa de solo residual, ou até mesmo boletins de sondagens em terreno natural classificadas como aterro. De modo a simplificar as unidades, uma vez que são materiais de difícil diferenciação nos testemunhos de sondagem, sem limites muito bem definidos, e a manter a coerência entre a atual interpretação e interpretações pretéritas, todas foram definidas a partir dos xistos do Grupo Nova Lima, mesmo que na descrição de campo o material seja descrito como um filito. Algo semelhante ocorre com os saprólitos, que muitas vezes estão ausentes ou sub representados nas descrições dos boletins, apesar do material apresentar alta resistência (conforme NSPT) ou possuir características do protólito, o que ocasionou na classificação mencionada acima. (Tellus, 2023).

- **Sistema de Drenagem Interno**

Segundo informações obtidas em WALM (2019), a barragem de Cocuruto possui filtro inclinado composto por areia, e tapete horizontal composto por areia e brita fina, conforme apresentado no documento nº PR-0025/80-R-005 elaborado pela Geotécnica (1980). O filtro inclinado está à jusante do eixo principal do barramento e atinge a elevação máxima na El. 782 mNM em toda a extensão do maciço e apresenta espessura de projeto de 1 m.

A partir do filtro inclinado, o tapete horizontal se estende ao longo do contato entre a fundação e o maciço de forma a conduzir a água coletada até o pé de jusante da barragem. Logo, o tapete é composto por uma camada de brita fina envolta em duas camadas de areia. No pé de tal estrutura o tapete horizontal foi

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 25/142

invertido (dreno de pé), construindo-se uma saída de drenagem adequada e composta adicionalmente por brita grossa e pedra de mão. O tapete drenante apresenta espessura de 3 m, sendo a camada de base composta por 1 m de areia, seguido por 2,2 m de brita fina e posteriormente por 0,3 m de areia.

Além disso, a estrutura apresenta um filtro invertido no talude entre a El. 794 mNM e a El. 784 mNM, devido a ocasional elevação do nível de água na estrutura. Sendo assim, este filtro invertido foi construído com areia seguido por brita, e apresenta 15 cm de espessura.

- **Sistema de Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem superficial do talude de jusante da barragem capta as águas do escoamento superficial e conduz através das canaletas e canais, até locais adequados para o lançamento, localizado na porção mais a jusante da barragem.

A drenagem das bermas é conduzida através de canaletas do tipo meia-cana de 600 mm de diâmetro, com orientação e caimento direcionados de Norte para Sul. Na região central do maciço foi incluída uma escada hidráulica a qual recebe a contribuição das canaletas posicionadas à norte. Já as drenagens restantes foram orientadas para descarregar junto ao canal do sistema extravasor.

Na região do dreno invertido, a canaleta instalada sobre o tapete de areia foi conectada com o dreno invertido, para que não houvesse erosões internas em decorrência do fluxo de água, cuja vazão é oriunda das precipitações.

O canal periférico na ombreira esquerda apresenta geometria trapezoidal em pedra argamassada. Já a drenagem superficial da ombreira direita é realizada pelo canal do sistema extravasor. Ademais, como sistema complementar, implantou-se uma escada em degraus com geometria retangular em concreto, na porção central do maciço, com a finalidade de escoar o fluxo proveniente das canaletas das bermas.

- **Sistema Extravasor**

A Barragem Cocuruto opera atualmente com o novo extravasor (canal de desvio na ombreira direita) que foi concluído e começou a operar em 02/12/2022, com o comissionamento do novo vertedouro, com soleira passou para 798,92 m. Atualmente, estão em andamento as obras de adequação do extravasor para atendimento de PMP. O antigo canal extravasor por ocasião do comissionamento do novo canal está inoperante. Conceitualmente, o projeto do novo sistema extravasor considera a condução da máxima vazão afluente do reservatório, correspondente à cheia de projeto (TR 1.000 anos), através de um trecho inicial

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 26/142

em canal sub-horizontal (canal de desvio/aproximação), seguido por um trecho rápido (mais inclinado) e um dissipador de energia (blocos de rocha).

A configuração de projeto apresentada, contava com 4 trechos a serem construídos sendo: canal de aproximação, canal periférico, trecho rápido e bacia de dissipação.

- **Rejeito**

Além do reservatório de água, há a presença de rejeito próximo ao reservatório, conforme a batimetria recebida e correspondente a abril de 2022. Logo, a região do reservatório deve ser tratada de forma a segregar dois tipos de materiais, sendo água e rejeito. Isso se dá devido a diferença de peso específico existente entre tais materiais, o que acaba por afetar a estabilidade global do maciço.

Desta forma, o rejeito presente na barragem de Cocuruto pode ser dividido em duas camadas distintas:

- A primeira camada (mais profunda) relativa ao rejeito disposto junto à estrutura denominada Queiroz; e,
- A segunda camada (mais superficial) relativa aos rejeitos dispostos após a construção do barramento denominado de Cocuruto.

Essa segregação pode ser feita pois o rejeito disposto na época da barragem de Queiroz sofreu inicialmente ressecamento por um longo período de tempo, o que acaba por adicionar resistência a tal material, mesmo que o mesmo esteja atualmente saturado.

Segundo análises de estabilidades para a barragem Cocuruto, desenvolvidas pela WALM (2021b), foi calibrado uma condutividade hidráulica para o rejeito na ordem de $1,00E-6$ m/s. Tellus (2023a) sumariza os resultados de ensaios granulométricos realizados no rejeito da barragem Cocuruto, apresentados na Tabela 3-1.

Tabela 3-1: Resultado do ensaio de granulometria do rejeito. Fonte: Tellus (2023a).

Análise granulométrica				
Registro	Classificação do solo	Resultado WALM	Resultado FUGRO	Desvio Padrão
S20439	Argila	6,00	6,03	0,02
	Silte	60,00	58,32	1,19
	Areia Fina	33,50	35,24	1,23
	Areia Média	0,50	0,41	0,06
	Areia Grossa	0,00	0,00	0,00
	Pedregulho	0,00	0,00	0,00
	Designação do solo	Silte arenoso com pouca argila		

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 27/142

3.2 BARRAGEM CALCINADOS

As descrições apresentadas a seguir foram extraídas do projeto RISR/2023 da barragem Calcinados, desenvolvido por TELLUS (2023b). A barragem foi construída em 1986 para receber rejeitos calcinados gerados pela planta metalúrgica de Queiroz. Essa barragem foi idealizada para funcionar em circuito fechado, ou seja, toda a água resultante de percolação pelo maciço é coletada e bombeada novamente para o seu reservatório. Sua exaustão estava prevista para 2021 (WALM, 2021a).

Inicialmente, foi construída uma barragem de partida, com cerca de 30 m de altura e um dique de pé a jusante, com cerca de 14 m de altura, ambos com material de empréstimo compactado. Os alteamentos foram iniciados pelo método de linha de centro, utilizando o rejeito ciclonado (*underflow*). Posteriormente, este sistema foi alterado, passando-se a executar os alteamentos pelo método de jusante.

A barragem passou por muitos alteamentos com rejeito ciclonado *underflow* até a crista atingir a El. 860 metros em relação ao nível do mar (mNM) e no ano de 2017 teve um último alteamento para a El. 863 mNM, porém com solo de empréstimo compactado, para adequação hidráulica da estrutura para a implantação das atividades de sua desativação. Para a El. 863 mNM também foi construído um dique para fechamento da sela topográfica entre os reservatórios das barragens de Calcinados e Rapaunha. A barragem Calcinados apresenta altura máxima de aproximadamente 60 m, com área do reservatório de 0,19 km², área da bacia de contribuição de 0,45 km² e com volume do reservatório de 4,2 Mm³ (WALM, 2021a).

A estrutura, por ter sido construída com rejeito grosseiro de alta permeabilidade, foi projetada para não necessitar de filtro vertical. Dessa forma, o sistema de drenagem interna é constituído somente de drenos de fundo em diferentes seções típicas, dispostos em espinha de peixe seguindo os talwegues naturais da topografia primitiva, de forma a coletar as vazões das ombreiras para a seção central. Para evitar o descarte de águas contaminadas pelo rejeito para o meio ambiente a jusante do barramento, foi projetada uma galeria de segurança, conectada ao dreno de fundo, localizada no pé do talude de montante do dique, e com manilhas verticais de 0,6 m de diâmetro, com diferentes níveis de captação e saída na El. 824 mNM.

O talude de jusante da barragem tem inclinação 1,0V:2,5H, com bermas de 5 m de largura a cada 10 m de desnível, aproximadamente. A barragem possui um vertedouro de emergência de seção tubular com 0,8 m de diâmetro, situado na ombreira direita. Como parte do projeto de adequação hidráulica da estrutura, implantado em 2017, o vertedouro tipo tulipa foi tamponado e substituído por um sistema extravasor de superfície (WALM, 2021a).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 28/142

A barragem na porção mais a montante da margem esquerda possui dois lagos (lago 01 e lago 02) utilizados para manejo hídrico no reservatório, operando com sistema de bombeamento e auxiliando na manutenção da condição de praia. A condição de praia, com rejeito emerso (sem lâmina d'água) é de 300 m. Já a vazão do dreno de fundo é conduzida para a torre de percolados onde o sistema de bombeamento opera.

3.2.1 Elementos Estruturais da Barragem

A seção esquemática da barragem Calcinados é apresentada na Figura 3-2. Na figura é possível observar que os alteamentos ocorreram pelo método de linha de centro/jusante. Além disso, observa-se que o sistema de drenagem interno não apresenta filtro vertical, apenas drenos de fundo e drenos laterais que descarregam em poço com bomba e retornam para o reservatório.

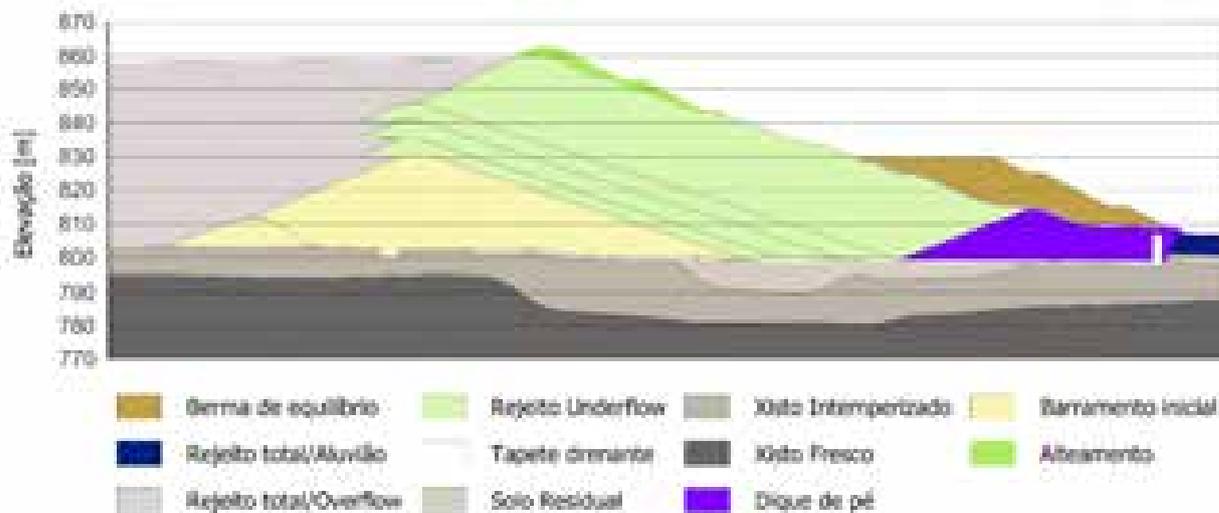


Figura 3-2: Seção esquemática da barragem Calcinados e seu sistema de drenagem interna. Fonte: Seção A-A adaptado de TELLUS (2023b).

- **Maciço**

Inicialmente, o barramento inicial foi construído até a El. 830 mNM e o dique de pé com crista na El. 814 mNM, ambos com material de empréstimo argilo-siltoso compactado. A partir da El. 830 mNM, os alteamentos foram realizados com rejeito *underflow* proveniente da ciclonação e classificado tátil-visualmente como “areia fina pouco siltosa”. Até a El. 846 mNM, a execução do maciço ciclonado ocorreu pelo método de linha de centro e, a partir desta elevação, o método construtivo foi alterado para jusante, até que a El. 860 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLOGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 29/142

O rejeito *underflow* é retratado com NSPT variando de 8 a 25, compacidade, em geral, crescente com a profundidade e material impenetrável à percussão com aproximadamente 15 m/20 m de profundidade, o que pode indicar que o material apresenta compacidade mediana a elevada. Em 2017, ocorreu a construção do último alteamento, passando a crista da El. 860,00 m para a El. 863,00 m, utilizando material de empréstimo compactado.

Segundo WALM (2021a), para a determinação dos parâmetros de permeabilidade do material, foram coletadas amostras na face do talude de jusante e na área de empréstimo. Os resultados indicam que o rejeito de *underflow* do aterro apresenta permeabilidade na ordem de 1,00E-6 m/s, e o material de empréstimo e o aterro do dique de pé apresentam permeabilidade na ordem de 1,00E-8 m/s.

- **Berma de equilíbrio**

Segundo WALM (2021a), a berma de equilíbrio da barragem Calcinados foi executada em 2020 com o material de uma pilha de estéril granular de uma antiga mina paralizada, localizada em Raposos – MG. Os ensaios de caracterização geotécnica realizados em amostras do aterro de estéril indicam que o material do estéril se trata de um pedregulho com pequena fração de areia e finos e, quando compactado, apresenta coeficiente de permeabilidade de 1,0E-7 m/s.

- **Fundação**

Segundo WALM (2021a), a fundação da barragem Calcinados é basicamente composta por xisto intemperizado/saprolito, seguido por xisto semi-intemperizado em algumas regiões específicas e esparsas e, por fim, pelo xisto fresco. Uma vez que a camada de xisto intemperizado/saprolito não foi detalhada adequadamente, esse material foi considerado como sendo praticamente rocha, devido as altas resistências a penetração por ele obtidas.

A detecção da camada de solo residual (solo silto-argiloso), por sua vez, ocorreu em alguns pontos, especialmente entre o barramento inicial e o dique de pé. Essa camada apresenta resistência a penetração, NSPT de 13.

- **Sistema de Drenagem Interno**

Segundo WALM (2021a), o projeto inicial da barragem foi concebido de forma a não ser necessária a construção de um filtro vertical devido à alta capacidade drenante do rejeito ciclonado *underflow* que seria utilizado no alteamento do maciço. A drenagem interna foi então formada por drenos de fundo de seção

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 30/142

transversal variada, dispostos em “espinha-de-peixe”, de forma que o fluxo percolado nas ombreiras e pelo maciço fosse conduzido à seção central da barragem.

Para evitar o descarte de águas contaminadas pelo rejeito para o meio ambiente a jusante do barramento, as águas coletadas pelo dreno descarregador de fundo são direcionadas e captadas pela torre de percolados, a jusante do dique de pé, onde está instalado um sistema automatizado de bombeamento, que provoca o retorno destas águas para o reservatório da barragem. Na Figura 3-3 pode-se observar que foram projetados para a barragem drenos que acompanham os talvegues naturais do terreno e recebem drenos laterais.

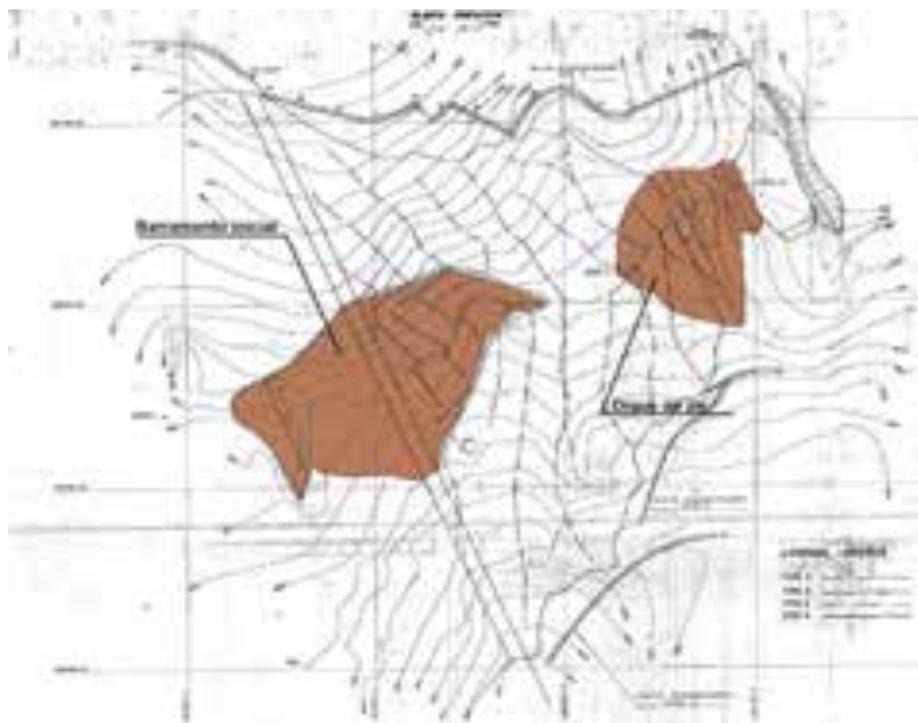


Figura 3-3: Sistema de drenagem da barragem Calcinaados em planta. Fonte: MMV-BC-110X17-007, citado por TELLUS (2023b).

- **Sistema de Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem superficial do maciço da barragem de Calcinaados é composto pelos seguintes dispositivos:

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 31/142

- Canaletas meia cana $\Phi = 0,60$ m nas bermas da face de jusante, da El. 853,0 mNM e El. 844,0 mNM, nas El. 834,0 mNM, El. 830,0 mNM, El. 825,0 mNM e El. 815,5 mNM. Essas estruturas drenam até as extremidades, apresentando perfil longitudinal de 0,5 %, até o desemboque aos canais periféricos. Ressalta-se que após as obras de reforço da berma na El. 815,5 mNM, a estrutura de drenagem superficial foi reimplantada com as mesmas dimensões;

- Canais periféricos de geometria trapezoidal, construídos em pedra argamassada, largura de fundo aproximada de 1,0 m, 0,8 m de altura e largura de topo de 2,6 m, proporção de inclinação das paredes laterais de 1,0H:1,0V. A declividade longitudinal é dada a partir das conformidades com terreno natural. Já o canal periférico da ombreira esquerda apresenta um trecho com geometria trapezoidal em pedra argamassada e um trecho com geometria retangular em concreto (El. 844,0 m até o pé), apresentando trechos com fundo da calha lisa e trecho em degraus.

- **Sistema Extravador**

Foi iniciada uma adequação hidráulica do sistema extravasor em junho de 2021, com o intuito de otimizar a ocupação do reservatório. Conforme novo plano de disposição de rejeito da estrutura, foi executado o alteamento da soleira do vertedouro em 1,0 m para aumentar o volume de acumulação de rejeito no reservatório. Assim, as paredes do vertedouro foram alteadas até atingirem a El. 862,0 mNM, mantendo a geometria do muro existente.

O atual sistema extravasor, localizado na cota El. 862,0 mNM é composto por um vertedouro de superfície tipo Creager, construído em concreto, e um canal com fundo liso à jusante, também construído em concreto. Este extravasor possui uma seção retangular de 2,0 m de largura e altura variável, de acordo com a lâmina de água. A estrutura existente é projetada como um canal, no qual o fluxo da água é direcionado para passar sobre um muro construído.

Atualmente, o nível de água no reservatório é controlado mediante sistema de bombeamento, com o objetivo de aproveitar a água no processo de beneficiamento do minério. Portanto, o sistema extravasor é utilizado somente em situações extremas de precipitação.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 32/142

- **Rejeito**

A partir de investigações de campo desenvolvidas na região da barragem Calcinados, os ensaios granulométricos executados indicam que o rejeito da barragem pode ser classificado como silte com pouca areia e pouca argila (TELLUS, 2023b).

3.2.2 Dique de Sela

Segundo WALM (2021a), o dique de sela (Figura 3-4) foi construído com material de empréstimo compactado no ano de 2017, junto ao alteamento do barramento principal para a El. 863 mNM.

A estrutura é responsável pelo fechamento da sela topográfica existente entre os reservatórios da barragem de Calcinados e Rapaunha. Além disso, em sua ombreira esquerda, há o extravasor de borda livre que verte o reservatório de Calcinados em direção ao reservatório de Rapaunha. Ambas as funções são necessárias para que seja possível o amortecimento de cheias decamilenares.

O dique tem altura de 5 m e 5 m de largura de crista, tendo sido construído em etapa única com crista na El. 863 mNM. Não há evidência de que foi construído um sistema de drenagem interno no dique de sela.



Figura 3-4: Seção esquemática do dique de sela. Fonte: Seção B-B adaptado de WALM (2021a).

3.3 BARRAGEM RAPAUNHA

As descrições apresentadas a seguir foram extraídas do projeto RISR/2023 da barragem Rapaunha, desenvolvido por TELLUS (2023c). A barragem foi construída no início dos anos 1980 para receber rejeitos da flotação. Sua construção foi executada com solo compactado, tendo cerca de 30 m de altura. As demais etapas de construção do barramento foram executadas pelo método de jusante com material de empréstimo compactado.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 33/142

Inicialmente, o projeto da Geotécnica (1981) previa a construção total do maciço em 3 etapas sendo: uma barragem inicial com crista na El. 835 mNM e dois alteamentos para jusante com cristas nas El. 844 mNM e El. 862 mNM. Entretanto, houve um parcelamento dos alteamentos após a construção do maciço inicial fazendo com que a estrutura passasse por 4 alteamentos no total até atingir a crista aproximadamente na El. 856 mNM. Adicionalmente, em meados dos anos 2000 houve a construção de um muro de concreto armado para adequação hidráulica da estrutura de 0,7 m de altura até aproximadamente a El. 856,7 mNM. A Tabela 3-2 apresenta o histórico dos alteamentos.

Tabela 3-2: Histórico de alteamentos da barragem Rapaunha. Fonte: WALM (2021c)

Etapa	Ano	Elevação da crista [mNM]
1 (Barramento inicial)	1980	835,0
2 (1º alteamento)	-	840,5
3 (2º alteamento)	1994	844,0
4 (3º alteamento)	1995	847,0
5 (4º alteamento)	1998	852,5
6 (5º alteamento)	2004	856,0
7 (construção do muro)	-	≈ 856,0 (maciço de solo compactado)
		≈ 856,7 (muro de concreto armado)

O talude de montante foi projetado com inclinação de 1V:2,5H contendo uma camada de proteção, composta por 0,3 m de enrocamento, 0,3 m de brita grossa, 0,3 m de brita fina e 0,3 m de areia. Inicialmente os bancos do talude de jusante da barragem foram projetados com inclinação de 1V:2,5H, com bermas de 5 m de largura a cada 10 m de desnível, sendo que os bancos na EL. 812 mNM e 822 mNM seriam construídos com inclinação de 1V:3,0H. Entretanto, a configuração atual do maciço apresenta inclinação dos taludes de jusante variando de 1,0V:1,6H a 1,0V:2,2H.

Conforme informado por AGA, a construção da berma de material excedente proveniente do Aterro de Resíduo Industrial H1 iniciou-se em novembro de 2020 e com a compactação da última camada na El. 816 mNM em janeiro de 2022.

A disposição de rejeitos em Rapaunha foi interrompida no ano de 2006, segundo RPSB nº AA-000-BV-0098-906-RT-013 - BVP, 2018. Logo, a estrutura passou a servir como reservatório de água para suprir a necessidade da planta metalúrgica de Queiroz. Atualmente, a barragem não recebe rejeito, apenas efluente tratado, funcionando apenas como bacia de acumulação de água pluvial para recirculação de água do processo.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 34/142

3.3.1 Elementos Estruturais da Barragem

A seção esquemática da barragem Rapaunha é apresentada na Figura 3-5. Na figura é possível observar que os alteamentos foram projetados pelo método de jusante. Além disso, observa-se que o sistema de drenagem foi concebido de forma a se ter um filtro (vertical e inclinado) e um tapete drenante ao longo da estrutura.

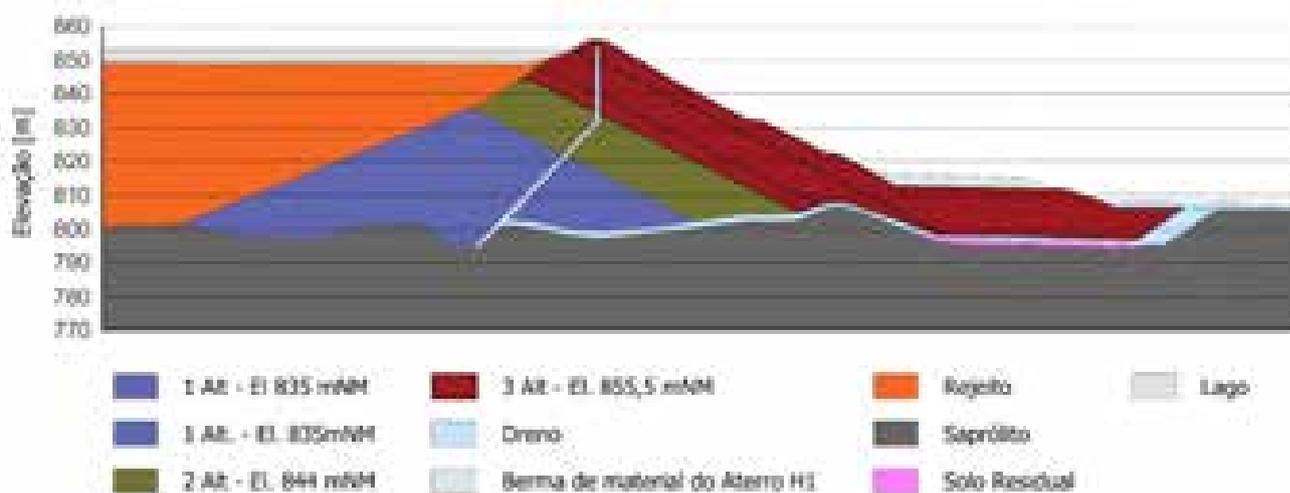


Figura 3-5: Seção esquemática da barragem Rapaunha e seu sistema de drenagem interna. Fonte: Seção A-A adaptado de TELLUS (2021c).

- **Maciço**

Segundo WALM (2021c), o maciço da Barragem Rapaunha foi construído a partir de três jazidas, as quais estão localizadas na margem esquerda do depósito de rejeitos, na região do reservatório Calcinados e à jusante do maciço. Destaca-se que não foram encontrados junto ao acervo técnico da AGA informações acerca da principal jazida empregada na construção de tal maciço, nem como a porcentagem de cada uma dessas jazidas empregadas na construção do maciço.

Logo, a partir da campanha de amostragem desenvolvida em 1994 pela EGF, tem-se que o maciço de Rapaunha é composto basicamente por solo silto argiloso com pouca areia de consistência rija a dura. O barramento apresenta valor médio de NSPT = 28,62, mediana NSPT = 30, desvio padrão igual a 6,04 e moda NSPT = 36.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 35/142

Adicionalmente, a partir dos dados de controle tecnológico de construção do alteamento da estrutura à EL. 856 mNM, obteve-se quando compactado, umidade ótima de 21,62 % e peso específico de 1,68 g/cm³. Adicionalmente o material utilizado para o alteamento apresentou permeabilidade média de 3,00E-6 m/s. Foram realizados ensaios de permeabilidade, os quais permitiram estimar a condutividade hidráulica do material correspondente ao aterro. Os resultados calculados através de ensaio de permeabilidade em câmara triaxial (PCT) estão resumidos na Tabela 3-3.

Tabela 3-3: Resultados de condutividade hidráulica calculados pelo ensaio de PCT e tratados pela Walm.

Empresa	Amostra	k [m/s]	k ₂₀ [m/s] ⁽¹⁾
Chammas Engenharia WALM	AM4344-8	4,77E-9	4,22E-9
		4,22E-9	3,75E-9
Chammas Engenharia WALM	AM4344-9	1,21E-8	1,05E-8
		1,05E-8	9,19E-9
Chammas Engenharia WALM	AM4344-26	5,24E-8	4,64E-8
		4,64E-8	4,12E-8

Nota: ⁽¹⁾ Valor da condutividade hidráulica de 20°C.

Também foram realizados na área, ensaios de permeabilidade '*in situ*' (Prospecsolos, 2020). Estes ensaios foram executados nas sondagens mistas executadas pela Prospecsolos. A partir da descrição dos materiais e NSPT das sondagens, foram identificados os diferentes trechos do maciço da Barragem Rapaunha, e dessa forma, calculada a média dos valores de coeficiente de permeabilidade obtidos pelo ensaio de infiltração. A Tabela 3-4 apresenta os resultados.

Tabela 3-4: Coeficiente de permeabilidade médio obtido pelos ensaios de infiltração no maciço da barragem Rapaunha. Fonte: Prospecsolos (2020).

Material (Interpretado)	k médio [m/s]
Alteamento 856	4,32E-7
Alteamento 844	1,44E-7
Alteamento 835	8,52E-8

- **Fundação**

De forma geral, a fundação do maciço consiste em solos de alteração de xisto. O solo residual apresenta-se pouco representativo em profundidade, dispondo-se por lentes dispersas e pouco espessas acima do saprolito de xisto. Este último configura-se como o principal litotipo de fundação, seguido em sua subjacência pela rocha sã (quartzo sericita xisto). Em relação às texturas desses materiais, ambos os solos

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 36/142

apresentam características tátil-visuais semelhantes, sendo silto-argilosos com ocorrências esparsas de fragmentos rochosos em meio a matriz, tendo estruturação reliquiar da rocha de origem (WALM, 2021c).

Através das sondagens realizadas na área do barramento, bem como das seções longitudinais ao eixo da estrutura interpretadas, o principal litotipo, que se estende do centro da estrutura em ambas as ombreiras, é o saprólito de quartzo-sericita xisto. O solo residual encontra-se concentrado nas margens onde há maior elevação.

- **Sistema de Drenagem Interno**

De acordo com WALM (2021c), o sistema de drenagem interna do maciço foi concebido de forma a se ter um filtro (parte vertical e parte inclinado), e um tapete drenante ao longo de toda a estrutura. O trecho do filtro que se encontra inclinado 45° para a jusante do maciço, considera-se alinhado com o *cut-off* – ver Figura 3-5. A partir da elevação em torno de 830,0 mNM até próximo da crista da barragem, entende-se que o filtro está posicionado na vertical. Salienta-se que este último trecho do filtro não está bem consolidado, já que as únicas sondagens executadas na crista (BRA-SM-04 e BRA-SM-04A) apresentaram descrição de materiais divergentes para um mesmo trecho. Além disso, as informações dos ensaios de infiltração (permeabilidade "in situ") serviram de base para redefinir a geometria do filtro de areia existente, embora tenham sido encontradas inconsistências nos resultados de tais ensaios.

Complementando sobre o sistema de drenagem interna, sabe-se que o filtro foi projetado ao longo de todo o maciço sendo constituído de 1,0 m de espessura de areia, já o tapete horizontal drenante posicionado ao longo do talvegue foi elaborado considerando uma camada de 0,8 m de brita grossa envolta por 0,3 m de brita fina e 0,3 m de areia. Nas ombreiras previu-se a execução de uma camada de 1,0 m de espessura de areia interligado ao tapete horizontal de fundo de talvegue.

Conforme Geotécnica (1981), a saída do sistema de drenagem interna foi dimensionada considerando um dreno de pé cego interligado a um tubo de ferro dúctil de 300 mm de diâmetro posicionado no centro do talvegue. Este dreno de pé foi considerado inclinado para jusante do barramento com inclinação de 1,0V:1,5H e composto por um núcleo de pedra de mão de 0,6 m envolta por 0,3 m de brita grossa, 0,3 m de brita fina e 0,3 m de areia. A saída do dreno de fundo é interligada a uma caixa localizada a jusante da barragem onde também está instalado o medidor de vazão do tipo Calha Parshall que foi instalado em setembro de 2019.

Em 2020, antes da obra do Aterro de Resíduo Industrial H1, foi realizada uma adequação no pé da barragem de forma a conter e conduzir a surgência que ocorria na base dos canais periféricos, próximo ao pé da

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 37/142

barragem. A adequação consistiu na implantação de um tapete drenante tipo sanduíche, com núcleo drenante de 0,5 m composto por brita 0 e transição em areia com espessura de 0,3 m.

Durante a obra foi necessário adequar a geometria do projeto, trazendo a saída do tapete drenante para montante, assim como o acesso sobre a plataforma. A saída desta drenagem se dá sob o acesso existente, em uma bacia revestida com material granular, próxima à saída da drenagem interna do maciço da barragem Rapaunha.

- **Sistema de Drenagem Superficial**

Segundo WALM (2021c), o sistema de drenagem superficial do maciço da barragem Rapaunha é composto por canaletas de berma e canais periféricos nas ombreiras da barragem.

As canaletas de berma têm a seção transversal semicircular, em concreto pré-moldado com diâmetros de 0,4 m, 0,6 m e 0,8 m. As canaletas são dispostas junto ao pé do talude superior de cada berma, captando os escoamentos desse talude e da berma onde se encontram. No sentido longitudinal, de acordo com o projeto, as bermas têm declividade de 0,5%, a partir do centro da berma (divisor de drenagem) para cada uma das ombreiras. Os canais periféricos das ombreiras direita e esquerda apresentam geometria trapezoidal em pedra argamassada, com 1,5 m de base menor, 2,5 m de base maior e 0,5 m de altura.

O conceito da drenagem superficial nesta região consiste em uma camada selante de fechamento sobre o tapete drenante implantado de forma a não permitir a infiltração de água pluvial no sistema drenante, com inclinação em direção às canaletas laterais. Para a construção da berma, os canais periféricos foram desviados lateralmente.

- **Sistema Extravasor**

O sistema extravasor é composto por um vertedouro de superfície, em encosta, e galeria sob o maciço que desaguam no reservatório da barragem Cocuruto. O emboque possui seção retangular de concreto com 0,5 m de largura 5,3 m de comprimento e inclinação de 50%.

O disposto permite a colocação de *stop logs* que possibilitam mudanças na elevação da soleira do extravasor, permitindo o aumento do nível de água máximo operacional em períodos de seca. O emboque funciona como soleira livre até que a altura de água atinja 1,2 m da altura da galeria, após essa altura o emboque passa a funcionar como orifício.

Além do disposto, atualmente, no reservatório da barragem estão instaladas bombas capazes de rebaixar o nível de água do reservatório, quando necessário.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 38/142

- **Rejeito**

A barragem Rapaunha, atualmente, é utilizada apenas como reservatório de água para suprir a necessidade da Planta Metalúrgica de Queiroz, visto que, a partir de 2006, a estrutura parou de receber aporte de rejeitos.

Conforme informado pela AGA, os alteamentos a jusante da Barragem Calcinados foram construídos com o rejeito underflow. A Barragem Rapaunha, por sua vez, recebia o rejeito overflow e, eventualmente, o rejeito total das operações de Cuiabá e de Nova Lima. Dessa forma, para os estudos iniciais, foi feita uma correlação com certa parcimônia de tais materiais de forma a propiciar a caracterização de tal rejeito.

Tem-se que o rejeito da barragem Rapaunha pode ser classificado tátil-visualmente como “areia fina pouco siltosa”, com peso específico igual a 17 kN/m³ e permeabilidade média de 1,00E-5 m/s. Adicionalmente, como não foram executadas campanhas de caracterização dos rejeitos da barragem Rapaunha, adotou-se como parâmetro de resistência para este material uma razão de resistência de 0,22 que foi baseado nos ensaios de campo do tipo CPTU realizado no reservatório da barragem Calcinados.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1	
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 39/142	

4. COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS HIDROGEOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentada a compilação e análise dos dados hidrogeológicos monitorados na área de estudo. Para padronizar os dados e análises georreferenciadas, foi adotado no trabalho a projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, fuso 23S (EPSG: 31983).

4.1 PLUVIOMETRIA

Foram fornecidos pela AGA os registros mensais de precipitação do pluviômetro Queiroz (621340,8 L, 7792108,7 N), localizado na área das barragens Calcinados, Rapauha e Cocuruto, desde março de 1996 até abril de 2023. Os registros pluviométricos na área indicam períodos chuvosos e secos bem demarcados. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro e março, enquanto o período seco ocorre entre abril e setembro, conforme apresentado na Tabela 4-1 e Figura 4-1. Adicionalmente, nesta figura é apresentada as precipitações máximas, médias e mínimas mensais.

Como pode ser observado na Figura 4-2, os dados pluviométricos evidenciam o contraste existente entre os períodos chuvosos e secos. A precipitação média anual é de 1478 mm, com média no período chuvoso de 1326 mm (cerca de 90% da precipitação anual) e com média de 152 mm no período de seca (cerca de 10% da precipitação anual).

Tabela 4-1: Precipitação mensal registrada entre os anos hidrológicos 2011/2012 e 2022/2023.

Ano hidrológico	Período chuvoso						Período seco						Total		
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Chuva	Seca	Anual
1995/1996	-	-	-	-	-	-	-	228	59	0	0	2	-	-	-
1996/1997	37	236	361	596	71	328	135	37	32	1	0	82	1628	286	1914
1997/1998	144	126	271	272	212	97	67	33	0	0	0	31	1123	130	1253
1998/1999	230	398	286	125	71	145	22	3	1	1	0	8	1254	35	1289
1999/2000	59	325	371	414	0	7	32	7	7	47	18	78	1176	189	1364
2000/2001	68	307	337	146	48	121	31	0	8	28	64	107	1028	238	1265
2001/2002	123	454	414	300	367	75	2	38	0	0	0	81	1733	120	1853
2002/2003	20	223	371	751	93	141	12	24	0	1	0	13	1600	50	1650
2003/2004	28	200	247	453	380	140	100	30	35	49	0	0	1447	213	1661
2004/2005	71	114	446	186	180	263	31	48	22	9	5	133	1259	248	1508
2005/2006	18	338	395	146	117	232	37	6	5	23	12	56	1246	139	1385
2006/2007	59	165	232	434	75	54	76	33	2	7	0	0	1019	118	1137
2007/2008	140	150	242	283	212	291	42	1	2	0	4	100	1318	149	1466
2008/2009	94	253	564	317	117	159	55	32	36	0	25	44	1503	191	1695
2009/2010	258	97	532	140	46	239	41	28	48	0	0	101	1311	218	1529
2010/2011	204	207	160	395	43	317	47	22	10	0	0	3	1325	83	1408
2011/2012	153	440	584	443	35	184	64	62	30	0	0	26	1839	181	2020
2012/2013	23	206	57	377	80	141	96	66	55	0	0	45	884	261	1145

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
	Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 40/142

Ano hidrológico	Período chuvoso						Período seco						Total		
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Chuva	Seca	Anual
2013/2014	114	110	407	135	24	200	51	8	5	81	3	4	991	151	1142
2014/2015	108	193	404	60	235	164	39	54	2	6	0	48	1164	149	1313
2015/2016	83	189	103	452	173	101	6	3	40	1	0	44	1101	94	1195
2016/2017	46	249	340	211	197	116	26	23	46	0	0	12	1160	107	1266
2017/2018	163	251	218	240	216	358	28	23	0	2	44	44	1446	141	1587
2018/2019	166	244	407	59	222	79	58	0	9	0	5	10	1176	81	1257
2019/2020	86	157	269	742	266	281	96	60	2	4	16	8	1802	185	1986
2020/2021	74	171	289	144	388	130	10	4	26	0	8	9	1195	56	1251
2021/2022	219	245	426	551	297	5	47	55	0	0	11	28	1743	142	1885
2022/2023	119	276	385	484	156	96	149	-	-	-	-	-	1517	-	-

Média	108	234	338	328	160	165	52	34	18	10	8	41	1326	152	1478
Máxima	258	454	584	751	388	358	149	228	59	81	64	133	1839	286	2020
Mínima	18	97	57	59	0	5	2	0	0	0	0	0	884	35	1137

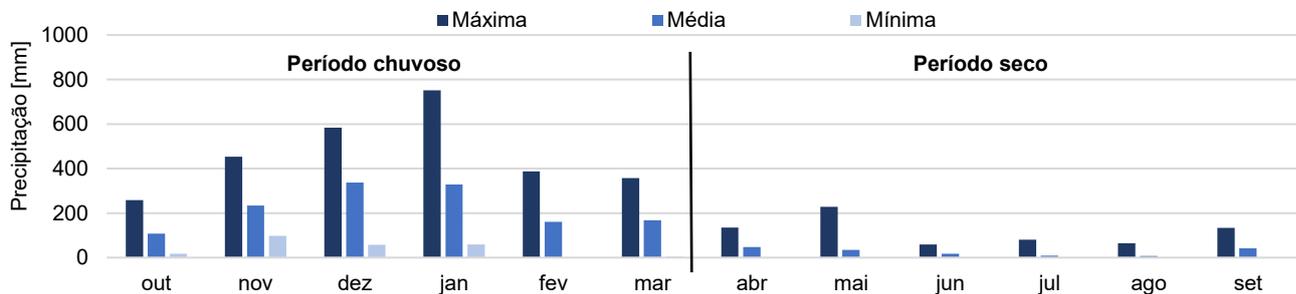


Figura 4-1: Precipitação mensal histórica da área de estudo – média, mínima e máxima (2012 – 2022).

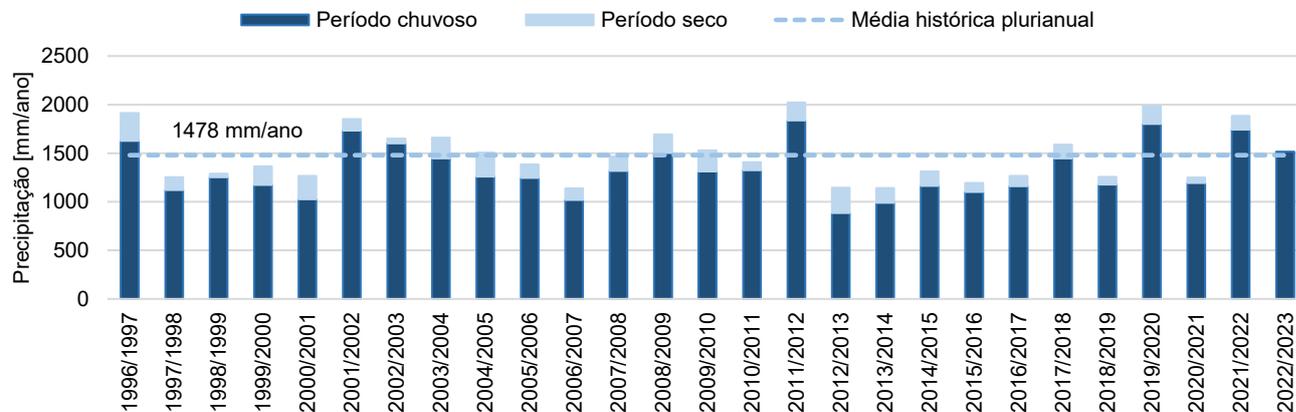


Figura 4-2: Precipitação anual por ano hidrológico (2012 – 2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 41/142

4.2 PIEZOMETRIA E NÍVEL D'ÁGUA

Em relação ao monitoramento piezométrico, foram disponibilizadas planilhas eletrônicas com as séries históricas dos instrumentos na área. Ao todo, foram compilados 176 instrumentos presentes na bacia hidrográfica do córrego Mina D'Água, sendo 32 indicadores de nível de água (INA) e 144 piezômetros do tipo Casa Grande (PZ). Os instrumentos foram agrupados a partir de sua distribuição espacial na área. Ao todo, foram compilados 71 pontos nas proximidades da barragem Calcinados (10 INA e 61 PZ), 52 instrumentos na barragem Rapaunha (4 INA e 48 PZ), 48 instrumentos em Cocuruto (17 INA e 31 PZ), e outros 5 piezômetros localizados em demais áreas da bacia hidrográfica. A compilação dos instrumentos utilizada na definição do modelo conceitual é apresentada na Tabela 4-2.

De todos os instrumentos identificados nas proximidades da Barragem Calcinados, 4 se encontraram secos (INA-01, INA-02, INA-03 e PZ-02A) e 12 não apresentaram nenhuma leitura nenhuma leitura dentro do histórico de dados avaliado (PZ-05, PZ-12, PZ-12B, PQZ-2001, PQZ-2003, PQZ-2004, PQZ-2005, PQZ-2014, PQZ-2017, PQZ-2040, PQZ-2042 e PQZ-2047B), sendo que 6 desses instrumentos se encontravam instalados no maciço da Barragem Calcinados. Em referência à rede de monitoramento do nível d'água localizado nas proximidades da Barragem Rapaunha, existe um instrumento localizado no maciço com leitura seca (PZ-05B) e 7 instrumentos inativos ou sem leitura (PZ-03OE, PZ-03OD, PQZ-2013B, PQZ-2021, PQZ-2022, PQZ-2037, PQZ-2038). Dos instrumentos instalados nas áreas próximas à Barragem de Cocuruto, as leituras de 6 instrumentos se encontravam secas (INA-01BN, INA-01C, INA-02B, INA-02C, INA-03A e INA-03D) e os instrumentos PQZ-2009 e PQZ-2029 se encontravam sem leitura (inativos).

Alguns poços de monitoramento que foram discriminados como sem leitura – principalmente os localizados próximos a comunidades locais – foram depredados e já não fazem mais parte da rede de monitoramento da AGA (PQZ-2001, PQZ-2003, PQZ-2017, PQZ-2022, PQZ-2029, PQZ-2032, PQZ-2033, PQZ-2036, PQZ-2037 e PQZ-2038) enquanto os instrumentos PQZ-2005, PQZ-2009, PQZ-2022 e PQZ-2040 foram substituídos pelos pontos PQZ-2043, PQZ-2044, PQZ-2045 e PQZ-2046, respectivamente. Além disso, o instrumento PQZ-2071 se encontra operando e apenas está disponível a última leitura efetuada em maio/2023. Por outro lado, o PQZ-2070, embora ativo, não se conta com os dados de leitura.

Conforme apresentado na Figura 4-3, o número de instrumentos ativos na área de estudo esteve entre 30 e 36 entre os anos de 2004 e 2017. A partir de 2018 a quantidade de instrumentos ativos apresentou um aumento gradual, alcançando em 2022 um total de 150 instrumentos ativos.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 42/142

Tabela 4-2: Instrumentos cadastrados na área de estudo.

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Calcinados (Maciço) – Seção C-C	INA-01	621445,1	7792120,5	863,5	21,4	842,1	Ativo	Seco	Aterro/Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção C-C	INA-02	621455,3	7792095,2	853,5	21,6	831,8	Ativo	Seco	Aterro/Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção C-C	INA-03	621464,4	7792072,4	844,2	18,5	825,8	Ativo	Seco	Aterro/Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-04	621500,4	7792144,9	863,1	42,9	820,2	Ativo	Com Leitura	Aterro/Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-05	621502,7	7792116,3	853,6	40,5	813,1	Ativo	Com Leitura	Aterro/Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-06	621525,6	7792071,0	834,9	33,1	801,8	Ativo	Com Leitura	Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-07	621533,9	7792043,5	830,5	35,3	795,2	Ativo	Com Leitura	Estéril/Dreno/Rejeito Underflow/Dreno/Solo Residual/Xisto Intemperizado
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-08	621552,8	7792009,8	825,8	35,4	790,5	Ativo	Com Leitura	Estéril/Dreno/Aterro/Dreno/Xisto Intemperizado
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-08B	621555,2	7792010,8	825,6	36,8	788,8	Ativo	Com Leitura	Estéril/Dreno/Aterro/Dreno/Xisto Intemperizado
Calcinados (Maciço) – Seção A-A	INA-09	621560,5	7791980,9	814,8	23,1	791,7	Ativo	Com Leitura	Estéril/Dreno/Aterro/Dreno/Xisto Intemperizado
Calcinados (Jusante) – Seção D-D	PMS-129	621588,5	7791980,0	809,5	6,3	803,2	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Maciço) - Seção D-D	PZ-02A	621561,0	7792182,3	862,1	23,8	838,3	Ativo	Seco	Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-03	621489,7	7792144,0	861,7	43,2	818,5	Ativo	Com Leitura	Aterro
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-04	621498,8	7792125,8	857,9	38,0	820,0	Ativo	Com Leitura	Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-04N	621496,6	7792124,5	857,7	40,4	817,3	Ativo	Com Leitura	Rejeito underflow
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-05N	621508,0	7792098,4	846,1	49,1	796,9	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-06	621523,1	7792074,1	836,0	25,7	810,3	Ativo	Com Leitura	Rejeito underflow
Calcinados (Jusante) - Seção A-A	PZ-07	621548,3	7791968,3	811,2	7,0	804,2	Ativo	Com Leitura	Aterro
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-08	621536,2	7792042,6	830,5	30,8	799,7	Ativo	Com Leitura	Aterro
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-08N	621537,2	7792043,0	830,5	23,7	806,8	Ativo	Com Leitura	Rejeito undeflow
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-09	621550,8	7792008,9	825,8	21,2	804,6	Ativo	Com Leitura	Aterro

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES <small>AND TECHNOLOGIES</small>	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 43/142

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Calcinados (Maciço) - Seção A-A	PZ-09B	621548,3	7792008,0	825,7	21,8	803,9	Ativo	Com Leitura	Aterro
Calcinados (Maciço) - Seção C-C	PZ-10	621436,7	7792086,7	853,5	39,1	814,4	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção C-C	PZ-11	621468,1	7792045,1	834,5	21,0	813,5	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção C-C	PZ-12C	621491,6	7792027,4	830,2	32,0	798,2	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção C-C	PZ-13	621526,0	7791998,4	825,7	17,6	808,1	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção D-D	PZ-14	621572,5	7792146,4	853,3	33,3	820,0	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção D-D	PZ-15	621575,3	7792092,2	834,8	30,0	804,9	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Maciço) - Seção D-D	PZ-16	621577,6	7792059,8	830,4	38,0	792,4	Ativo	Com Leitura	Xisto fresco
Calcinados (Maciço) - Seção D-D	PZ-17	621572,6	7792017,2	825,9	36,8	789,2	Ativo	Com Leitura	Xisto semi-intemperizado
Calcinados (Dique de Sela)	PZ-18	621139,3	7792332,8	863,5	16,9	846,6	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Calcinados (Dique de Sela)	PZ-19	621124,4	7792333,5	858,8	14,0	844,7	Ativo	Com Leitura	Xisto intemperizado
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	INA-01A	621167,5	7791912,2	855,6	57,0	798,6	Ativo	Com Leitura	Aterro/Dreno
Rapaunha (Maciço) - Seção D-D	INA-01D	621155,9	7791841,7	843,0	39,1	803,9	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	INA-02A	621207,8	7791888,1	832,8	44,5	788,3	Ativo	Com Leitura	Aterro/Dreno/Solo Residual
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	INA-03A	621257,2	7791854,9	817,2	25,6	791,6	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-01A	621169,2	7791920,8	856,3	40,6	815,7	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-01B	621144,8	7791876,9	856,5	42,2	814,3	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção C-C	PZ-01C	621220,6	7791954,9	843,0	42,2	800,7	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção D-D	PZ-01D	621132,5	7791852,0	855,8	47,2	808,6	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-02A	621168,6	7791915,1	855,7	61,4	794,3	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-02B	621165,6	7791864,4	844,2	40,4	803,8	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção C-C	PZ-02C	621239,4	7791943,5	833,0	30,8	802,2	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção D-D	PZ-02D	621154,8	7791839,0	842,8	33,1	809,7	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-03A	621178,8	7791914,2	851,5	37,3	814,2	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-03B	621185,3	7791852,5	832,8	25,0	807,7	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção C-C	PZ-03C	621257,3	7791929,5	823,0	26,7	796,3	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção D-D	PZ-03D	621172,9	7791827,5	833,1	24,0	809,1	Ativo	Com Leitura	Solo residual

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 44/142

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-04A	621201,0	7791897,8	837,1	25,6	811,5	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-04B	621203,8	7791841,5	823,0	16,6	806,4	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção C-C	PZ-04C	621293,8	7791902,6	816,7	27,2	789,5	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção D-D	PZ-04D	621192,8	7791818,8	823,3	14,9	808,5	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-05A	621225,0	7791882,7	824,	19,4	804,8	Ativo	Com Leitura	Dreno
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-05B	621241,3	7791818,7	816,7	8,7	808,0	Ativo	Seco	Aterro
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-06A	621258,8	7791857,3	817,1	26,1	791,1	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção B-B	PZ-06B	621244,4	7791817,8	816,8	24,7	792,1	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Rapaunha (Maciço) - Seção A-A	PZ-07A	621268,3	7791857,4	817,2	19,1	798,2	Ativo	Com Leitura	Aterro
Rapaunha (Jusante) - Seção A-A	PZ-08A	621325,5	7791819,5	808,7	4,6	804,1	Ativo	Com Leitura	Dreno
Rapaunha (Ombreira)	PZ-01OE	621248,8	7792056,6	856,2	13,1	843,1	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Ombreira)	PZ-02OE	621313,4	7791949,4	816,6	28,8	787,8	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Jusante)	PZ-03OE	621389,9	7791931,8	846,7	45,1	801,6	Inativo	Sem Leitura	-
Rapaunha (Ombreira)	PZ-01OD	621108,5	7791763,4	850,2	50,5	799,7	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Ombreira)	PZ-02OD	621216,5	7791778,1	819,0	28,3	790,7	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Ombreira)	PZ-03OD	621189,2	7791711,9	830,8	31,1	799,7	Inativo	Sem Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	INA-01A	622441,6	7791009,5	806,5	24,5	782,1	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	INA-01B	622402,7	7790920,5	806,7	15,7	791,0	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	INA-01BN	622395,6	7790882,2	807,8	16,0	791,8	Ativo	Seco	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção C-C	INA-01C	622495,7	7791037,2	807,3	15,3	792,0	Ativo	Seco	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção D-D	INA-01D	622412,7	7790962,3	806,8	22,8	784,0	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	INA-02A	622458,8	7790990,9	795,0	23,8	771,2	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	INA-02B	622455,1	7790913,9	785,3	7,0	778,3	Ativo	Seco	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção C-C	INA-02C	622506,8	7790988,1	785,5	5,2	780,3	Ativo	Seco	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção D-D	INA-02D	622437,5	7790954,9	794,9	14,5	780,4	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	INA-03A	622474,3	7790973,0	786,3	8,2	778,1	Ativo	Seco	-
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	INA-03B	622484,7	7790905,4	778,3	15,6	762,7	Ativo	Com Leitura	Aterro/Drenagem Interna/Solo Residual/Saprolito

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES <small>AND TECHNOLOGIES</small>	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 45/142

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Cocuruto (Maciço) – Seção C-C	INA-03C	622518,0	7790962,8	775,1	14,9	760,3	Ativo	Com Leitura	Aterro/Drenagem Interna/Solo Residual/Saprolito
Cocuruto (Maciço) – Seção D-D	INA-03D	622461,3	7790947,5	784,5	5,3	779,2	Ativo	Seco	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	INA-04A	622498,0	7790953,9	775,2	4,6	770,7	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	INA-01OD	622394,1	7790811,1	801,5	21,2	780,3	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	INA-02OD	622430,2	7790869,6	790,1	22,5	767,6	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	INA-03OD	622451,0	7790883,9	785,4	32,8	752,6	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	INA-04OD	622487,1	7790893,4	777,3	6,6	770,6	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-01A	622441,5	7791008,7	806,8	36,8	770,0	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	PZ-01BN	622397,4	7790896,5	806,8	36,7	770,1	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção C-C	PZ-01C	622485,0	7791035,0	806,6	49,1	757,5	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção D-D	PZ-01D	622435,6	7790954,2	795,0	29,1	765,9	Ativo	Com Leitura	Saprolito
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-02	622455,9	7790992,5	795,4	30,2	765,2	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-02A	622456,7	7790993,2	795,3	19,4	775,9	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-02AN	622456,6	7790991,7	794,9	22,3	772,7	Ativo	Com Leitura	Aterro
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	PZ-02B	622423,0	7790904,4	795,1	30,5	764,6	Ativo	Com Leitura	Saprolito
Cocuruto (Maciço) – Seção C-C	PZ-02C	622504,7	7790987,6	785,4	32,1	753,3	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Maciço) – Seção D-D	PZ-02D	622462,2	7790949,4	785,2	20,8	764,4	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-03A	622477,1	7790972,0	784,8	16,2	768,6	Ativo	Com Leitura	Tapete drenante
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	PZ-03B	622453,9	7790912,4	784,9	18,4	766,5	Ativo	Com Leitura	Saprolito
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-04A	622496,8	7790952,7	774,7	7,3	767,4	Ativo	Com Leitura	Tapete drenante
Cocuruto (Maciço) – Seção A-A	PZ-04AN	622495,7	7790951,4	774,7	5,9	768,8	Ativo	Com Leitura	Tapete drenante
Cocuruto (Maciço) – Seção B-B	PZ-04B	622484,3	7790919,5	775,9	6,9	769,0	Ativo	Com Leitura	Solo residual
Cocuruto (Ombreira)	PZ-01OE	622543,5	7791038,6	809,6	38,7	771,0	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	PZ-02OE	622525,4	7791013,7	794,8	38,3	756,6	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Ombreira)	PZ-03OE	622524,0	7790964,6	775,3	26,8	748,6	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Margem reservatório)	PQZ-2002	621646,0	7792249,0	870,3	40,0	830,3	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2006	621629,0	7792174,7	863,2	45,6	817,6	Ativo	Com Leitura	-

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 46/142

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2007	621639,2	7792137,7	856,0	57,0	799,0	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Jusante)	PQZ-2008	622631,2	7790878,7	767,8	23,0	743,1	Ativo	Com Leitura	Filito
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2010	621634,3	7792052,9	831,2	29,0	802,2	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2011	621441,6	7792027,2	837,2	35,5	801,7	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2012	621718,5	7792057,9	853,6	52,6	801,0	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2013	620825,6	7792696,2	892,1	46,4	845,7	Ativo	Com Leitura	Filito
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2015	621082,5	7792413,7	853,7	23,5	830,2	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Margem reservatório)	PQZ-2016	621114,3	7792487,5	879,8	67,0	804,0	Ativo	Com Leitura	Filito
Rapaunha (Jusante)	PQZ-2018	621372,0	7791914,0	852,1	58,0	794,1	Ativo	Com Leitura	Filito
Calcinados (Jusante)	PQZ-2019	621464,0	7791910,0	832,2	51,5	780,7	Ativo	Com Leitura	Filito
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2020	620991,2	7792596,0	885,5	40,5	845,1	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2023	621570,0	7791910,0	807,4	35,5	771,9	Ativo	Com Leitura	Xisto
Calcinados (Jusante)	PQZ-2024	621573,0	7791909,0	807,8	15,3	792,5	Ativo	Com Leitura	Xisto
Calcinados (Jusante)	PQZ-2025	621570,0	7791907,0	807,8	7,2	800,6	Ativo	Com Leitura	Saprólito
Rapaunha (Jusante)	PQZ-2026	621242,0	7791709,0	827,2	17,5	809,7	Ativo	Com Leitura	Xisto alterado
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2027	621132,0	7792181,0	874,6	37,8	836,7	Ativo	Com Leitura	Xisto alterado
Cocuruto (Margem reservatório)	PQZ-2028	622053,0	7790854,5	809,9	40,0	776,2	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Jusante)	PQZ-2030	622620,4	7790739,0	767,4	15,0	752,4	Ativo	Com Leitura	Saprólito
Trevo acesso planta Queiroz	PQZ-2031	623308,9	7790250,1	745,7	15,0	730,7	Ativo	Com Leitura	Xisto alterado
Espírito Santo	PQZ-2034	623330,7	7791272,8	873,9	32,0	841,9	Ativo	Com Leitura	Xisto alterado
Cocuruto (Margem reservatório)	PQZ-2035	622285,0	7791422,0	838,3	48,0	790,3	Ativo	Com Leitura	Xisto
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2039	621121,0	7792241,0	871,2	34,7	836,5	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Margem reservatório)	PQZ-2041	621289,7	7792128,4	866,9	41,7	825,2	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2043	621525,0	7791906,0	809,5	18,5	790,9	Ativo	Com Leitura	Saprólito
Cocuruto (Jusante)	PQZ-2044	622574,9	7790831,5	774,4	54,0	719,5	Ativo	Com Leitura	Filito
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2045	620896,0	7792558,0	862,7	30,0	833,7	Ativo	Com Leitura	Saprólito
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2046	621325,8	7792065,2	861,5	57,5	804,1	Ativo	Com Leitura	-

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 47/142

Local	Código	Leste [m]	Norte [m]	Topo [mNM]	Prof. [m]	Fundo [mNM]	Status	Observação	Litologia/material de instalação
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2047	620884,0	7792738,1	903,1	45,5	857,6	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2048	620838,8	7792676,7	892,0	41,5	850,5	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2049	620952,2	7792672,0	888,9	43,5	845,4	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2050	621555,0	7791670,0	814,9	19,6	795,3	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2051	621556,0	7791972,0	814,8	30,8	784,8	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2052	621553,0	7791972,0	814,9	65,4	749,5	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Jusante)	PQZ-2053	621451,0	7791858,0	818,7	26,0	792,7	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Margem reservatório)	PQZ-2054	621666,1	7792238,5	875,8	62,5	813,4	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Aterro H1)	PQZ-2055	621300,9	7791550,2	827,3	24,0	803,3	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Aterro H1)	PQZ-2056	621417,4	7791674,9	818,9	22,0	796,9	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Aterro H1)	PQZ-2057	621525,0	7791674,5	818,3	22,0	796,3	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Aterro H1)	PQZ-2058	621583,5	7791632,8	814,1	20,0	794,1	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Margem reservatório)	PQZ-2059	621668,6	7792358,0	872,4	34,0	838,4	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2060	620316,7	7792661,4	903,5	37,0	866,5	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2061	621042,6	7792746,5	900,3	62,0	838,3	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2062	621335,3	7792662,4	926,5	58,0	868,5	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Montante reservatório)	PQZ-2063	620954,2	7792742,5	899,2	55,0	844,2	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Ombreira)	PQZ-2064	621755,2	7792175,4	885,2	51,5	833,7	Ativo	Com Leitura	-
Calcinados (Jusante)	PQZ-2065	621588,8	7791980,0	807,3	3,5	803,8	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2066	621120,1	7792364,1	862,7	15,0	847,7	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2067	621197,6	7792120,5	870,4	26,0	844,4	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Margem reservatório)	PQZ-2068	621629,0	7791810,0	824,6	31,5	793,1	Ativo	Com Leitura	-
Cocuruto (Margem reservatório)	PQZ-2069	621588,6	7791980,2	824,0	-	-	Ativo	Com Leitura	-
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2070	620472,0	7792383,0	911,0	53,7	857,3	Ativo	Sem Leitura	Xisto
Rapaunha (Margem reservatório)	PQZ-2071	620836,0	7791273,0	930,0	69,9	860,1	Ativo	Com Leitura	Xisto

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 48/142

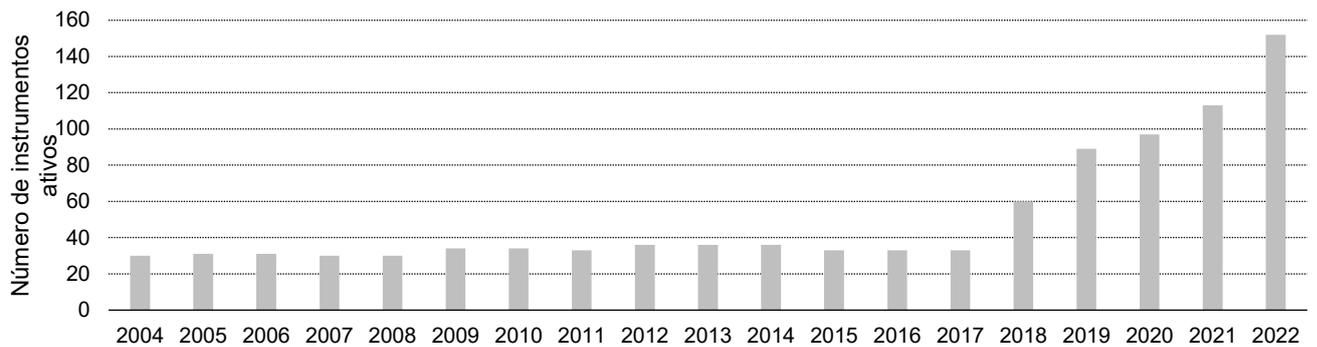


Figura 4-3: Número de instrumentos de monitoramento de nível de água ativos ao longo do tempo.

A Figura 4-4 mostra a distribuição dos instrumentos de monitoramento de forma a destacar sua localização em relação à proximidade de cada Barragem.

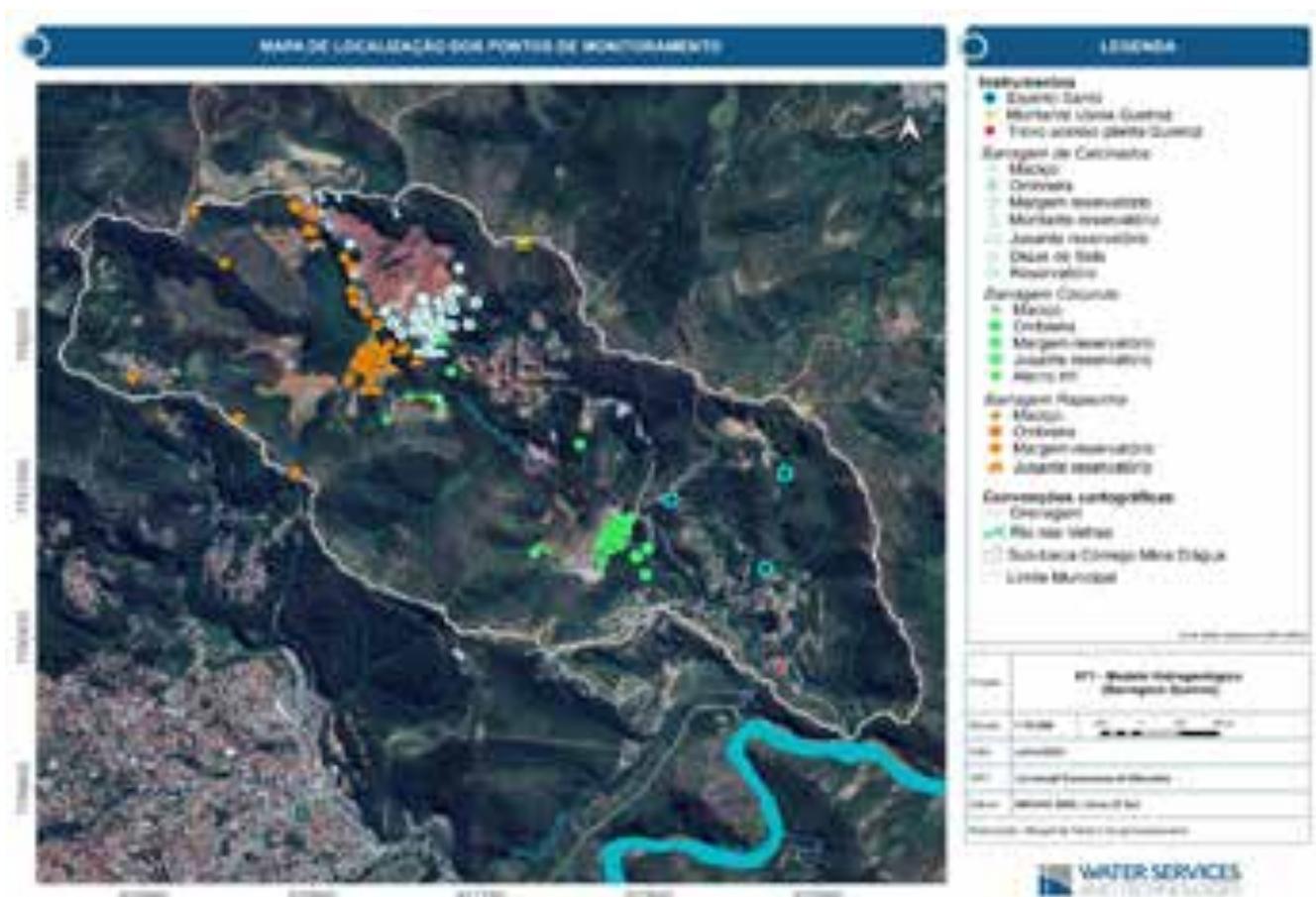


Figura 4-4: Localização dos instrumentos de monitoramento.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 49/142

4.2.1 Barragem Cocoruto

As leituras dos instrumentos de monitoramento localizados no maciço da Barragem de Cocoruto serão avaliados em relação à proximidade da seção que eles se encontrem conforme é ilustrado nas Figura 4-5 (a), Figura 4-6 (a), Figura 4-7 (a) e Figura 4-8 (a).

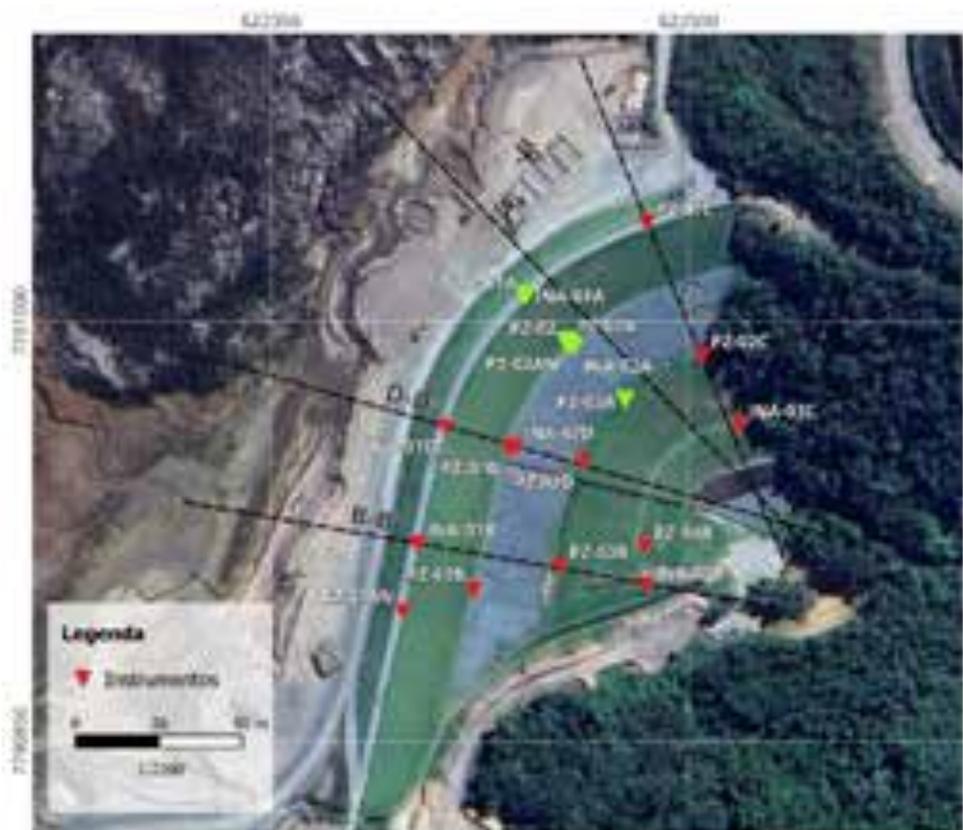
Na Figura 4-5 (b) observa-se a variação das leituras dos piezômetros alinhados à Seção A-A. Observa-se que entre os 4 piezômetros mais próximos da crista (PZ-01A, PZ-02, PZ-02A e PZ-02AN) há apenas uma pequena diferença nos valores de carga hidráulica registrados, que estão em torno de 792 mNM. Uma queda na carga hidráulica é observada em comparação com o instrumento PZ-03A, que registra valores de aproximadamente 770 mNM. Em relação aos INA's localizados próximos à seção A-A', o instrumento mais próximo e distante da crista registra leituras do nível d'água em torno de 795 mNM e 792 mNM, respectivamente.

Ao avaliarmos os instrumentos mais próximos à Seção B-B', podemos observar uma distribuição mais equilibrada da localização dos piezômetros, o que é refletido nos valores registrados - ver Figura 4-6 (b). À medida que os instrumentos se aproximam ao pé da Barragem Cocoruto, as leituras das cargas hidráulica diminuem. O valor máximo é registrado pelo instrumento PZ-01BN, em torno 789 mNM, enquanto o valor mínimo é registrado pelo PZ-04B, com cerca de 770 mNM. Com base nas leituras dos piezômetros projetados na Seção B-B', é possível entender que ocorre uma perda de carga de aproximadamente 19 metros entre os pontos avaliados. Ao analisarmos os INA's, observamos que o instrumento INA-01B registra valores mais altos, enquanto o INA-03B registra valores mais baixos, conforme o esperado. Isso destaca uma queda do nível d'água de aproximadamente 23 metros entre esses dois instrumentos.

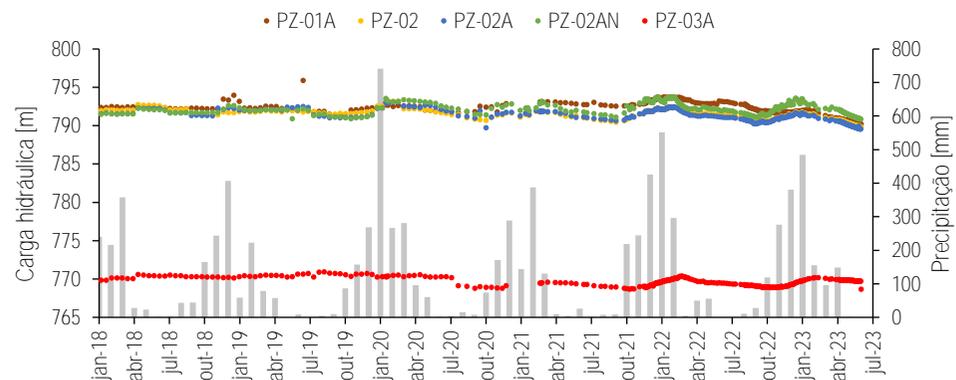
Na seção C-C' encontramos apenas três instrumentos de monitoramento próximos – ver Figura 4-7 (a). Dentre desses instrumentos, observamos que o localizado na crista da estrutura registra valores de carga hidráulica em torno de 790 mNM – ver Figura 4-7 (b). Enquanto isso, o instrumento localizado mais próximo do pé da estrutura registra valores de nível d'água cerca de 766 mNM – ver Figura 4-7 (c).

Por fim, na Seção D-D', o instrumento mais próximo da crista e alinhada corresponde ao INA- 01D, que registra leituras entorno de 794 mNM - ver Figura 4-8 (c). Assim como observado nas outras seções, à medida que os instrumentos, sejam piezômetros ou INA's, se afastam da crista, suas leituras diminuem. Por tanto, o instrumento com menor carga hidráulica registrada é o PZ-02D com valores em torno de 774 mNM – ver Figura 4-8 (b).

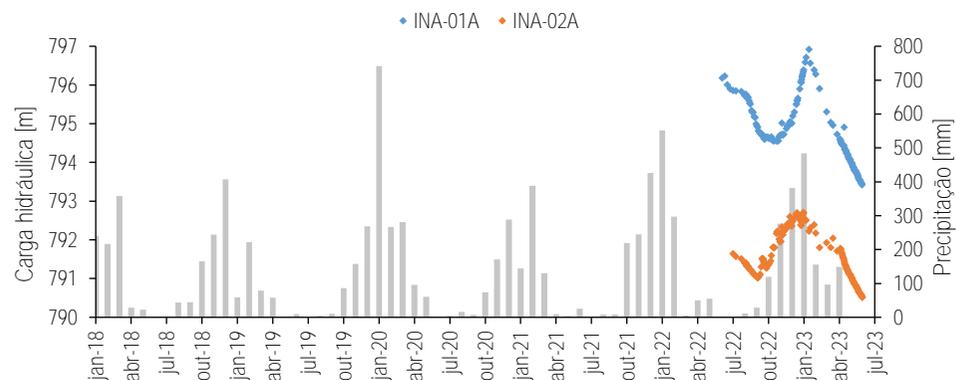
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 50/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Cocoruto.



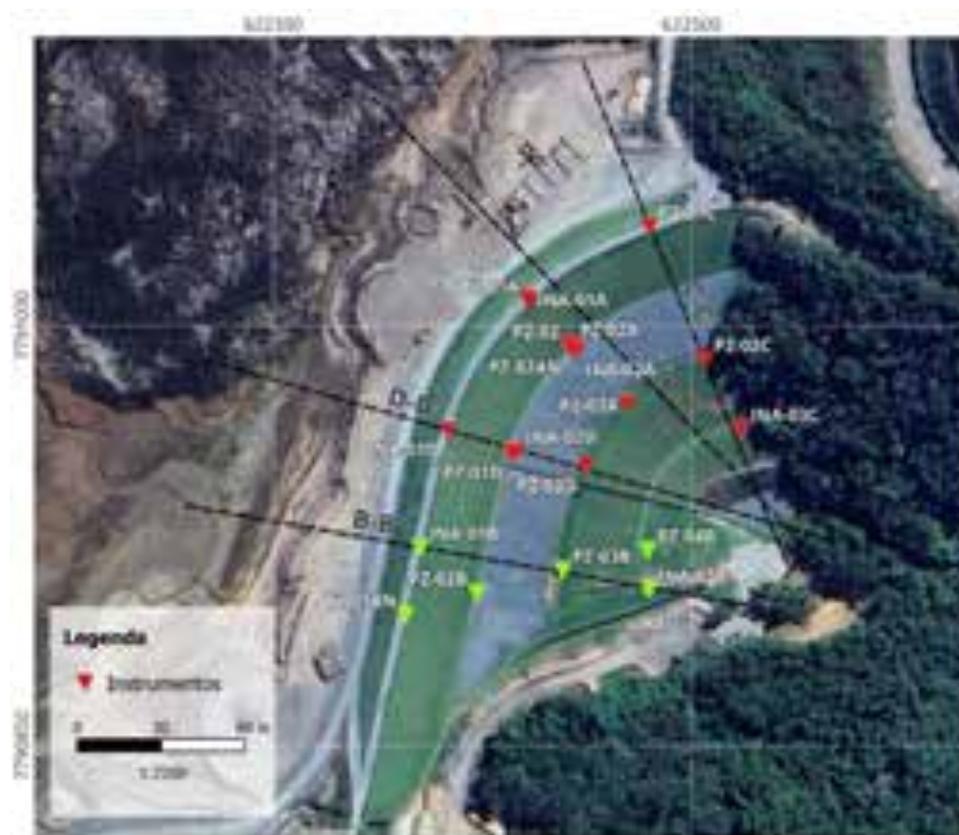
(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção A-A' (Cocoruto).



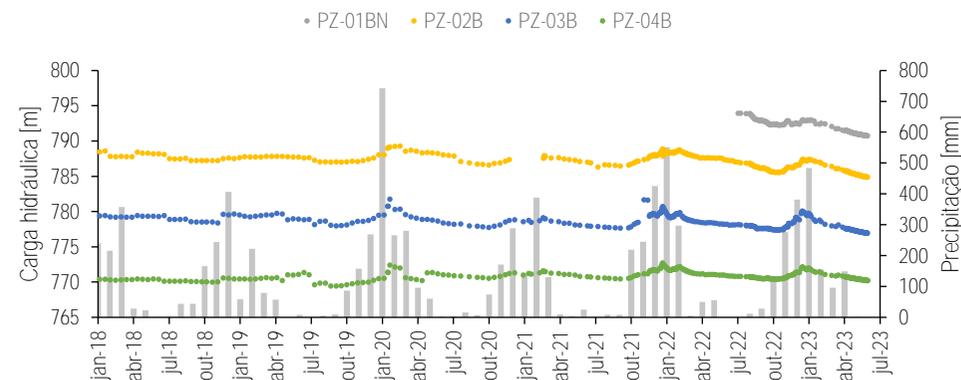
(c) Leituras dos INA's localizados na Seção A-A' (Cocoruto).

Figura 4-5: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção A-A' da Barragem Cocoruto.

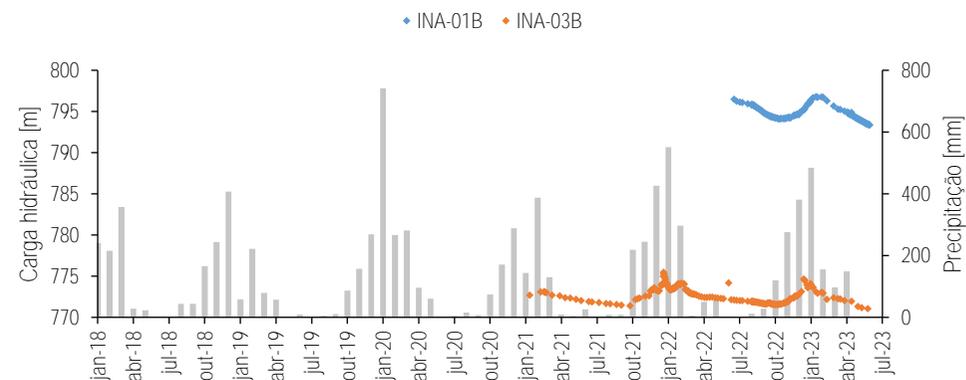
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 51/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Cocoruto.



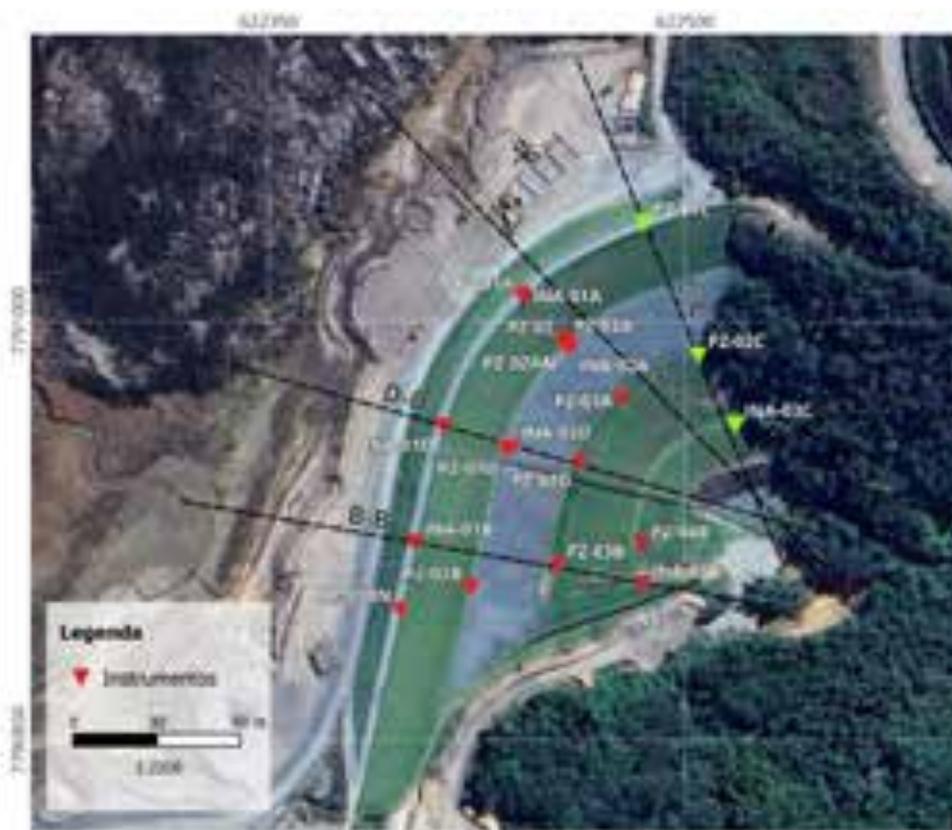
(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção B-B' (Cocoruto).



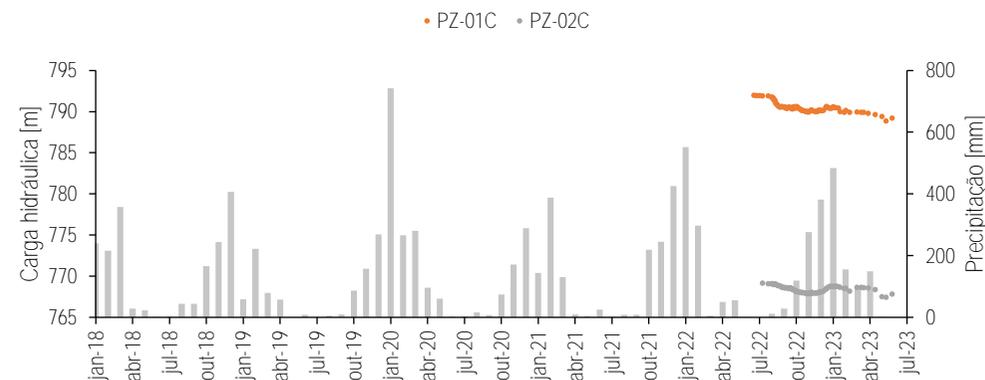
(c) Leituras dos INA's localizados na Seção B-B' (Cocoruto).

Figura 4-6: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção B-B' da Barragem Cocoruto.

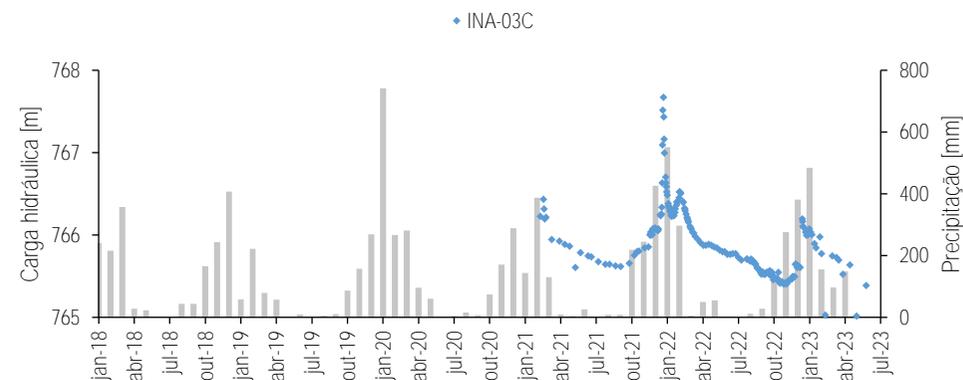
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 52/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Cocoruto.



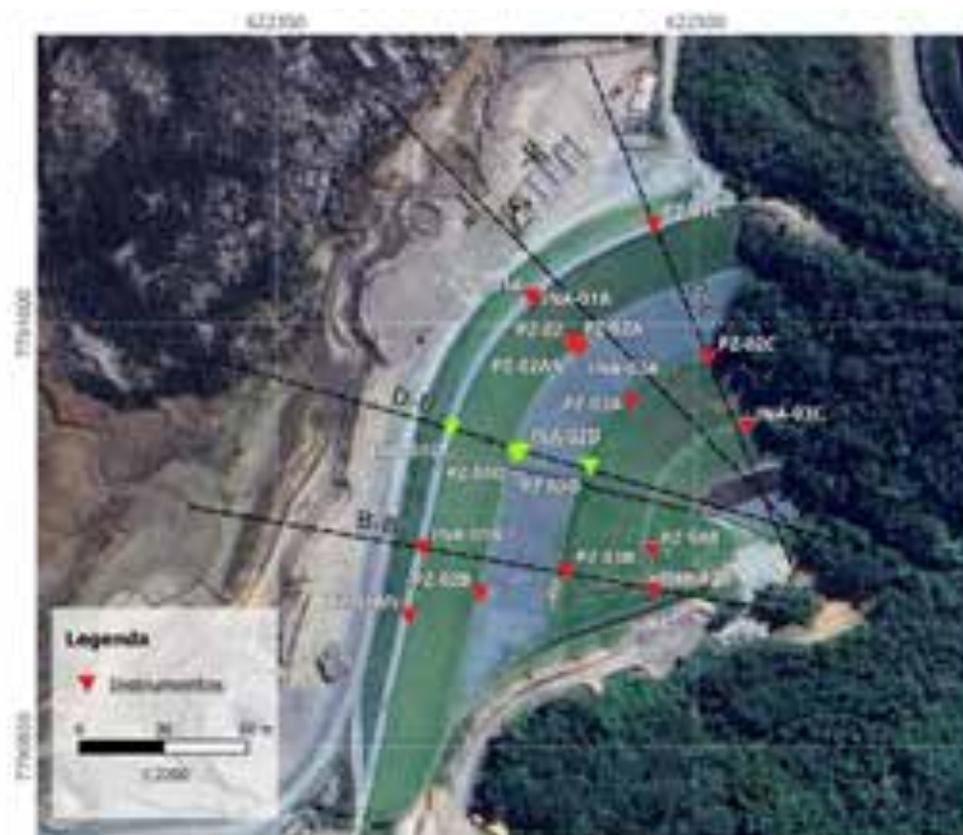
(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção C-C' (Cocoruto).



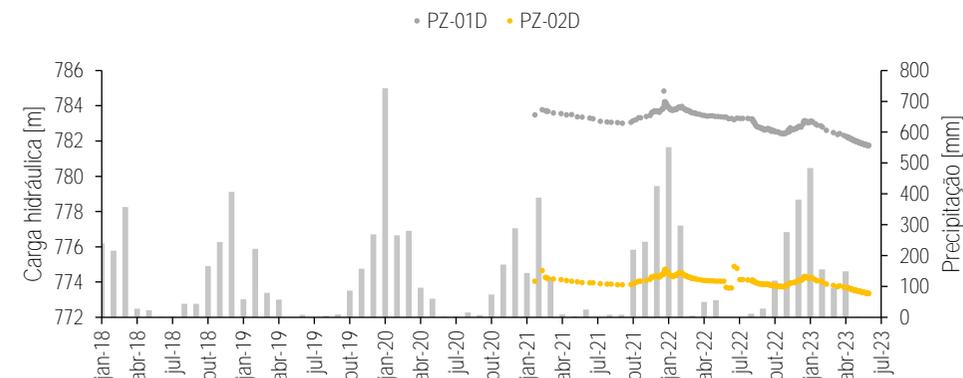
(c) Leituras dos INA's localizados na Seção C-C' (Cocoruto).

Figura 4-7: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção C-C' da Barragem Cocoruto.

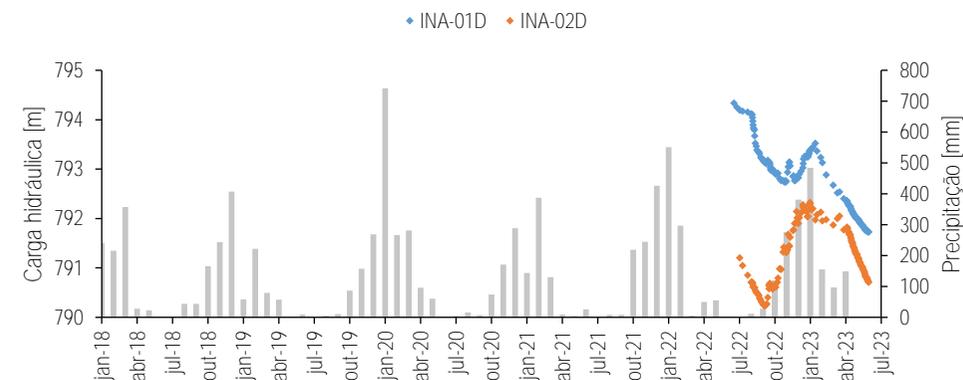
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 53/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Cocoruto.



(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção D-D' (Cocoruto).



(c) Leituras dos INA's localizados na Seção D-D' (Cocoruto).

Figura 4-8: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção D-D' da Barragem Cocoruto.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 54/142

4.2.2 Barragem Calcinados

Na Figura 4-9 (a) e Figura 4-10 (a) é possível visualizar os instrumentos ativos e com leituras que se encontram instalados no maciço da Barragem Calcinados, sendo discriminados com base na proximidade da Seção A-A', e C-C' e D-D', respectivamente.

A fim de avaliar as leituras dos piezômetros e INA's nas proximidades da Seção A-A', temos as Figura 4-9 (b) e (c), respectivamente. É possível observar na Figura 4-9 (b) que a carga hidráulica máxima monitorada é registrada no instrumento PZ-03 com um valor que oscila em torno de 825mNM. É importante ressaltar que o instrumento PZ-04 apresenta leituras muito próximas às do PZ-03 entre jan-21 e jul-22; no entanto, essas leituras diminuem abruptamente em 3 metros aproximadamente na última data mencionada. Conforme os instrumentos alinhados com a Seção A-A' se aproximam ao pé estrutura, as leituras do monitoramento demonstram uma perda de carga hidráulica, como esperado. O instrumento localizado a jusante (PZ-07) registra os valores mínimos de carga hidráulica para a seção analisada, com leituras em torno de 806 metros. Por fim, com base das leituras dos piezômetros projetados na Seção A-A' entende-se que ocorre uma perda de carga de aproximadamente 20 metros desde a crista ao pé da estrutura. Em relação ao monitoramento do INA's, observa-se também uma diminuição das leituras dos instrumentos alinhados à Seção A-A' à medida que se aproximam da jusante da estrutura - Figura 4-9 (c). A maior e menor leitura do nível d'água é registrada pelo INA-04 e INA-09 com leituras de aproximadamente 825mNM e 805 mNM, respectivamente, descrevendo a mesma perda de carga observada nos piezômetros.

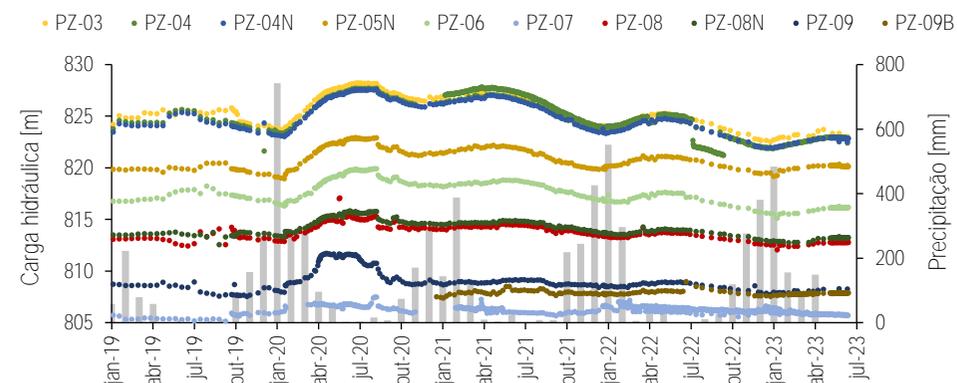
Na Figura 4-10 (b), observa-se a variação da carga hidráulica monitorado pelos piezômetros instalados na estrutura e projetados na Seção C-C'. Observa-se que o piezômetro PZ-10, localizado mais próximo da crista, registra a leitura máxima (aproximadamente 825 mNM) na seção enquanto o PZ-13, posicionado mais próximo ao pé da estrutura, monitora valores em torno de 810 mNM, aproximadamente. Entre os instrumentos avaliados nessa seção, observa-se uma perda de carga de aproximadamente 15 metros.

Por fim, a Figura 4-10 (c) apresenta as leituras dos piezômetros alinhados à Seção D-D'. Como esperado, o instrumento localizado mais próximo da crista (PZ-14) registra os maiores valores de carga hidráulica (aproximadamente 827 mNM). Observa-se que o instrumento mais próximo do pé da estrutura na seção avaliada (PMS-129) apresenta os menores valores de carga hidráulica (aproximadamente 805 mNM). No entanto, o instrumento (PZ-17), localizado a montante do PMS-129, registra valores muito próximos, indicando uma queda mínima do nível d'água entre esses dois pontos.

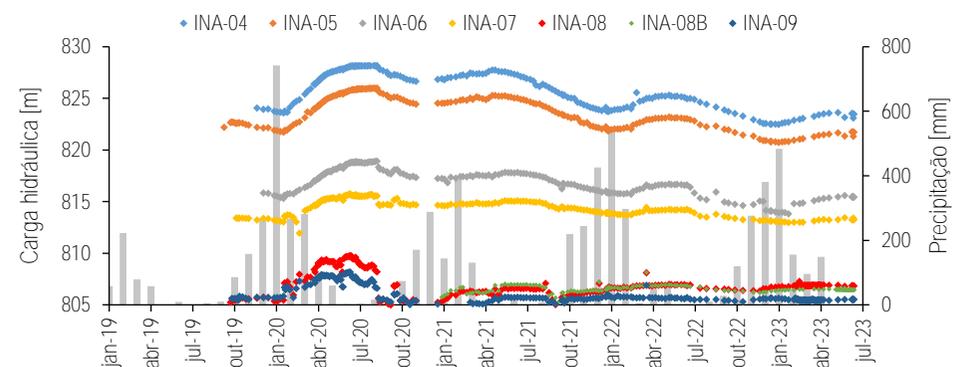
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 55/142



(d) Localização dos instrumentos na Barragem Calcinados.



(e) Leituras dos piezômetros localizados na Seção A-A' (Calcinados).



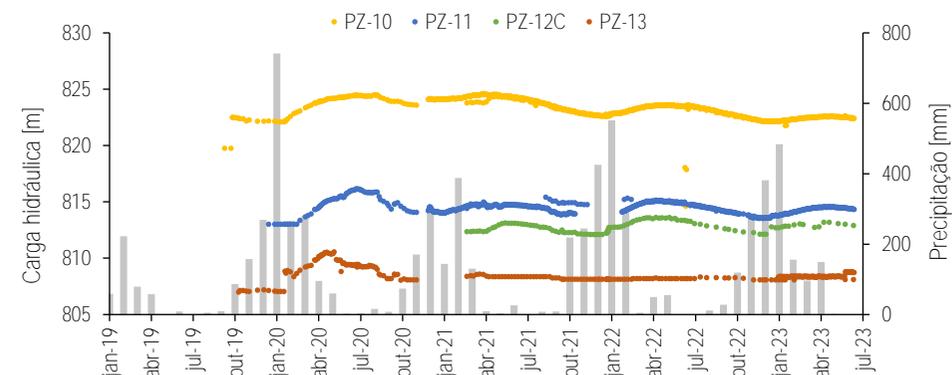
(f) Leituras dos INA's localizados na Seção A-A' (Calcinados).

Figura 4-9: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção A-A' da Barragem Calcinados.

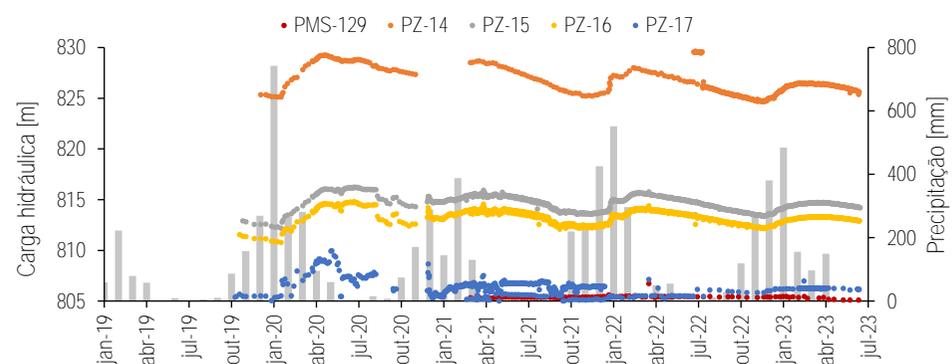
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 56/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Calcinados.



(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção C-C' (Calcinados).



(c) Leituras dos piezômetros localizados na Seção D-D' (Calcinados).

Figura 4-10: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção C-C' e D-D' da Barragem Calcinados.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 57/142

4.2.3 Barragem Rapaunha

Na Figura 4-11 (a), Figura 4-12 (a) e Figura 4-13 (a) é possível visualizar os instrumentos ativos e com leituras que se encontram instalados no maciço da Barragem Rapaunha, sendo discriminados com base na proximidade da Seção A-A', B-B', C-C' e D-D'.

As leituras dos piezômetros e INA's nas proximidades da Seção A-A' foram avaliadas utilizando a Figura 4-11 (b) e (c), respectivamente. Na Figura 4-11 (b) é possível observar que a carga hidráulica máxima registrada não corresponde ao instrumento localizado mais próximo da crista (PZ-01A). Isso pode estar relacionado à presença da drenagem interna que compõe o maciço da estrutura, a qual gera distribuições de carga hidráulica paralelas a essa componente da Barragem Rapaunha. Portanto, ao avaliar as leituras de piezometria nessa parte da estrutura é mais recomendado utilizar cortes transversais em vez de análises em planta. Ao analisar as leituras dos piezômetros próximos ao pé do maciço observa-se que ocorre uma perda de carga hidráulica, sendo que a leitura mínima é registrada pelo instrumento PZ-08A. Em relação ao monitoramento do INA's, é possível observar que a maior e menor leitura do nível d'água é registrada pelo INA-01A e INA-03A, com leituras em torno de 817mNM e 808 mNM, respectivamente, descrevendo uma perda de carga de 9 metros como demonstrado na Figura 4-11 (c).

Na Figura 4-12 (b), observa-se a variação da carga hidráulica monitorado pelos piezômetros instalados na estrutura e alinhados com a Seção B-B'. O piezômetro PZ-01B, localizado mais próximo da crista, registra a leitura máxima (aproximadamente 822 mNM) na seção, enquanto o PZ-06B, posicionado mais próximo ao pé da estrutura, monitora valores inferiores (aproximadamente 808 mNM). Entre os instrumentos avaliados nessa seção, observa-se uma perda de carga de aproximadamente 14 metros. Além disso, apesar de que se espera que o instrumento PZ-02B monitore maiores valores de carga hidráulica em relação ao PZ-03B, a Figura 4-12 (b) mostra que isto não ocorre ao longo de todo o tempo monitorado. Esse resultado pode ser explicado pela presença da drenagem interna entre os pontos avaliados, que está relacionado ao mesmo fenômeno observado nos instrumentos da seção anterior.

A Figura 4-12 (c) apresenta as leituras dos piezômetros alinhados à Seção C-C'. Como esperado, o instrumento localizado mais próximo da crista (PZ-01C) não registra os maiores valores de carga hidráulica. Na verdade, é o PZ-02C que monitora os maiores valores. Novamente, essa seção também reproduz o efeito da existência da drenagem interna sobre as leituras dos instrumentos localizados próximas a essa

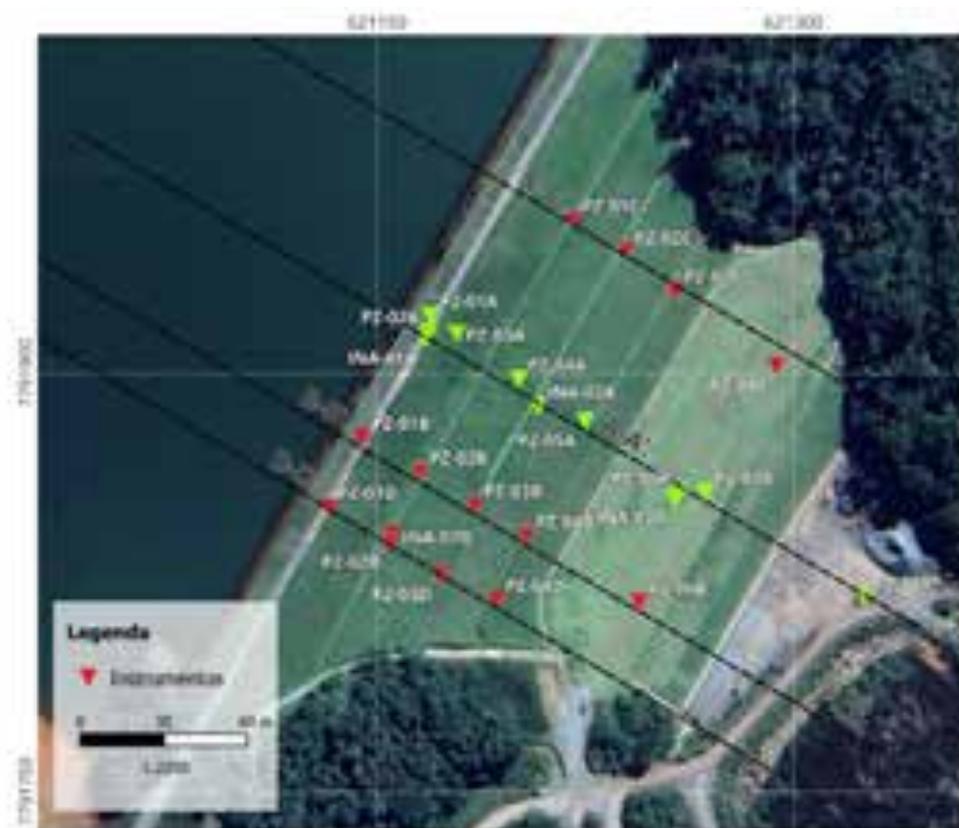
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 58/142

componente. Observa-se que o instrumento mais próximo do pé da estrutura na seção avaliada (PZ-04C) apresenta os menores valores de carga hidráulica (aproximadamente 806 mNM).

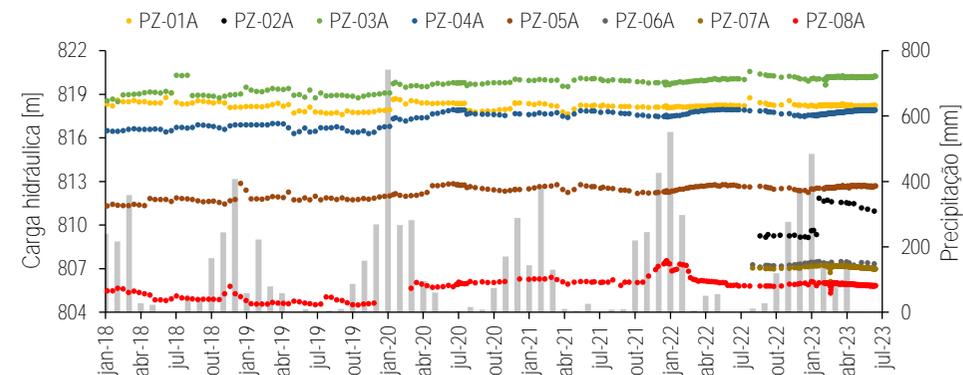
Em relação às leituras dos piezômetros alinhados à Seção D-D', é apresentada a Figura 4-13 (b). Observa-se que a carga hidráulica máxima monitorada não corresponde ao instrumento localizado mais próximo da crista (PZ-01D), o que é um fenômeno reproduzido em todas as seções avaliadas devido à existência e forma da drenagem interna. Essa característica influencia as leituras dos piezômetros ao longo das seções da barragem. Quanto ao monitoramento do único INA localizado nesta seção, observa-se que a leitura do nível d'água registrada é de aproximadamente 822mNM conforme mostrado na Figura 4-13 (c).

Devido à abrangência do monitoramento realizado em toda a área de estudo, uma discussão mais aprofundada será apresentada e discutida na 5.4. Nessa seção, serão analisadas e interpretadas as informações disponíveis, considerando tanto o monitoramento apresentado nesta seção quanto qualquer monitoramento faltante. Serão exploradas questões relacionadas à dinâmica das águas subterrâneas, levando em consideração a interação entre os diferentes pontos de monitoramento. Essa análise mais abrangente permitirá uma compreensão mais completa do comportamento hidrogeológico da área de estudo.

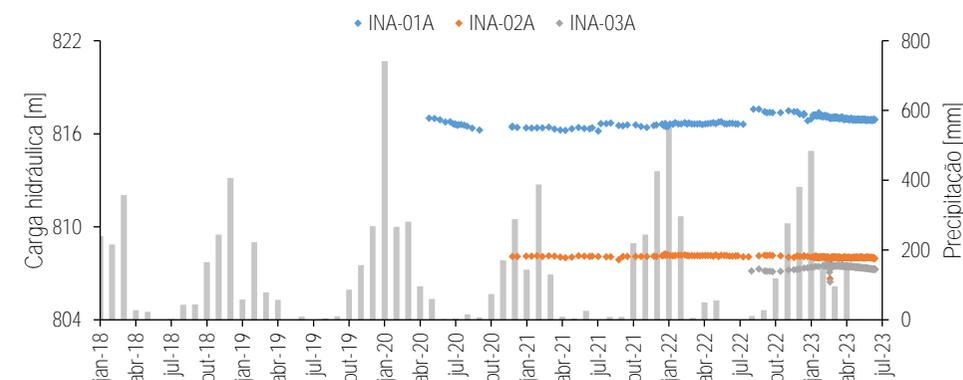
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 59/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Rapauha.



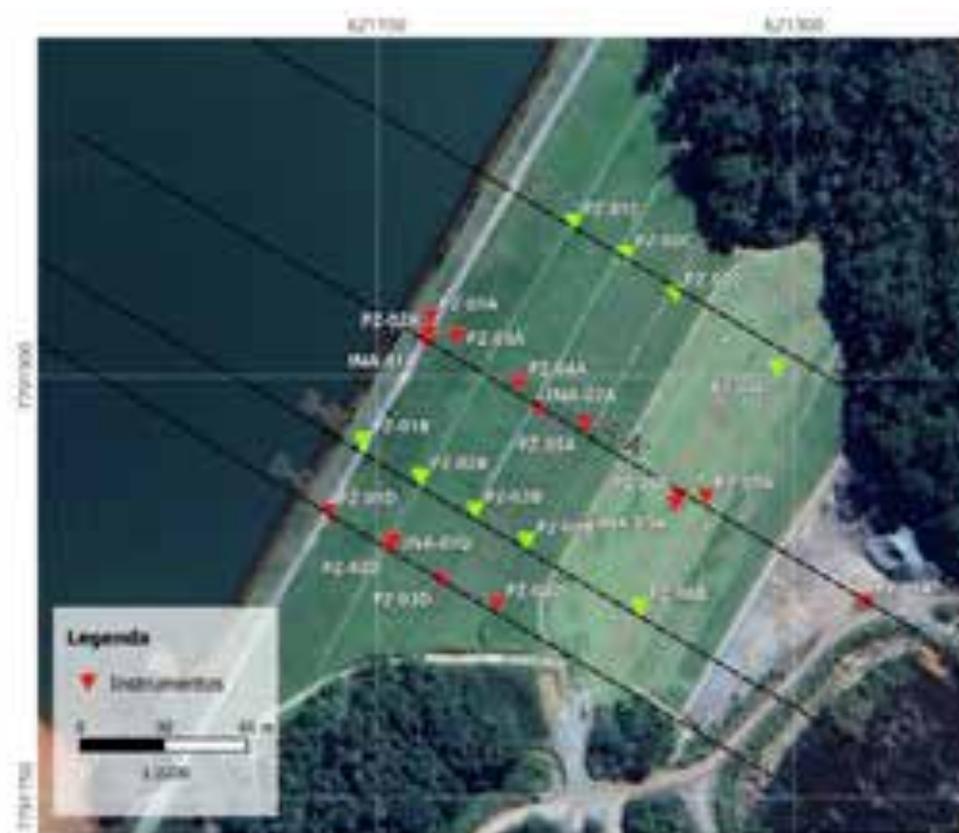
(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção A-A' (Rapauha).



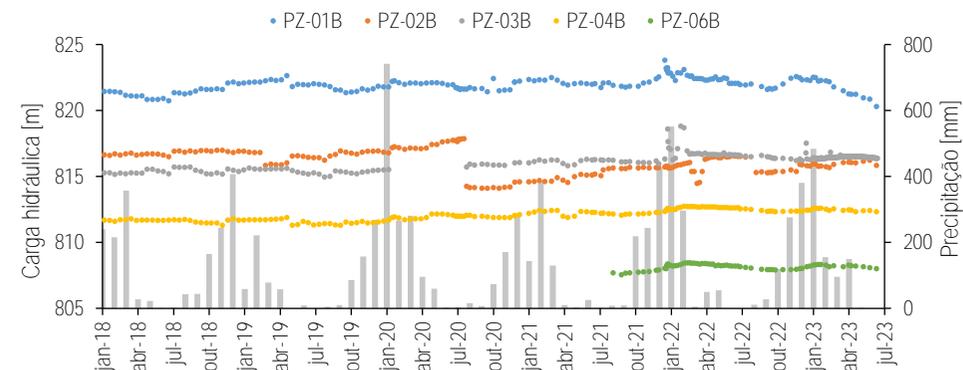
(c) Leituras dos INA's localizados na Seção A-A' (Rapauha).

Figura 4-11: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção A-A' da Barragem Rapauha.

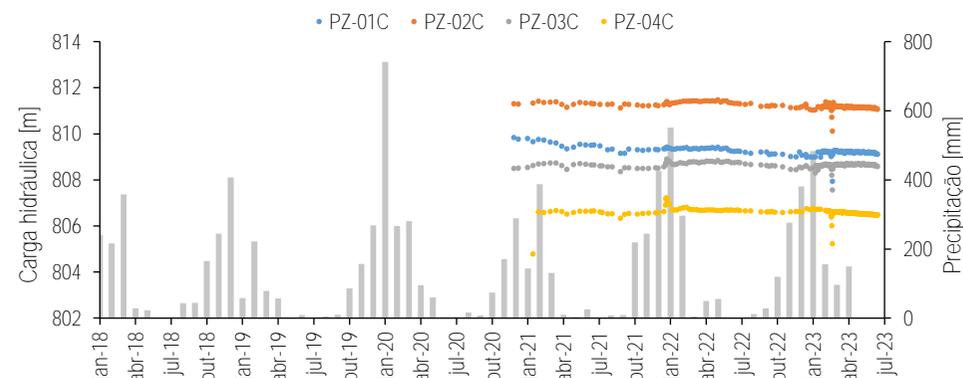
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 60/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Rapaunha.



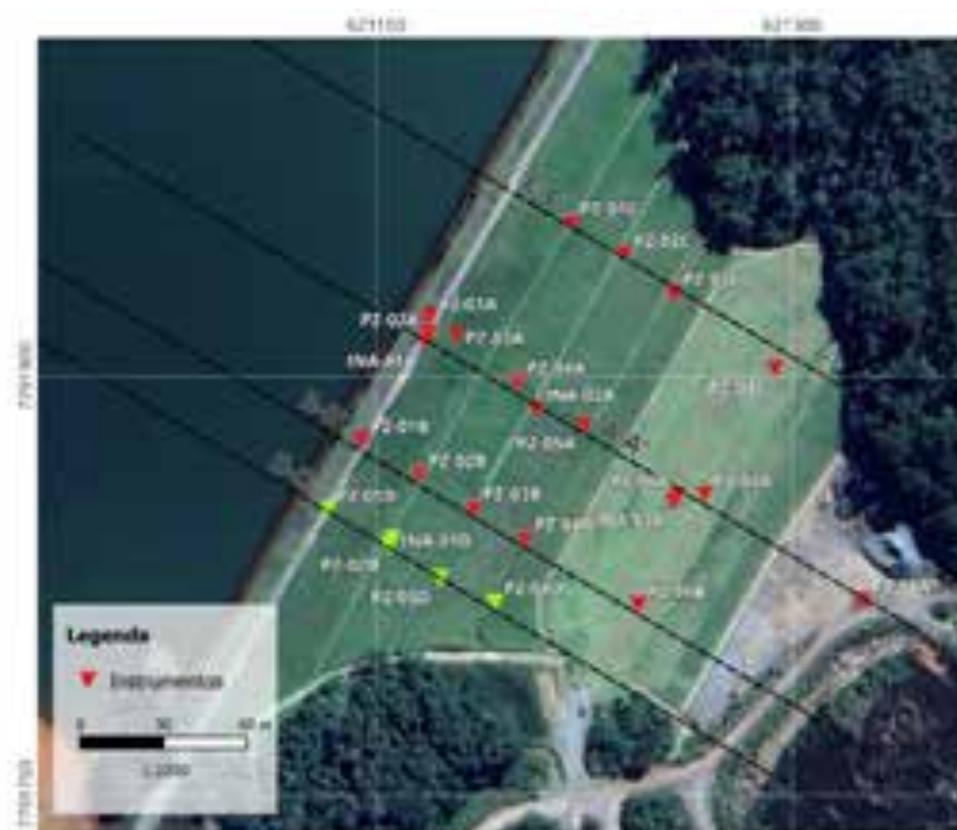
(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção B-B' (Rapaunha).



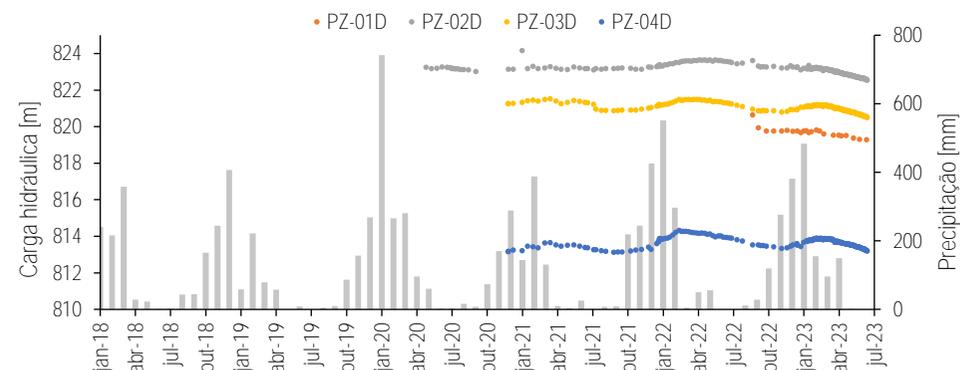
(c) Leituras dos piezômetros localizados na Seção C-C' (Rapaunha).

Figura 4-12: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção B-B' e C-C' da Barragem Rapaunha.

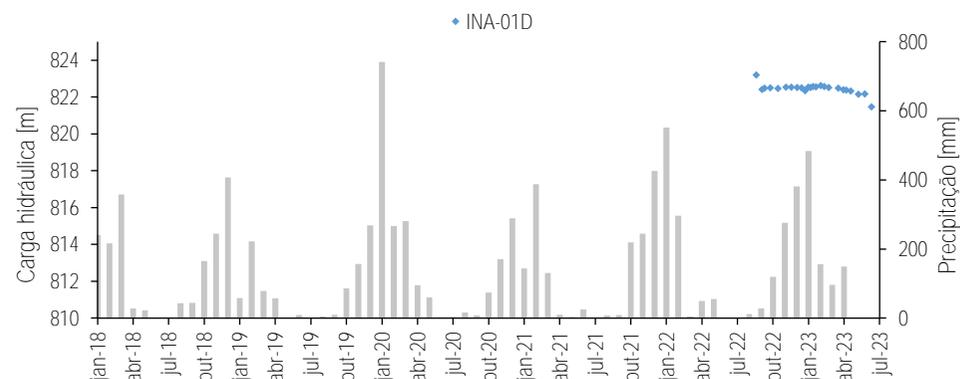
		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 61/142



(a) Localização dos instrumentos na Barragem Rapunha.



(b) Leituras dos piezômetros localizados na Seção D-D' (Rapunha).



(c) Leituras dos INA's localizados na Seção D-D' (Rapunha).

Figura 4-13: Localização e monitoramento dos instrumentos alinhados com a Seção D-D' da Barragem Rapunha.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 62/142

4.3 POÇOS DE BOMBEAMENTO

O sistema de rebaixamento do nível de água subterrânea foi projetado a partir da instalação de dois poços tubulares – Poço 1 (ombreira direita) e Poço 2 (ombreira esquerda) – cuja finalidade visa à manutenção do nível de segurança no reservatório e no maciço rochoso da barragem Cocuruto. Esse processo de rebaixamento faz parte do plano de descomissionamento da barragem. As coordenadas e profundidades dos poços estão apresentadas na Tabela 4-3.

Tabela 4-3: Dados cadastrais e localização dos poços de rebaixamento. Fonte: AGA (2022).

Poço	Locação	UTM E [m]	UTM N [m]	Profundidade [m]	Cota Topo [mNM]	Nível Estático [mNM]
Poço 1	Ombreira direita	622411,73	7790838,95	25,86	796,08	7,26
Poço 2	Ombreira esquerda	622523,67	7791045,71	26,00	807,42	17,97

Os poços tubulares atravessam os xistos do Grupo Nova Lima, e o bombeamento objetiva reduzir a contribuição da água subterrânea das ombreiras para a barragem Cocuruto. Além disso, o sistema de rebaixamento busca reduzir tanto o nível de água do reservatório, quanto do maciço.

4.3.1 Teste de Bombeamento

Foram realizados testes de bombeamento entre os dias 06 e 07 de out/22 no Poço 1 com vazão de 750 L/h e entre os dias 10 e 11 de out/22 no Poço 2 com vazão de 1500 L/h. O objetivo do teste foi avaliar a influência do bombeamento nas imediações da barragem Cocuruto.

Conforme dados disponibilizados pela AGA, o plano de monitoramento da área de influência do sistema de rebaixamento conta com quatro poços de monitoramento, sendo dois deles a jusante (PZ-02OE e INA-02OD) e outros dois a montante (PZ-01OE e INA-01OD) dos poços de bombeamento. As coordenadas e profundidades dos pontos estão apresentadas na Tabela 4-4 e localizadas na Figura 4-14.

Tabela 4-4: Pontos de monitoramento da área de influência do rebaixamento.

Ponto	UTM E [m]	UTM N [m]	Cota Topo [m]	Profundidade [m]	Nível Estático [mNM]
PZ-01OE	622543,52	7791038,56	809,63	38,66	19,42
PZ-02OE	622525,40	7791013,66	794,84	38,26	16,47
INA-01OD	622394,11	7790811,14	801,47	21,20	8,52
INA-02OD	622430,17	7790869,65	790,13	22,53	3,88
POÇO 01	622411,73	7790838,95	796,08	25,86	7,26
POÇO 02	622523,67	7791045,71	807,42	26,00	17,97

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 63/142



Figura 4-14: Pontos do plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência do rebaixamento.

Com relação às informações dos pontos, o ANEXO A apresenta as características técnicas e os perfis construtivos e litológicos dos pontos de monitoramento da área de influência do rebaixamento. Uma síntese dos resultados obtidos a partir do teste de bombeamento são apresentados na Tabela 4-5.

Tabela 4-5: Resultados dos testes de vazão executados no Poço 1 e Poço 2.

Ponto	Nível Estático [mNM]	Nível Dinâmico [mNM]	Rebaixamento [m]	Vazão [L/h]	Distância [m] ⁽¹⁾
POÇO 01	7,26	22,98	15,72	750	-
INA-01OD	8,52	8,59	0,07	-	33
INA-02OD	3,88	4,08	0,20	-	36
POÇO 02	17,97	22,26	4,29	1500	-
PZ-01OE	19,42	20,21	0,79	-	21
PZ-02OE	16,47	16,58	0,11	-	32

Nota: ⁽¹⁾ Distância entre ponto de observação e o poço de bombeamento,

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 64/142

Para avaliar a interferência do sistema de rebaixamento do nível de água subterrâneo, foi monitorado o bombeamento e a variação de nível nos pontos de monitoramento entre os dias 10/10/2022 e 13/02/2023.

Como pode ser observado na Figura 4-15, o bombeamento no Poço 1 entre os dias 10/10/2022 e 24/10/2022, resultou em um rebaixamento de até 16,22 m no Poço 1, 0,53 m no INA-01OD (Montante) e 0,94 m no INA-02OD (Jusante). Neste período, o bombeamento esteve relativamente constante, com vazão média de 672 L/h. Entre 24/10/2022 e 30/11/2022, nota-se uma tendência de redução nas vazões de bombeamento que provocam uma recuperação do nível de água tanto do Poço 1, quanto do INA-02OD (Jusante). A partir do início da operação do novo vertedouro – projetado por DIEFRA (2022) e que contempla parte do plano de descomissionamento da barragem Cocuruto – nota-se que o bombeamento não ocorre na mesma frequência que desaguava antes da operação do vertedouro.

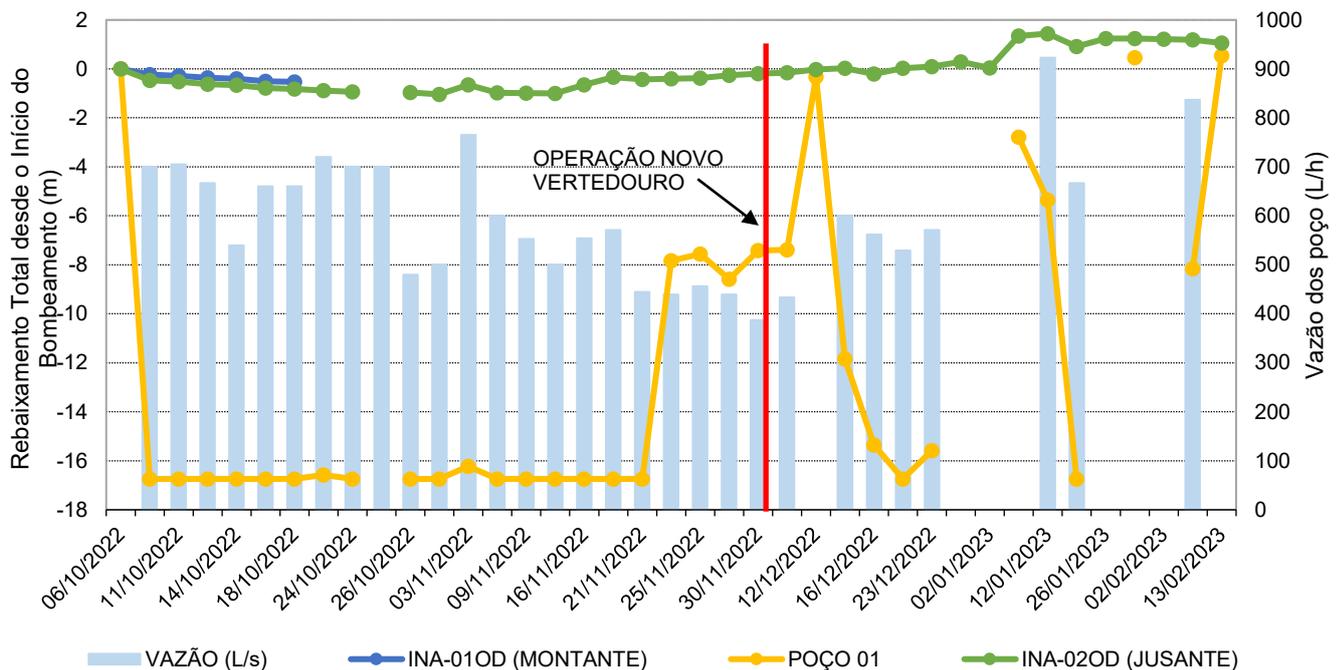


Figura 4-15: Monitoramento do rebaixamento dos poços na ombreira direita.

Também é possível observar que o nível de água no Poço 1 recupera nos momentos em que o poço fica desativado e rebaixa quando ocorre bombeamento. Além disso, é perceptível a tendência de recuperação no nível de água do INA-02OD (Jusante), inclusive em níveis superiores ao início do bombeamento, possivelmente associada às chuvas intensas que ocorreram em janeiro de 2023 na região metropolitana de Belo Horizonte.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 65/142

A Figura 4-16 apresenta o monitoramento do rebaixamento na ombreira esquerda da barragem Cocuruto. Inicialmente, é possível notar que o bombeamento do Poço 2 é consideravelmente maior que do Poço 1 (Gráficos em mesma escala). Entre 10/10/2022 e 19/10/2022, o bombeamento esteve relativamente constante, com vazão próxima de 1350 L/h. A partir 19/10/2022, nota-se uma tendência de redução no bombeamento que se estabilizou no dia 16/11/2022 em uma vazão de aproximadamente 950 L/h. A partir de janeiro de 2023, houve um aumento no bombeamento para cerca de 1000 L/h. Em relação ao nível de água, o Poço 2 apresenta um rebaixamento estável de aproximadamente 6 m em relação ao nível no início do bombeamento. O PZ-01OE (Montante) apresentou rebaixamento de aproximadamente 2 m até 21/12/2022. A partir dessa data, houve uma recuperação no nível de água próximo ao nível observado antes do início do bombeamento. Por fim, o PZ-02OR (Jusante) apresenta comportamento similar ao PZ-01OE (Montante), com rebaixamento máximo de 0,99 m, observado em 28/11/2022.

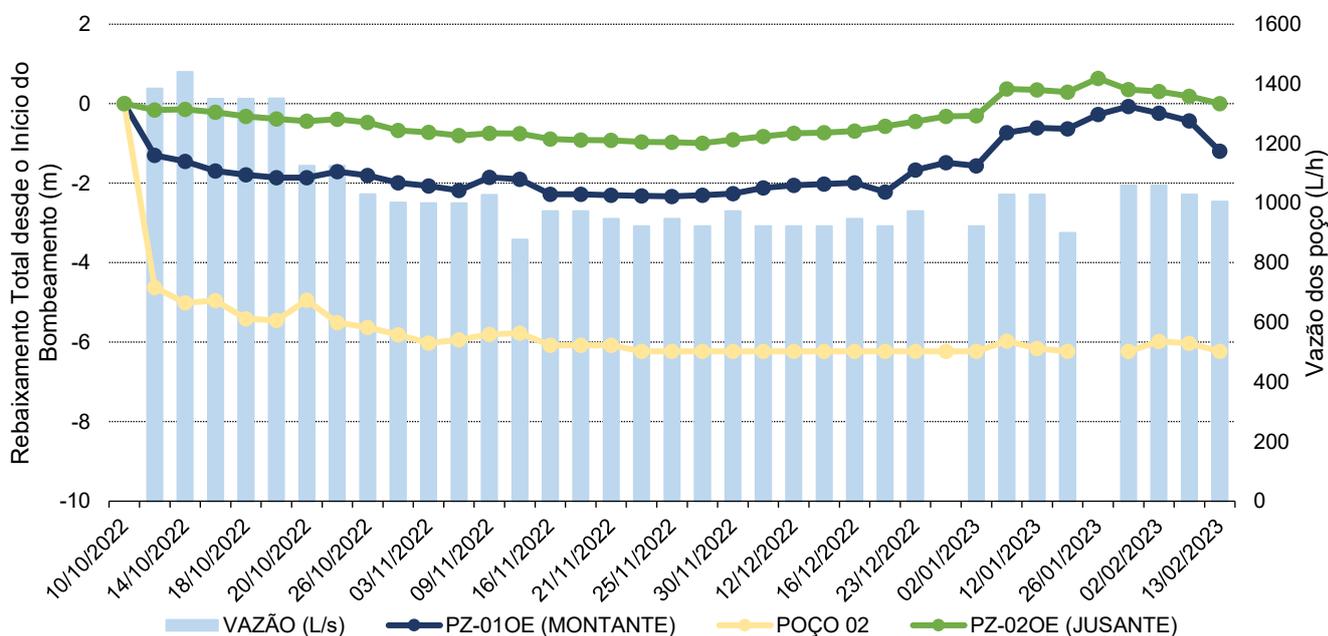


Figura 4-16: Monitoramento do rebaixamento dos poços na ombreira esquerda.

Avaliando o rebaixamento dos poços, nota-se que o Poço 01 apresenta rebaixamento maior que o Poço 02, embora com uma vazão consideravelmente menor. Esse fato pode estar associado às propriedades hidrodinâmicas dos materiais interceptados no perfil litológico dos dois poços. Uma vez que o nível de água

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 66/142

no Poço 01 está sobre argila com silte (Figura A.0-1) e o nível de água no Poço 02 está sobre xisto pouco alterado (Figura A.0-2).

Em relação à influência do bombeamento, a análise foi realizada através de gradientes hidráulicos entre os pontos de observação e os poços de bombeamento. A variação de cargas hidráulicas distribuídas no espaço é a força motriz que induz e condiciona o fluxo de água subterrânea. Além disso, a diferença entre gradientes hidráulicos indica alterações de transmissividade, seja ocasionada por alteração na condutividade hidráulica ou variação na espessura saturada do aquífero. De modo geral, menores gradientes hidráulicos estão associados às maiores condutividades hidráulicas, e conseqüentemente, maior facilidade de ocorrer fluxo subterrâneo. O inverso também é válido.

A Tabela 4-6 apresenta os gradientes hidráulicos calculados para cada ponto de monitoramento.

Tabela 4-6: Influência do bombeamento nos pontos de monitoramento.

	INA-01OD	INA-02OD	PZ-01OE	PZ-02OE
dh [m]	5,96	2,51	3,65	9,88
dL [m]	21,00	32,00	21,00	32,00
Gradiente hidráulico (i = dh/dL) [m/m]	0,28	0,08	0,17	0,31
Vazão de bombeamento no poço [L/h]	750	750	1500	1500
Rebaixamento [m]	0,07	0,20	0,79	0,11

Em relação à ombreira direita, o menor gradiente hidráulico observado foi no INA-02OD (0,08 m/m), e este, apresenta maior rebaixamento de nível de água (0,2 m) em relação ao INA-01OD (0,07 m), mesmo estando em uma distância (dL) maior em relação ao Poço 01. Já na ombreira esquerda, o maior gradiente hidráulico é observado no PZ-02OE (0,31 m/m), ou seja, está associado à uma condutividade hidráulica menor. Conseqüentemente, apresenta menor influência do bombeamento em relação ao PZ-01OE, como pode ser observado nos rebaixamentos monitorados.

4.4 VAZÃO NOS DRENOS DE FUNDO

A AGA forneceu dados de monitoramento referentes às vazões do dreno de fundo das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto. O monitoramento de vazão do sistema de drenagem interno das barragens Rapaunha e Cocuruto apresentam registros desde 2018, já a barragem Calcinados apresenta registro a partir de maio de 2020 – ver Figura 4-17.

A vazão do dreno de fundo da barragem Calcinados é conduzida para a torre de percolados, onde o sistema de bombeamento opera. Conforme pode ser observado na Figura 4-17, a vazão bombeada da torre

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 67/142

apresenta gradual aumento, indo de 8,16 m³/h em maio de 2020 até 21,4 m³/h em janeiro de 2023. É importante mencionar que ocorreu uma falha no medidor de vazão por volta de abril de 2022, o qual levou à substituição do instrumento no dia 14/07/2022. Após a correção, foi observado que a vazão apresentou um comportamento regular, com sensibilidade normal aos índices pluviométricos. A falha no medidor de vazão pode ter impactado a coleta de dados durante o período em que o instrumento estava inoperante. Por tanto, é recomendado não incluir as leituras de vazão durante esse tempo especificado na análise dos dados.

A barragem Rapaunha apresentou vazões próximas de 12 m³/h entre janeiro e dezembro de 2018. Entre janeiro e setembro de 2019, as vazões registradas eram de aproximadamente 34,5 m³/h. A partir de outubro de 2019, as vazões no dreno de fundo oscilaram próximos de 15 m³/h e 20 m³/h. Em julho de 2020, a vazão média mensal foi de 9,09 m³/h, registrando, inclusive, alguns dias com vazão nula. Por fim, observa-se que o dreno de fundo apresenta pouca sensibilidade à pluviometria. Essa característica pode ser atribuída ao mecanismo de saída das águas percoladas no maciço. Em vista de que a drenagem interna é composta por um dreno de pé cego interligado a um tubo de ferro para a saída do fluxo, não existiria uma influência significativa da pluviometria nas leituras e no comportamento do dreno de fundo.

Em relação a barragem Cocuruto, as vazões oscilam entre 5 e 9 m³/h na maior parte do período avaliado. Janeiro e março de 2020 foram os únicos meses com registro de vazão superior a 10 m³/h. De forma geral, o monitoramento das vazões realizados na saída da drenagem interna da Barragem de Cocuruto demonstram a sazonalidade da área a partir do período chuvoso que teve início no ano 2019.

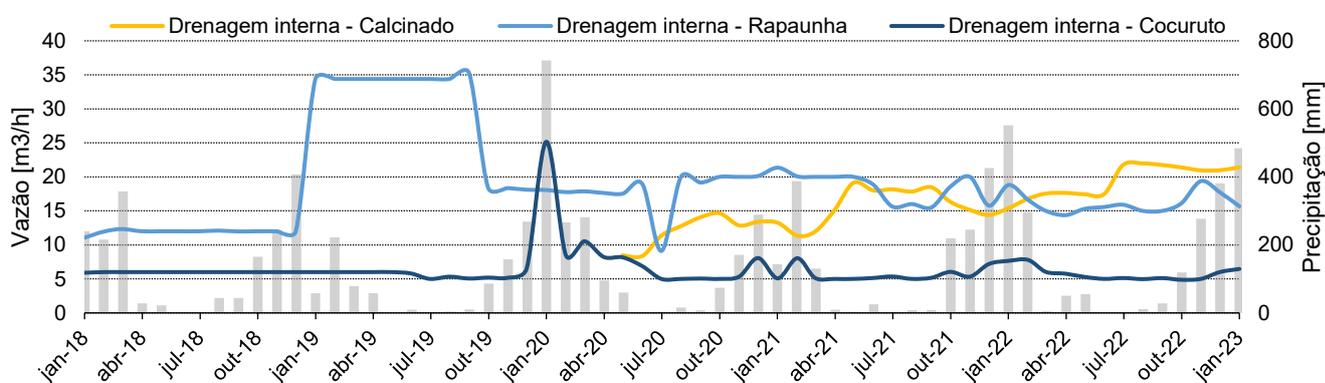


Figura 4-17: Vazão média mensal do sistema de drenagem interno das barragens.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 68/142

4.5 NÍVEL DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS

Os níveis de água dos reservatórios foram disponibilizados pela AGA, com registros diários desde janeiro de 2018 para as barragens Rapaunha e Cocuruto, e desde janeiro de 2019 para a Barragem Calcinados. O nível de água do reservatório da Barragem Calcinados (Figura 4-18) é monitorado no Lago 1 (621596,83 E, 7792409,52 N) e Lago 2 (621642,65 E, 7792440,61 N). Suas leituras registram gradual elevação no nível de água. Sendo registrado no início de 2019 o nível próximo de 856 mNM, e atualmente estando próximo da EI, 860 mNM. É importante ressaltar que, devido ao monitoramento do nível d'água ser realizado na porção mais a montante da margem esquerda da Barragem Calcinados (Lago 1 e 2), não é possível extrapolar que o mesmo nível d'água esteja presente em todo o reservatório, já que o nível de água pode variar espacialmente devido a uma série de fatores, incluindo a topografia, fundação geológica, caracterização granulométrica do rejeito e características do fluxo.

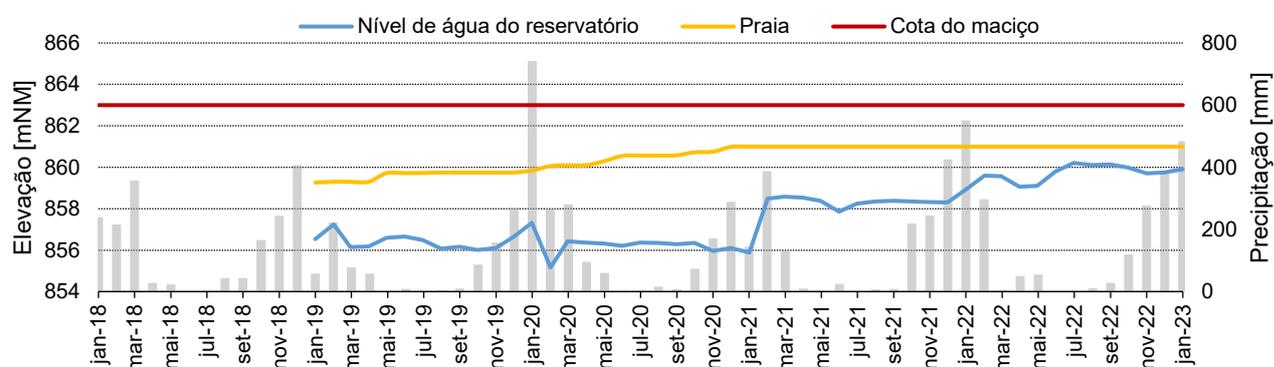


Figura 4-18: Evolução do nível de água mensal no reservatório da barragem Calcinados.

A Barragem Rapaunha (Figura 4-19) apresenta suave tendência de redução nos níveis entre 2018 e 2022. No início do período avaliado, o nível de água no reservatório era de 853 mNM e atualmente está próximo de 852 mNM. De forma geral, ao longo de todo o período monitorado, observa-se que ocorrem picos de subida acompanhando a pluviometria da área.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 69/142

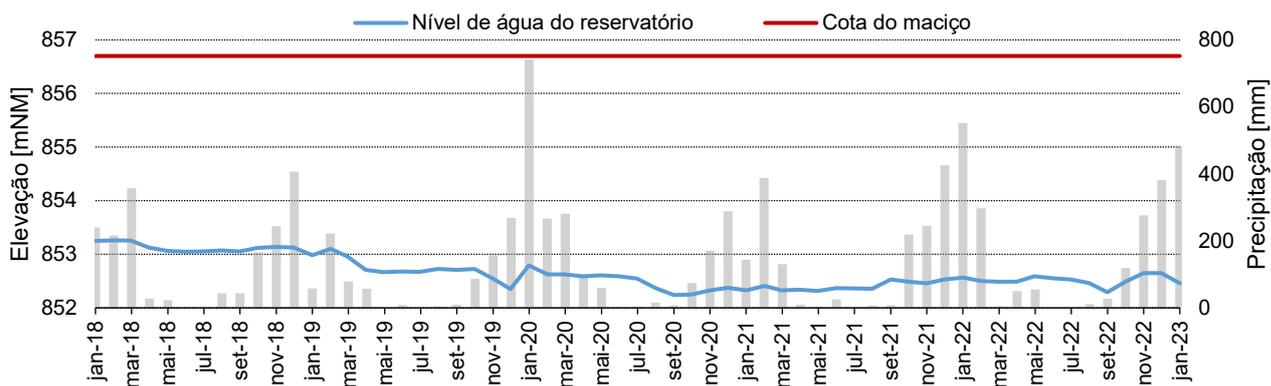


Figura 4-19: Evolução do nível de água mensal no reservatório da barragem Rapaunha.

O reservatório da barragem Cocuruto (Figura 4-20) apresenta pequena variação dos níveis de água. Os registros entre janeiro de 2018 e agosto de 2022 apresentam níveis próximos de 802 mNM. Entre agosto de 2022 e janeiro de 2023 houve uma redução no nível de água no reservatório, de modo a garantir condições de segurança para o processo de descomissionamento da barragem. Atualmente, o nível de água do reservatório está próximo de 799 mNM.

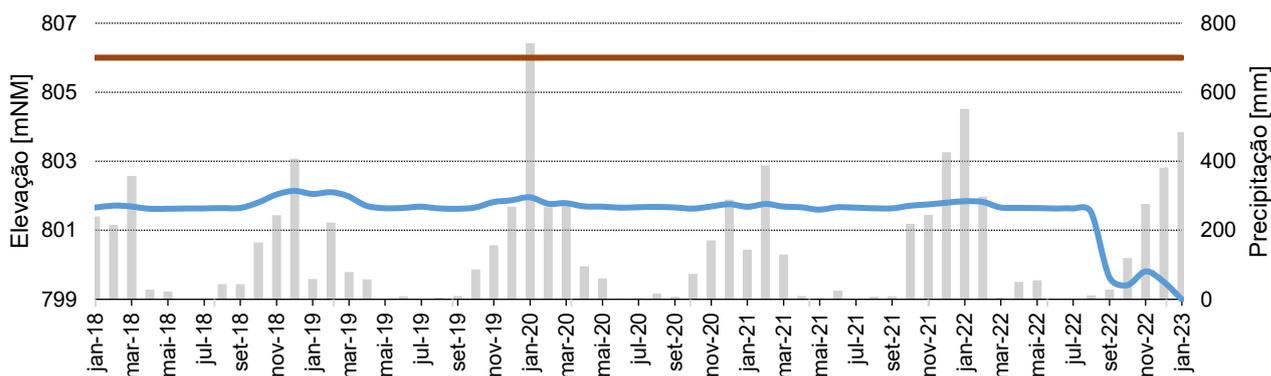


Figura 4-20: Evolução do nível de água mensal no reservatório da barragem Cocuruto.

4.6 CADASTRO DE NASCENTE

A CLAM (2022b) realizou um inventário de nascentes na adjacência das barragens de Calcinados, Rapaunha e Cocuruto. Ao todo, foram registrados 53 pontos, sendo 28 identificados como nascentes perenes, 11 descritos como drenagens secas, além de 11 pontos de controle. A Tabela 4-7 apresenta os resultados obtidos em relação as nascentes que não estavam secas.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 70/142

A Figura 4-21 apresenta a localização das nascentes inventariadas por CLAM (2022b).

Tabela 4-7: Relação de pontos de água inventariados contemplando a localização e vazões médias obtidas.

Identifica	UTM L [m]	UTM N [m]	Cota [mNM]	Vazão [L/s]
NQZ-Clam 01	622917	7790990	771	0,584
NQZ-Clam 03	622319	7790502	802	0,109
NQZ-Clam 05	621951	7790166	858	0,336
NQZ-Clam 07	622416	7791563	817	0,329
NQZ-Clam 09	622521	7791527	890	0,133
NQZ-Clam 11	622553	7790932	792	0,058
NQZ-Clam 13	621856	7790894	839	0,151
NQZ-Clam 14	621859	7790893	826	0,21
PCQZ-Clam 15	619913	7791959	872	Água Parada
NQZ-Clam 16	619852	7792531	917	0,045
NQZ-Clam 19	620412	7792637	898	0,403
NQZ-Clam 21	622074	7790726	1042	0,055
PCQZ-Clam 22	622071	7790694	771	Água Parada
NQZ-Clam 23	621923	7790657	814	0,067
NQZ-Clam 24	622001	7790621	785	0,048
NQZ-Clam 25	622002	7790622	785	0,042
NQZ-Clam 26	622029	7792211	960	0,931
NQZ-Clam 28	622023	7792238	950	0,064
PCQZ-Clam 31	621476	7792589	877	Água Parada
NQZ-Clam 32	621444	7792578	874	0,087
NQZ-Clam 35	620613	7791710	851	0,078
NQZ-Clam 37	621193	7791538	819	Água Parada
PCQZ-Clam 38	621271	7791648	777	0,816
NQZ-Clam 39	620835	7791391	833	0,793
NQZ-Clam 42	622743	7791535	914	0,028
NQZ-Clam 43	623805	7790087	708	0,066
NQZ-Clam 44	623704	7790410	707	0,124
NQZ-Clam 45	623700	7790402	708	0,099
NQZ-Clam 46	621133	7791005	860	0,168
NQZ-Clam 49	621278	7790873	861	0,463
NQZ-Clam 51	621527	7791010	830	0,068
NQZ-Clam 53	621450	7791133	812	Água Parada

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 71/142

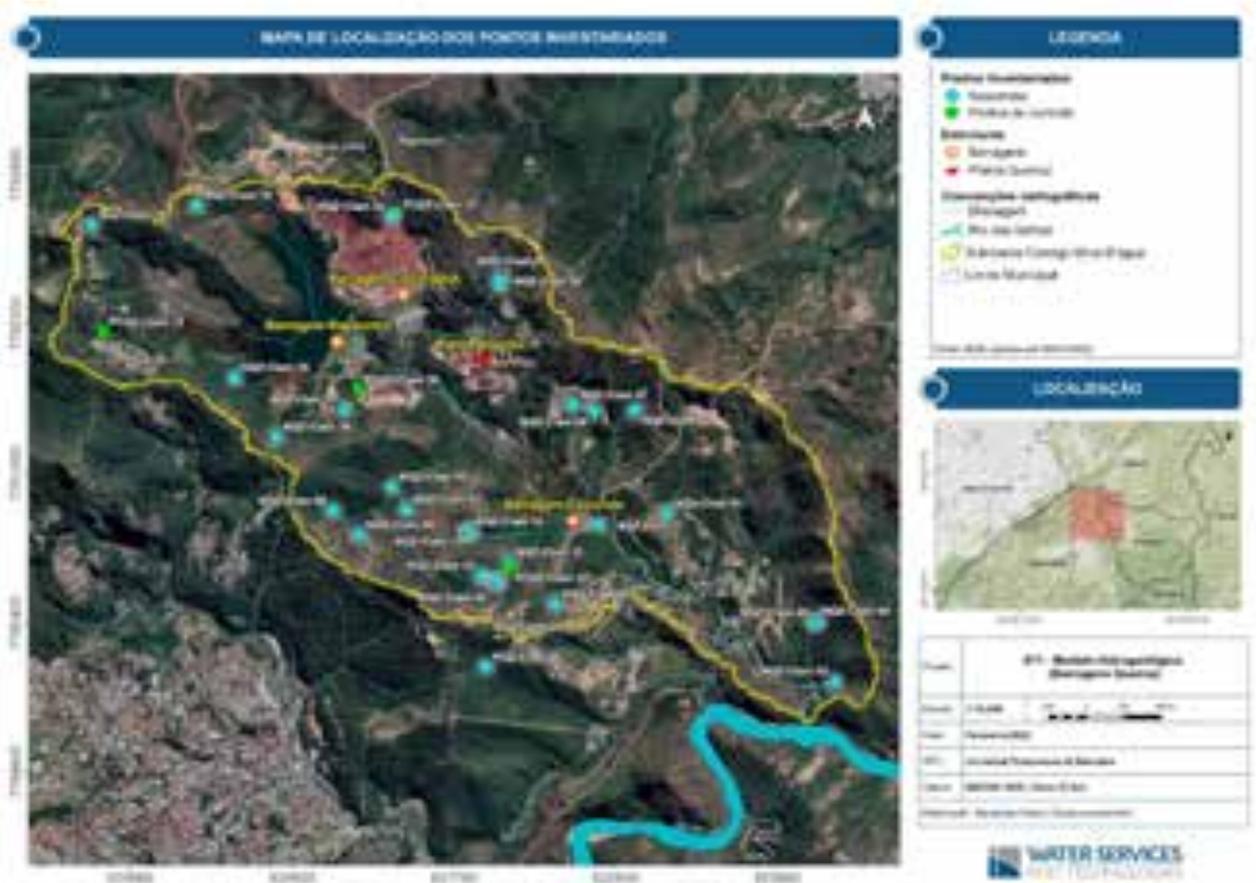


Figura 4-21: Mapa de localização das nascentes inventariadas. Fonte: modificado de CLAM (2022b).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 72/142

5. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

O modelo hidrogeológico conceitual das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto tem como finalidade compreender as principais características dos sistemas aquíferos presentes e suas relações com os elementos condicionadores de fluxo da área, bem como representar as condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas no domínio hidrogeológico, incluindo recarga e descarga do sistema.

5.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

A caracterização das unidades hidroestratigráficas corresponde à interpretação hidráulica das unidades litoestratigráficas que possuem características hidrogeológicas similares. A definição dessas unidades deve ser modulada considerando as informações sobre suas áreas de ocorrência, espessuras e propriedades hidráulicas.

A região das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto estão localizadas sobre rochas do Grupo Nova Lima, caracterizada por aquíferos do tipo fissural. Em outras palavras, as rochas presentes na bacia da Mina D'Água, constituem meios de baixa permeabilidade, que possibilita a condução da água subterrânea através de descontinuidades. Além disso, a distribuição e espessura dos níveis intempéricos podem condicionar a percolação de água até a superfície de contato com o substrato.

Outro fator importante é a transição que deve existir entre o xisto intemperizado (saprólito) e o xisto propriamente dito (rocha sã). Deste modo, entende-se que a condutividade hidráulica do meio varia em função da profundidade, visto que as fraturas tendem a ser mais fechadas e seu grau de conectividade menos frequente.

No contexto hidrogeológico da área de estudo, também são observados maiores permeabilidades hidráulicas próximas às zonas de drenagem e confluência entre drenagens, uma vez que estas tendem a estar encaixadas em zonas de maior fraqueza do substrato rochoso.

No domínio de abrangência do modelo hidrogeológico, foram caracterizados três sistemas hidrogeológicos principais com comportamentos hidráulicos distintos, os quais são descritos a seguir:

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 73/142

5.1.1 Aquífero em Cobertura Sedimentar

As coberturas sedimentares correspondem a um sistema aquífero poroso de circulação rasa, composto por solo residual, aluvionar e coluvionar. Esta unidade está presente nos talwegues e encostas recobridos quase toda da área de estudo.

Esta unidade apresenta elevada heterogeneidade, podendo apresentar, tanto valores de condutividade hidráulica altos – condicionados pela pequena espessura e conseqüente baixo grau de compactação – quanto valores de permeabilidade baixos – devido ao alto teor de argilo-minerais.

Dados de sondagem realizados na área, indicam que esta unidade pode apresentar espessuras estimadas entre 0 e 6 m, apresentando composição silto-argilosa na área das barragens Calcinados e Cocuruto, e silto-arenosa na região da barragem Rapaunha.

5.1.2 Xisto Intemperizado

Sotoposta à camada de cobertura sedimentar, a unidade hidrogeológica nomeada como xistos intemperizados corresponde a um sistema aquífero poroso/fissural. Esta unidade é composta, basicamente, por dois litotipos de xistos intemperizados, o quartzo-sericita xisto e o quartzo-sericita-clorita xistos.

Os saprólitos também foram incluídos nessa unidade hidrogeológica. Ao realizar o mapeamento geológico-geotécnico da área, WALM (2021a, 2021b) adotou o termo com uma denotação geral, agrupando porções com graus intempérios mais ou menos elevados em meio a matriz, por vezes apresentando núcleos de rocha intemperizada ou solo residual.

As espessuras dessa unidade são variáveis. No geral, tendem a apresentar maiores espessuras junto aos divisores topográficos da bacia hidrográfica na Mina D'Água, e menores espessuras nas porções mais baixas dos talwegues.

Esta unidade hidrogeológica apresenta baixa condutividade hidráulica, devido ao alto teor de argilo-minerais. Além disso, outro fator importante é a diferenciação que deve existir entre o nível intemperizado dos xistos e o xisto propriamente dito (rocha sã). Neste caso, a condutividade hidráulica deve reduzir gradativamente com o aumento da profundidade, uma vez que as fraturas tendem a ser mais fechadas e seu grau de conectividade menos frequente.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 74/142

5.1.3 Rocha Sã

Sotoposta à camada de xistos intemperizados, a unidade hidrogeológica nomeada como rocha sã corresponde a um sistema aquícluído devido sua baixíssima condutividade hidráulica e porosidade. Esta unidade é composta por xistos que sustentam a base do pacote estratigráfico. Em relação às unidades hidrogeológicas mais permeáveis, o xisto situado nas profundidades maiores pode ser considerado como o limite inferior de fluxo das águas subterrâneas.

Na região das barragens, o topo rochoso ocorre em profundidades próximas de 20 m na barragem Cocuruto, 30 m na barragem Calcinados e em cerca de 65 metros de profundidade na barragem Rapaunha.

5.2 ESTRUTURA DAS BARRAGENS

Além das unidades hidroestratigráficas, os materiais depositados para a construção e o rejeito armazenado nas barragens apresentam propriedades hidrodinâmicas diversas. As características dos materiais que compõem a estrutura das barragens são capazes de condicionar a dinâmica hídrica da bacia hidrográfica, criando aumento nos níveis de água locais nos reservatórios.

O aterro deve ter baixa condutividade hidráulica, baixa taxa de recarga e coeficiente de armazenamento, comportando-se como uma barreira ao fluxo de água. Já os elementos de direcionamento de fluxo como filtros verticais e tapetes drenantes devem ser altamente condutivos hidráulicamente. Os rejeitos são as unidades mais difíceis de interpretar, pois podem ter variação de composição ao longo do tempo de deposição, além de serem continuamente compactados pelas sucessivas adições de materiais.

5.2.1 Aterros

Os maciços da barragem são estruturas antrópicas condicionadas para sustentar a deposição de rejeitos. Têm relação com os processos de alteamento da barragem e, em geral, são construídos com material da própria região. Os processos de alteamento pelos quais a barragem passa representam a construção de novos maciços. Os materiais tendem a ter baixa porosidade e permeabilidade tendo em vista que são matérias inconsolidados com certo grau de compactação. Assume-se que a recarga nos aterros é desprezível, uma vez que os aterros foram construídos com material argilo-siltoso ou silto-argiloso compactado. Além disso, assume-se que os aterros possuem sistema de drenagem superficial eficiente.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 75/142

5.2.2 Sistema de Drenagem Interna

Trata-se de elementos que condicionam o fluxo no interior dos maciços das barragens. Podem ser sistemas do tipo filtros verticais, tapetes drenantes e enrocamentos. Além disso, devem ser altamente condutivos hidráulicamente.

5.2.3 Rejeito

O rejeito se mostra como uma unidade de difícil interpretação, pois pode ter variação de composição ao longo do tempo de deposição, além de ser continuamente compactado pelas frequentes adições de materiais. Sua variação de teor de umidade também contribui para o seu potencial de armazenamento hídrico. Tem-se que o rejeito da barragem Rapaunha pode ser classificado tátil-visualmente como “areia fina pouco siltosa”. Em relação ao rejeito da barragem Cocuruto, ele pode ser dividido em duas camadas distintas: i) a camada mais profunda relativa ao rejeito junto à estrutura Queiroz que sofreu ressecamento e que acabou gerando uma resistência ao material, mesmo saturado, e ii) a camada mais superficial relativa aos rejeitos dispostos após a construção do barramento denominado Cocuruto. Por fim, os ensaios granulométricos executados indicam que o rejeito da barragem Calcinados apresenta composição granulométrica variando entre silto-arenosa e silto argilosa.

5.3 PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

Os parâmetros hidrodinâmicos referem-se às propriedades hidráulicas que controlam a facilidade com que a água subterrânea flui pelos materiais e a quantidade de água que o meio pode conter. Dois dos principais parâmetros hidrodinâmicos utilizados na caracterização do meio subterrâneo são a condutividade hidráulica e o armazenamento. O primeiro está associado à permeabilidade do meio, enquanto o segundo está relacionado à capacidade de armazenamento de água do aquífero.

A condutividade hidráulica varia de acordo com a composição do material e, em uma mesma unidade hidroestratigráfica, pode variar espacialmente e apresentar anisotropia. Em rochas fraturadas, a condutividade hidráulica tende a diminuir com a profundidade, o que está relacionado, de forma geral, às fraturas serem mais fechadas e seu grau de conectividade menos frequente. Em relação ao armazenamento, as unidades com maior capacidade de armazenar água correspondem as mais porosas ou as mais fraturadas.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 76/142

A recarga é um terceiro parâmetro relevante para análises hidrogeológicas, por ser o mecanismo de entrada de água dos sistemas aquíferos, através da precipitação que incide em porções de afloramento e zonas de fratura do maciço. Contudo, a estimativa para este parâmetro hidrodinâmico apresenta as maiores incertezas, visto que seus valores são balizados, muita das vezes, de forma indireta por meio do balanço hídrico e modelagem numérica.

Na área de estudo, vários ensaios de campo foram desenvolvidos para estimar parâmetros hidrodinâmicos. Além disso, diversos estudos de modelagem hidrogeológica e geotécnica foram desenvolvidos nas barragens e bacia hidrográfica da Mina D'Água. Complementando aos estudos desenvolvidos localmente na bacia da Mina D'Água, uma ampla variedade de estudos hidrogeológicos foram desenvolvidos no Quadrilátero Ferrífero, em contexto hidrogeológico similar ao da área de estudo.

Desta forma, para subsidiar o modelo hidrogeológico conceitual da área de interesse, realizou-se uma compilação das ordens de grandeza referentes aos parâmetros hidrodinâmicos das unidades hidrogeológicas presentes na área de estudo. As estimativas conceituais estão apresentadas na Tabela 5-1. Vale reforçar que os valores estimados para as propriedades hidráulicas podem variar em diferentes magnitudes, uma vez que o meio rochoso é heterogêneo e anisotrópico. Os valores de recarga e porosidade efetiva nas estruturas das barragens tiveram seus valores definidos de forma conceitual qualitativa, tendo como base as informações sobre a caracterização das barragens.

Tabela 5-1: Parâmetros hidrodinâmicos estimados conceitualmente.

	Unidades	Condutividade hidráulica [m/s]	Recarga [%]	Porosidade efetiva [-]
Unidades hidrogeológicas	Cobertura sedimentar	1,00E-4 a 1,00E-6	0,20 a 0,05	0,2 a 0,1
	Xistos intemperizados	1,00E-5 a 1,00E-6	0,15 a 0,05	0,2 a 0,01
	Rocha sã	1,00E-6 a 1,00E-8	0,10 a 0,06	0,01 a 0,001
Estrutura da barragem	Maciço (Calcinado)	1,00E-7 a 1,00E-9	0,05 a 0,00	0,05 a 0,01
	Drenagem interna (Calcinado)	1,00E-3 a 1,00E-5	-	0,2 a 0,1
	Rejeito (Calcinado)	1,00E-6 a 1,00E-8	0,15 a 0,05	0,2 a 0,01
	<i>Underflow</i> (Calcinado)	1,00E-5 a 1,00E-7	0,05 a 0,00	0,2 a 0,01
	Maciço (Cocuruto)	1,00E-7 a 1,00E-9	0,05 a 0,00	0,05 a 0,01
	Drenagem interna (Cocuruto)	1,00E-3 a 1,00E-5	-	0,2 a 0,1
	Rejeito (Cocuruto)	1,00E-6 a 1,00E-7	0,15 a 0,05	0,2 a 0,01
	Maciço (Rapaunha)	1,00E-7 a 1,00E-9	0,05 a 0,00	0,05 a 0,01
	Drenagem interna (Rapaunha)	1,00E-3 a 1,00E-5	-	0,2 a 0,1
	Rejeito (Rapaunha)	1,00E-5 a 1,00E-6	0,15 a 0,05	0,2 a 0,1

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 77/142

5.4 DINÂMICA HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Além das características específicas de cada unidade hidrogeológica, o fluxo subterrâneo na bacia do córrego Mina D'Água também é influenciado por aspectos morfológicos, estruturais e antrópicos, capazes de condicionar as direções de fluxo.

No geral, os níveis de água observados nos poços de monitoramento revelam uma superfície freática relativamente rasa, com flutuações sazonais, revelando uma circulação de água subsuperficial, preponderante no manto de intemperismo dos xistos subjacentes, tendo uma rápida resposta às recargas.

O fluxo descendente da recarga é condicionado a existência de zonas fraturadas. Entretanto, a baixa condutividade hidráulica dos maciços rochosos em profundidade condiciona uma dinâmica hídrica subsuperficial, com direções de fluxo coincidentes com a topografia. No geral, verifica-se níveis freáticos mais profundos próximo aos divisores topográficos e a ocorrência de níveis próximos à superfície nos fundos de vale dos cursos de água.

A implementação das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto resultou em algumas alterações locais do fluxo subterrâneo. A principal alteração na dinâmica hídrica está associada ao desempenho dos maciços atuando como barreiras hidráulicas, limitando o fluxo da descarga natural que havia nas drenagens originais da bacia hidrográfica, resultando em um armazenamento e elevação nos níveis dos reservatórios.

Na região das barragens, a água pode acumular nos reservatórios através de precipitação direta, escoamento superficial de pontos a montante, descarga natural das unidades hidrogeológicas, lançamento de polpa de rejeito e através de lançamento direto de água. As saídas de água do reservatório podem ocorrer por evaporação, infiltração na fundação, percolação no talude de montante do maciço até o sistema de drenagem interno e através do extravasor.

Vale citar que essas alterações locais nas condições de fluxo não ultrapassam os divisores topográficos da bacia hidrográfica da Mina D'Água.

Deste modo, baseado na distribuição e comportamento dos dados de monitoramento, bem como da distribuição espacial das barragens, a análise da dinâmica hídrica local, será apresentada por regiões conforme apresentado na Figura 4-4 e listado a seguir. Além disso, a análise local irá limitar os registros de nível de água a partir de 2018, momento no qual há um aumento significativa de instrumentos compondo a rede de monitoramento na área de estudo (Figura 4-3).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 78/142

5.4.1 Barragem Cocuruto

Na região da barragem Cocuruto, foram identificados 48 instrumentos instalados no maciço, ombreiras, margem do reservatório e a jusante da estrutura. Durante o período avaliado (entre 2018 e 2023), os pontos PQZ-2009 e PQZ-2029 não estão sendo mais monitorados, ambos localizados a jusante da barragem.

5.4.1.1 Jusante da barragem

De forma geral, observa-se níveis constantes no monitoramento dos instrumentos localizados a jusante da barragem Cocuruto (Figura 5-1). Os instrumentos PQZ-2008, PQZ-2030 e PQZ-2044 – apresentam cargas hidráulicas oscilando entre 761 mNM e 764 mNM. O nível de água monitorado nesta região é relativamente raso, apresentando profundidade entre 3 e 13 m. O PQZ-2009 e PQZ-2029 não apresentam monitoramento entre 2018 e 2022. O PQZ-2029 foi vandalizado e o PQZ-2009 foi substituído pelo PQZ-2044.



Figura 5-1: Série histórica dos instrumentos localizados a jusante da barragem Cocuruto.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLOGÍCO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 79/142

5.4.1.2 Seção longitudinal do maciço na El. 775 mNM

Uma vez que a rede de monitoramento da barragem Cocuruto concentra-se principalmente na região do maciço, a análise nessa região foi realizada através de seções longitudinais em diferentes elevações da estrutura. A Figura 5-2 apresenta as séries históricas dos instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 775 mNM.

No geral, o que se observa são tendências constantes de nível de água, com oscilações sazonais cuja amplitude pode oscilar de 1 a 4 m. As maiores amplitudes são observadas nos instrumentos PZ-04A e PZ-04AN, instalados no sistema de drenagem interno da barragem. O nível de água do INA-04A (774 mNM) indica que o dreno de fundo pode estar operando sobre carga, uma vez que a elevação média do sistema de drenagem neste eixo é de aproximadamente 770 mNM.

Nota-se também que entre 2018 e 2020 – em anos hidrológicos com precipitações abaixo da média histórica – os instrumentos PZ-04A, PZ-04AN e PZ-04B apresentavam comportamento similar, com cargas hidráulicas próximo da cota 770 mNM. A partir de 2020, quando houve anos hidrológicos com precipitação próximo à média histórica, os instrumentos passaram a apresentar comportamentos diferentes. O PZ-04B – instalado sobre solo residual – passa a apresentar suave tendência de recuperação no nível de água. Em referência ao instrumento PZ-04A e PZ-04AN – localizados na região do tapete drenante – os valores de carga hidráulica registrados durante os períodos de seca foi desconsiderada por ser muito próximas à cota do fundo de cada instrumento. Por outro lado, estes instrumentos apresentam uma recuperação expressiva nos períodos de chuva.

Além disso, nota-se que os menores níveis monitorados estão na região da ombreira esquerda do maciço, uma vez que os instrumentos INA-03C e PZ-03OE apresentam cargas hidráulicas de aproximadamente 766 mNM. Já os instrumentos na região da ombreira direita (INA-03B e PZ-04B) apresentam registros de carga hidráulica oscilando entre 770 mNM e 774 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 80/142

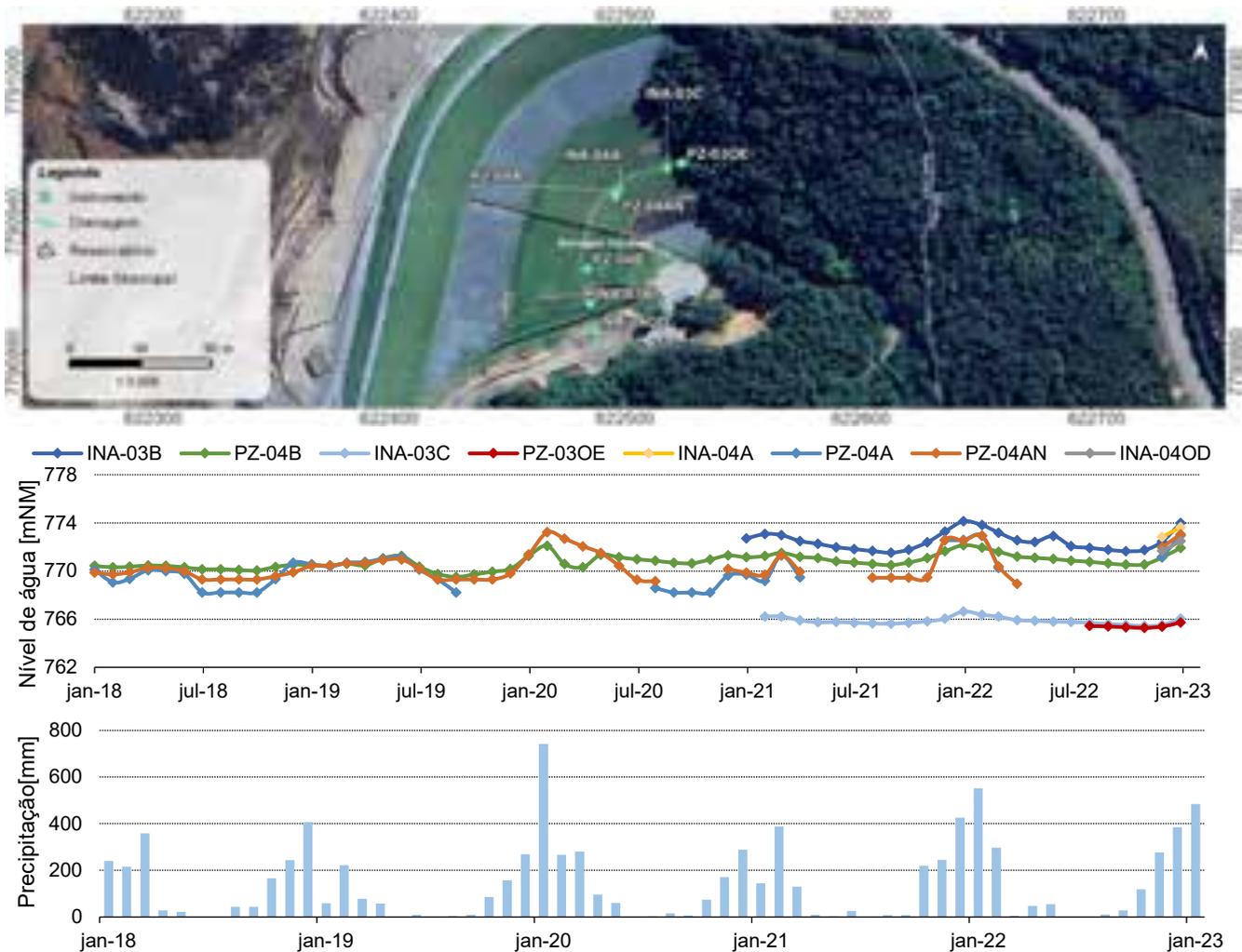


Figura 5-2: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal de EI. 775 mNM.

5.4.1.3 Seção longitudinal do maciço na EI. 785 mNM

Em relação ao monitoramento dos instrumentos localizados na seção longitudinal de EI. 785 mNM (Figura 5-3), observa-se tendências constantes de nível de água, com oscilações sazonais cuja amplitude pode oscilar em cerca de 2 m. As maiores cargas registradas (783 mNM) são referentes ao INA-03OD, localizado na ombreira direita do barramento. As menores cargas registradas são referentes ao PZ-02C – próximo à ombreira esquerda – e ao PZ-03A – instalado no dreno da barragem. Atualmente, os níveis registrados nos dois instrumentos estão em cerca de 769 mNM. O instrumento PZ-02D apresenta cargas próximas do nível 774 mNM e os pontos PZ-03B e INA-02B apresentam níveis em torno de 778 mNM. Os instrumentos INA-

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 81/142

03A, INA-02B e INA-03D foram interpretados como instrumentos com leituras secas devido a que os valores monitorados estão muito próximos à cota da base de cada instrumento.

Em relação à seção longitudinal avaliada, entende-se que níveis de água estão condicionados à geometria da fundação e do sistema de drenagem. Na região onde está instalado o PZ-03A, o sistema de drenagem interno está próximo da cota 770 mNM. Por outro lado, próximo ao PZ-03B, a fundação está próxima a cota 780 mNM.

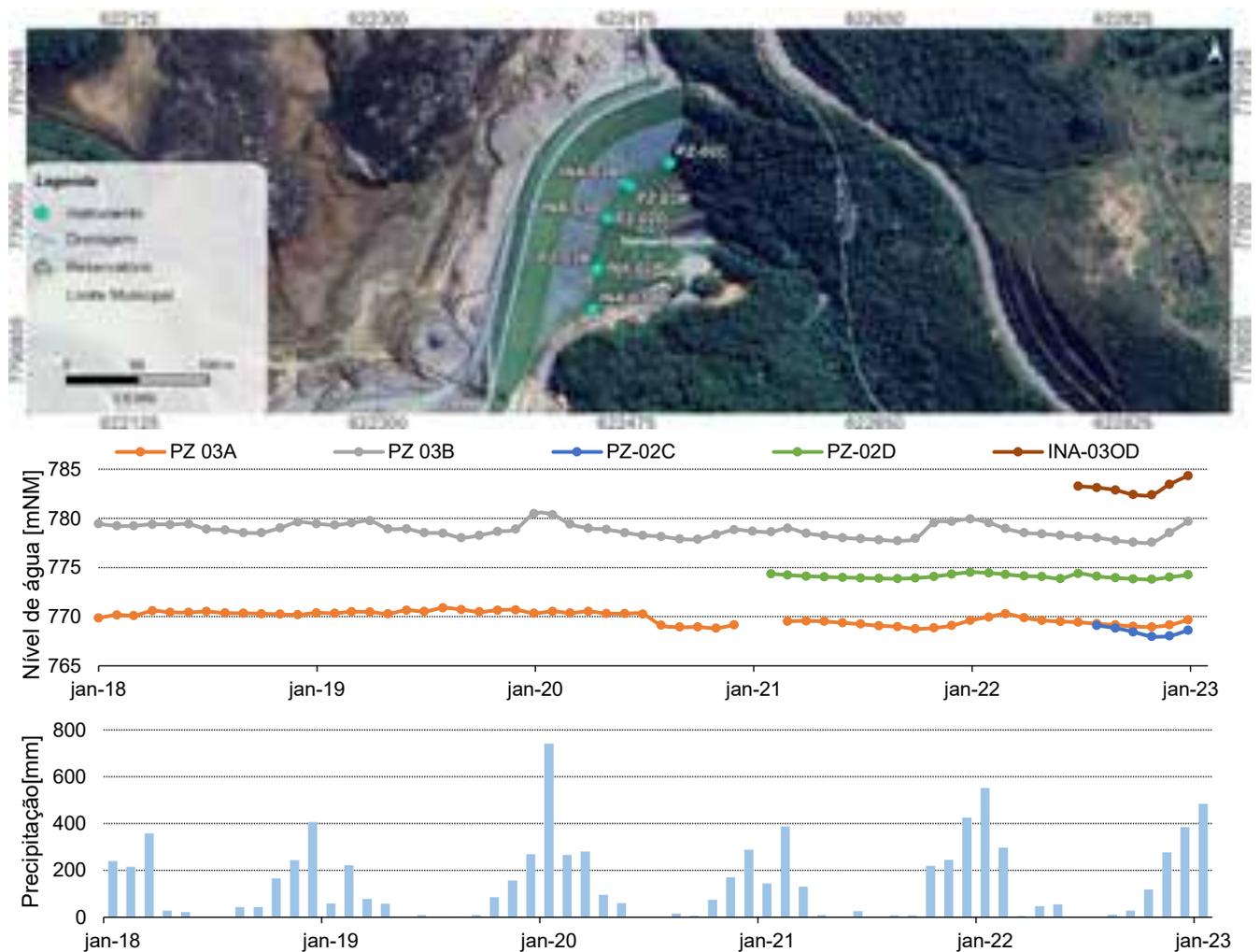


Figura 5-3: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 785 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 82/142

5.4.1.4 Seção longitudinal do maciço na El. 795 mNM

Os instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 795 mNM (Figura 5-4) monitoram níveis freáticos próximos às cotas 777 mNM e 794 mNM. Entre os instrumentos dessa seção, apenas o INA-02D, PZ-02A e PZ-02AN monitoram o maciço. Durante o período monitorado, observa-se uma suave tendência de redução nos níveis de água nos instrumentos PZ-01D, PZ-02, PZ-02B e PZ-02A. A menor carga hidráulica é registrada pelo PZ-02OE, localizada na ombreira esquerda. As maiores cargas são registradas nos instrumentos localizados na porção direita da seção (PZ-01OE, PZ-02, PZ-02A, PZ-02AN e INA-02A). O nível de água no INA-02D pode indicar que o sistema de drenagem esteja operando sobre carga.



Figura 5-4: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 795 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 83/142

5.4.1.5 Seção longitudinal na crista do maciço

Os níveis de água monitorados nos poços localizados na crista do maciço são apresentados na Figura 5-5. No geral, observa-se tendências constantes de nível de água, com oscilações sazonais cuja amplitude pode oscilar entre 2 m e 4 m. O PZ-01A apresenta a maior série histórica, desde 2018, com cargas próximas de 793 mNM. O INA-01BN e o INA-01C registram leituras secas durante o tempo de período monitorado. Os demais instrumentos são relativamente novos, com monitoramento desde meados de julho 2022. As maiores cargas observadas são nos pontos INA-01A e INA-01B (cerca de 795 mNM) e as menores cargas são observadas no PZ-01C e PZ-01OE, sendo este último, apresentando um rebaixamento mais perceptível, possivelmente associado ao bombeamento do Poço 02 (4.3).



Figura 5-5: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal da crista da barragem.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 84/142

Como não há sistema de drenagem interno ao longo dessa seção, o maciço se mantém saturado, com níveis de água variando próximo dos níveis 790 mNM e 796 mNM. Além disso, os poços de bombeamento, que operam desde outubro de 2022, apresentaram suave influência no nível de água dos instrumentos localizados nas ombreiras (INA-01OD e PZ-01OE).

5.4.1.6 Margem do reservatório

Os instrumentos localizados na margem do reservatório de Cocuruto apresentam carga hidráulica relativamente constante próximo de 806 mNM (Figura 5-6). A exceção é PQZ-2028, que apresenta carga próximo de 809 mNM entre janeiro de 2018 e julho de 2022. A partir de julho de 2022, o nível de água rebaixa ao patamar das cargas monitoradas nos demais instrumentos. O período deste rebaixamento coincide com o rebaixamento do nível de água no reservatório de Cocuruto (ver item 4.5), indicando uma influência do reservatório no PQZ-2028.

Os instrumentos na margem do reservatório de Cocuruto, mas que também estão localizados a jusante das barragens Calcinados ou Rapaunha, serão apresentados nos próximos itens do modelo conceitual.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 85/142



Figura 5-6: Série histórica dos instrumentos localizados na margem do reservatório.

5.4.1.7 Aterro H1

O Aterro H1 – localizado na margem direita do reservatório de Cocuruto – apresenta quatro instrumentos com monitoramento desde abril de 2021. O nível de água dos instrumentos PQZ-2055, PQZ-2056, PQZ-2057 e PQZ-2058 é relativamente raso, apresentando profundidade entre 7 e 14 m. O instrumento PQZ-2058 apresenta as maiores cargas hidráulicas dessa região (cerca de 806 mNM). Por outro lado, o PQZ-2057 apresenta as menores cargas observadas (cerca de 799 mNM). Como observado na leitura dos 4 instrumentos, existe uma correspondência das cargas hidráulica com a sazonalidade da área de estudo. Com base na observação das leituras dos quatro instrumentos, é possível identificar uma correspondência

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 86/142

das cargas hidráulicas com a sazonalidade da área de estudo. Essa relação entre as cargas hidráulicas e a sazonalidade indica que os níveis de água estão sujeitos a flutuações regulares ao longo do ano. Por exemplo, em períodos de maior precipitação, é provável que os níveis de água subam, resultando em cargas hidráulicas mais altas nos instrumentos. Da mesma forma, em períodos de estiagem ou menor precipitação, os níveis de água tendem a diminuir, refletindo-se em cargas hidráulicas mais baixas.



Figura 5-7: Série histórica dos instrumentos localizados no aterro H1.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 87/142

5.4.2 Barragem Calcinados

Na região da barragem Calcinados, verifica-se um total de 71 instrumentos instalados no maciço, rejeito, ombreiras, margem do reservatório e a jusante da estrutura. Atualmente, 12 instrumentos estão inativos na área (PQZ-2001, PQZ-2003, PQZ-2004, PQZ-2005, PQZ-2014, PQZ-2017, PQZ-2040, PQZ-2042, PQZ-2047 B, PZ-05, PZ-12 e PZ-12B). O PQZ-2040 foi substituído pelo PQZ-2046 por estar sempre seco. O PQZ-2005 foi substituído pelo PQZ-2043. O PZ-05 e PZ-12B também não apresentam nenhuma leitura. Adicionalmente, os instrumentos PQZ-2004 e PQZ-2014 foram substituídos pelos piezômetros PQZ-2025 e PQZ-2015, respectivamente.

5.4.2.1 Jusante da barragem

Os instrumentos localizados a jusante da barragem Calcinados e da berma de equilíbrio, com seus respectivos monitoramentos, estão apresentados na Figura 5-8. No geral, observa-se que os instrumentos PQZ-2023, PQZ-2024, PQZ-2025, PQZ-2043, PQZ-2065, INA-09, PMS-129 e PZ-07 apresentam níveis de água próximo de 805,5 mNM, com oscilações sazonais cuja amplitude pode variar em até 3 m.

Entre 2018 e início de 2020, os instrumentos PQZ-2050, PQZ-2051 e PQZ-2052 apresentaram níveis de água superiores aos demais instrumentos na área. Posteriormente, eles ficaram até meados de 2021 sem ser monitorados. Ao retomar o monitoramento nesses três pontos, suas leituras passaram a ter cerca de 4,5 m abaixo das leituras observadas até 2020, ficando mais coerente com os níveis de água dos demais instrumentos da área. Essa redução de aproximadamente 4,5 m a partir de meados de 2021, pode indicar um erro sistemático na leitura desses instrumentos antes de 2020 ou alguma influência das obras na berma de equilíbrio instalada no pé da barragem Calcinados, em meados de 2020.

Ainda em relação aos pontos PQZ-2050, PQZ-2051 e PQZ-2052, a carga hidráulica do PQZ-2052, cuja profundidade do poço é de 65.4 m, apresenta-se cerca de 2 m maior que a carga do PQZ-2050 e PQZ-2051, cuja profundidade é 19.6 m e 30.8 m, respectivamente. Essa condição pode ser interpretada como um fluxo ascendente a jusante da barragem Calcinados, uma vez que a carga hidráulica a 65.4 m de profundidade é maior que a carga hidráulica em porções mais próximas à superfície.

O PQZ-2019, com profundidade de 51,5 m, apresenta cargas hidráulicas cerca de 1 a 2 m maiores que os demais instrumentos a jusante da barragem Calcinados, apresentando carga similar ao PQZ-2052.

Por fim, os instrumentos a jusante da barragem Calcinados também estão localizados na margem do reservatório de Cocuruto, e portanto, apresentam níveis similares aos apresentados no item 5.4.1.6.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 88/142

Atualmente, o PQZ-2004 e PQZ-2005 não são monitorados. O PQZ-2005 foi substituído pelo PQZ-2043 e não há informação sobre a desativação do PQZ-2004.

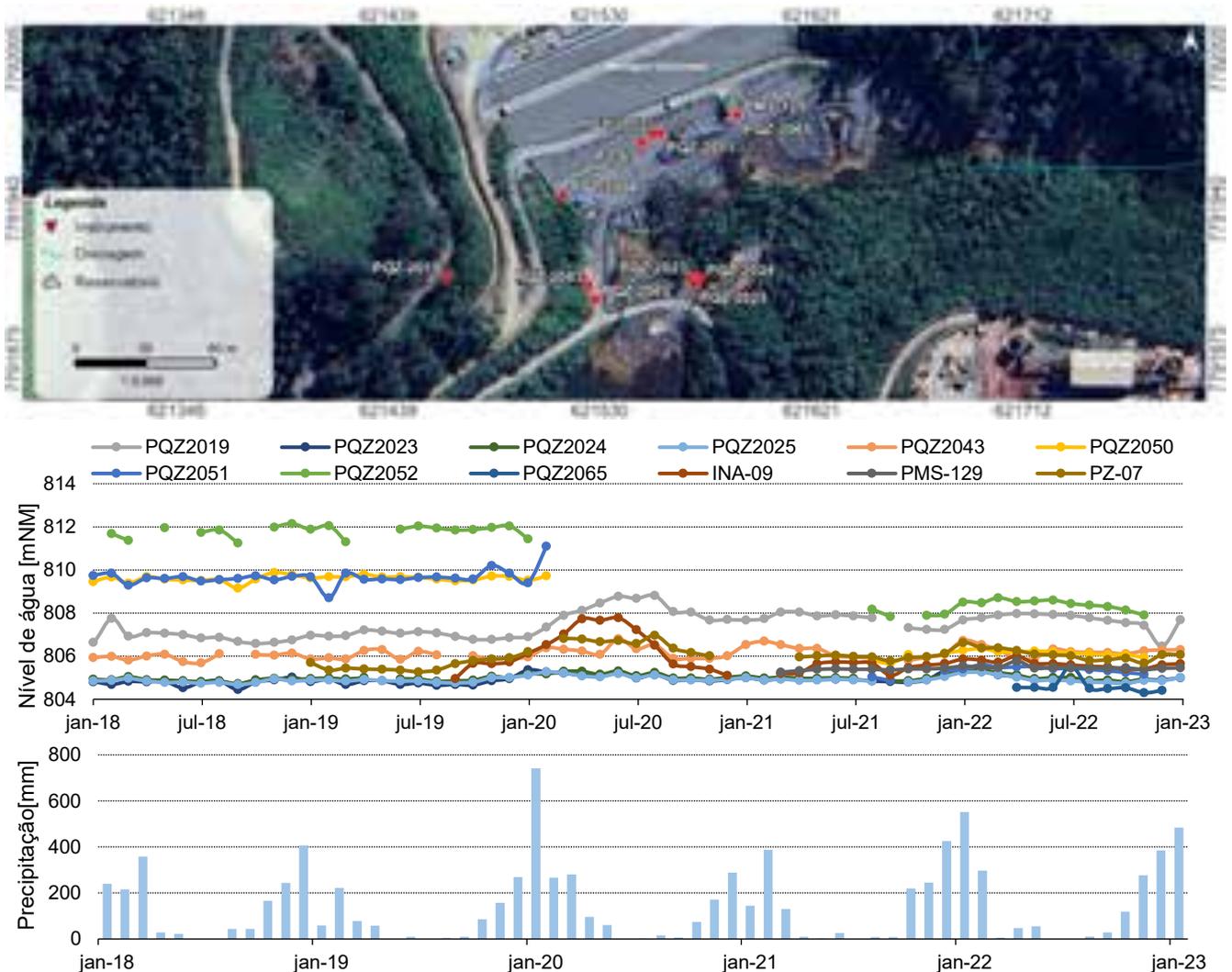


Figura 5-8: Série histórica dos instrumentos localizados a jusante da barragem Calcinaços.

5.4.2.2 Seção longitudinal na berm de equilíbrio na El. 825 mNM

Assim como realizado na barragem Cocuruto, a rede de monitoramento na região do maciço foi avaliada através de seções longitudinais em diferentes elevações da estrutura. Os instrumentos PZ-13, PZ-09, PZ-09B, INA-08, INA-08B e PZ-17 – instalados na berm de equilíbrio – apresentam cargas hidráulicas relativamente constantes, próximo aos níveis 806 mNM e 808 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 89/142

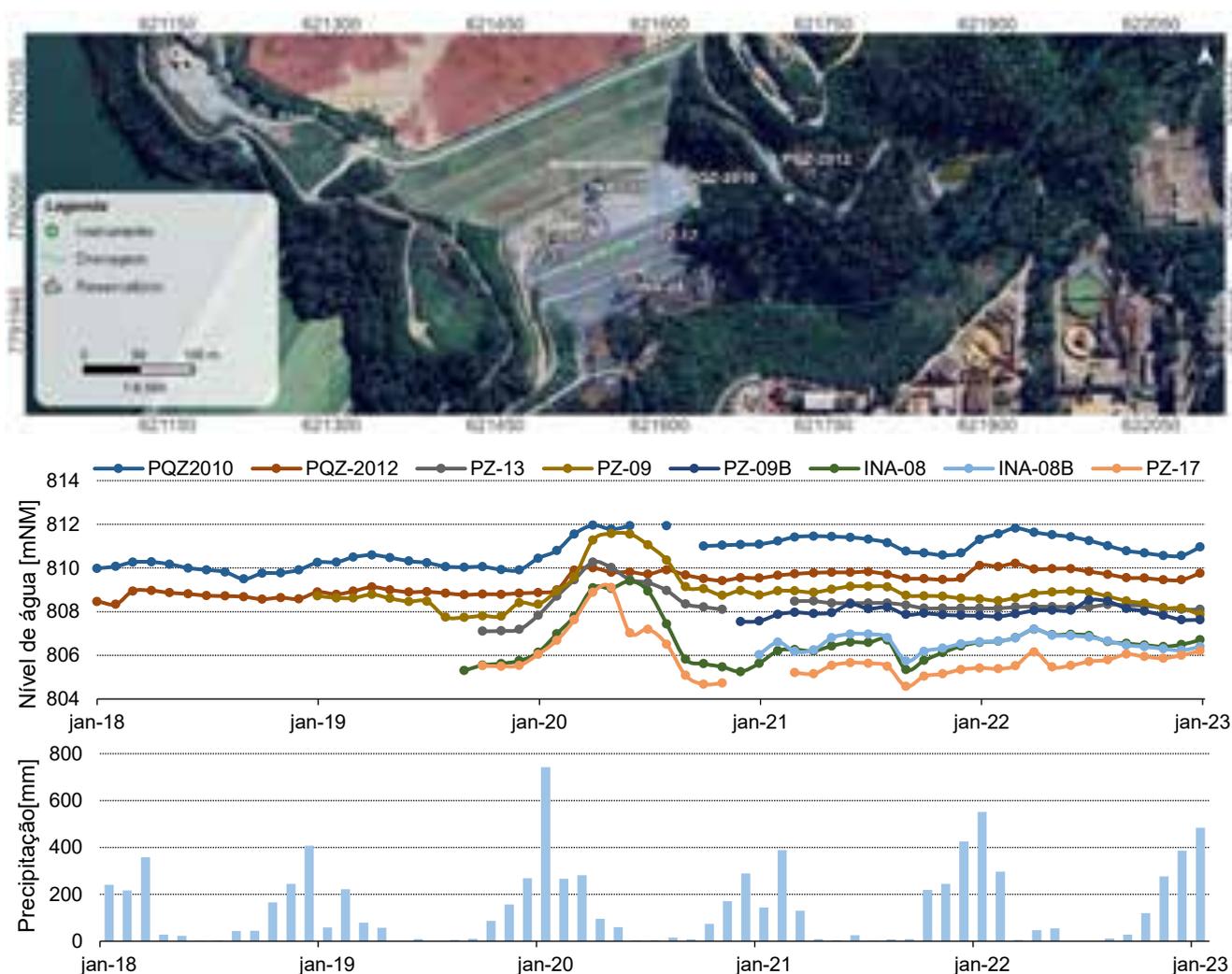


Figura 5-9: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na berma de equilíbrio na EI. 825 mNM.

Os pontos localizados na porção central da estrutural (PZ-09, PZ-09B, INA-08 e INA-08B) apresentam uma visível recuperação de nível de água no primeiro semestre de 2020. Possivelmente, isso pode estar relacionado às elevadas precipitações que ocorreram em janeiro de 2020 e em função dos drenos de fundo dispostos em ‘espinha-de-peixe’ que possibilitam o fluxo percolado nas ombreiras e pelo maciço sejam conduzidos à seção central da barragem (ver item 3.2.1). A partir de meados de 2020, os níveis nesses instrumentos retornam aos valores anteriores ao período chuvoso. Sugere-se que essas recuperações observadas em 2020 também possam estar relacionadas às obras da berma de equilíbrio.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 90/142

Em relação aos instrumentos PQZ-2010 e PQZ-2012, localizados na ombreira esquerda da estrutura, apresentam as maiores cargas hidráulicas da seção, atualmente com níveis superiores a 809 mNM.

5.4.2.3 Seção longitudinal na berma de equilíbrio na El. 830 mNM

Os instrumentos instalados na seção longitudinal na El. 830 mNM apresentam cargas entre 810 mNM e 816 mNM. O PZ-08, PZ-08N, PZ-12 e PZ-16 apresentam visível recuperação de nível de água no primeiro semestre de 2020. Possivelmente, esta recuperação também esteja relacionada às elevadas precipitações que ocorreram em janeiro de 2020 e em função dos drenos de fundo dispostos em ‘espinha-de-peixe’. A partir de meados de 2020, apresentaram suave tendência de redução nos níveis de água. Sugere-se que as recuperações observadas também podem estar relacionadas às obras da berma de equilíbrio.

Desde meados de 2020, o PZ-12 não está em operação. Possivelmente, este instrumento foi desativado durante a construção da berma de equilíbrio.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 91/142

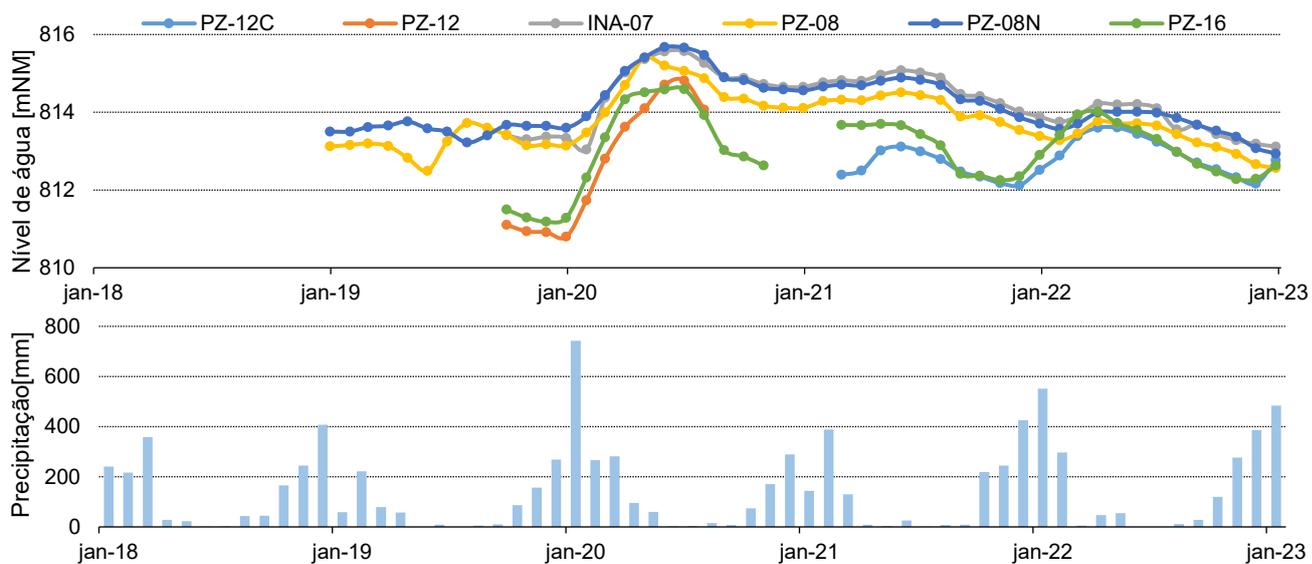


Figura 5-10: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na berma de equilíbrio na El. 830 mNM.

5.4.2.4 Seção longitudinal do maciço na El. 835 mNM

Os instrumentos instalados na seção longitudinal na El. 835 mNM apresentam cargas entre 812 mNM e 820 mNM. Todos os pontos nessa seção apresentam visível recuperação de nível de água no primeiro semestre de 2020. Possivelmente, também esteja relacionada às elevadas precipitações que ocorreram em janeiro de 2020 e em função dos drenos de fundo dispostos em 'espinha-de-peixe'.

Neste conjunto de instrumentos, é possível observar uma sazonalidade com amplitude de no máximo 3 m. Além disso, nota-se uma suave tendência de rebaixamento a partir de meados de 2020 no INA-06 e PZ-06.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 92/142

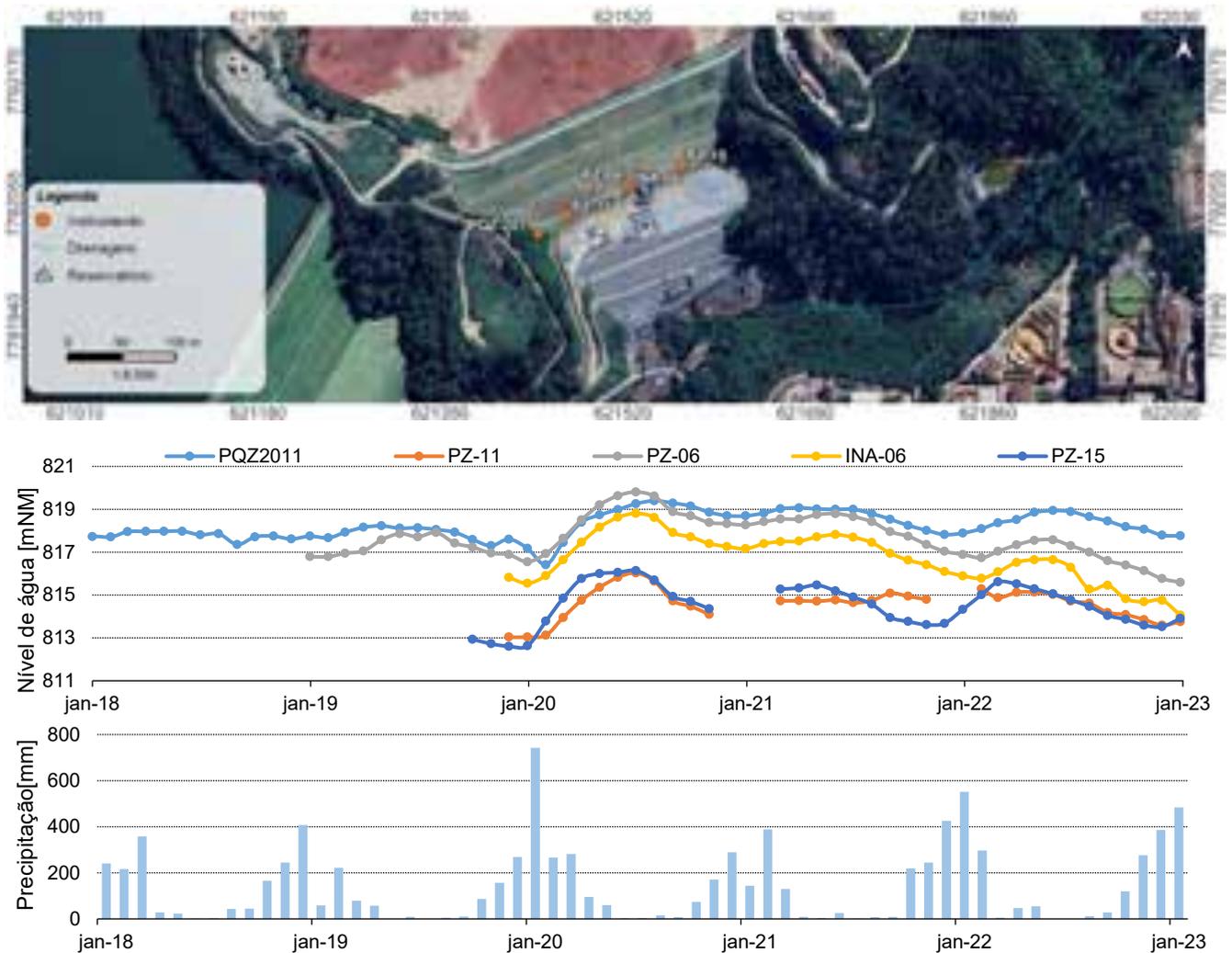


Figura 5-11: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na El. 835 mNM.

5.4.2.5 Seção longitudinal do maciço na El. 845 mNM

Quatro instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 845 mNM apresentam monitoramento entre 2018 e 2023 (PZ-05, PZ-05N e PQZ-2007). Entre esses instrumentos, o PZ-05 monitoram o aterro/rejeito *underflow* e os demais estão na fundação. O INA-03 encontra-se discriminado como um instrumento com leituras secas.

Os piezômetros PZ-05N e PQZ-2007 apresentam visível recuperação de cargas hidráulicas no primeiro semestre de 2020. Possivelmente, a recuperação nesses pontos está relacionada às elevadas precipitações que ocorreram em janeiro de 2020 e em função dos drenos de fundo dispostos em 'espinha-

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 93/142

de-peixe'. O PZ-05 apresenta comportamento similar ao PZ-05N, este ponto esteve obstruído entre meados de 2019 e 2020, e a partir de meados de 2021, não estando apresentando leituras durante esses períodos.

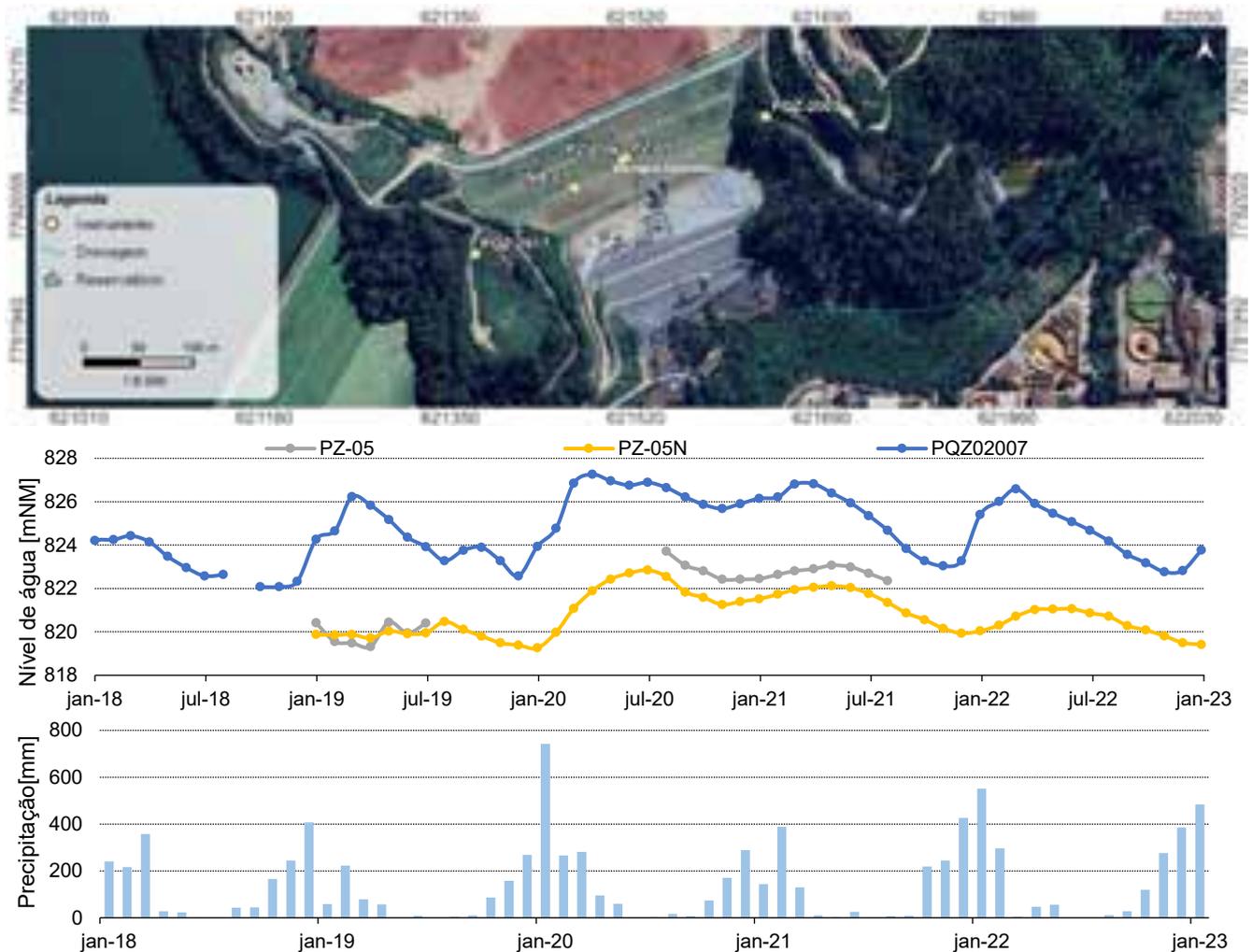


Figura 5-12: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na El. 845 mNM.

O PQZ-2007 também apresenta uma recuperação no primeiro semestre de 2022 que pode estar associado elevadas precipitações que ocorreram no período chuvoso do ano hidrológico 2021/2022.

O PQZ-2017 está desativado e não apresenta monitoramento durante o período avaliado.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 94/142

5.4.2.6 Seção longitudinal do maciço na El. 855 mNM

Quanto aos instrumentos localizados na El 855 mNM, há pontos monitorando a fundação (PZ-10, PZ-14 e PQZ-2006), rejeito *underflow* (PZ-04 e PZ-04N) e o aterro/rejeito *underflow* (INA-02 e INA-05). O PQZ-2006, localizado na ombreira esquerda, apresenta as maiores cargas hidráulicas, cerca de 834 mNM, com oscilação sazonal de em torno de 4 m. O INA-02 é o instrumento mais raso, apresentando profundidade de 21,6 m. Este instrumento não apresenta leituras de nível de água (leitura seca).

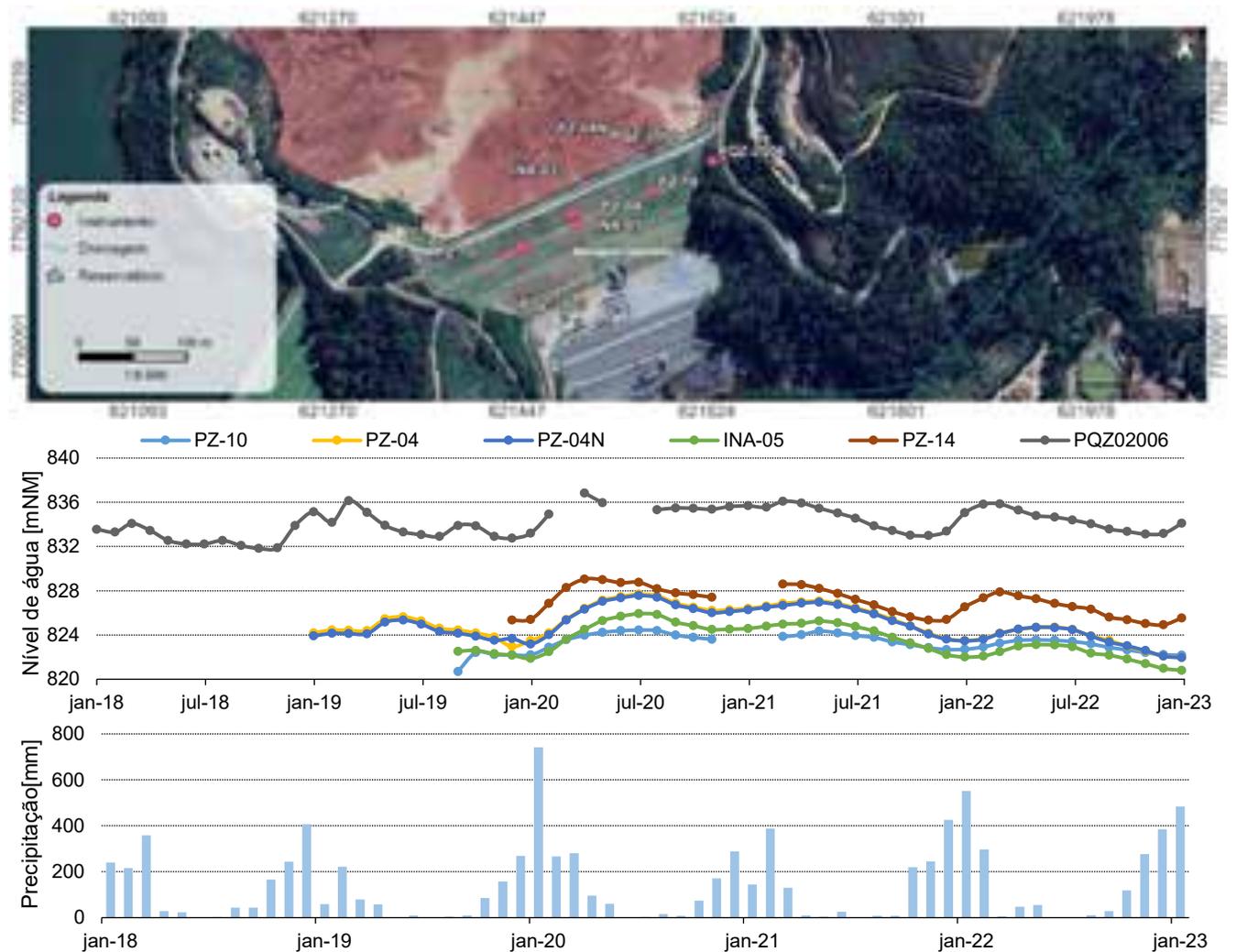


Figura 5-13: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na El. 855 mNM.

De forma geral, todos os pontos apresentam recuperação no nível de água em meados de 2020. Além disso, o PQZ-2006 e PZ-14 apresentam visível recuperação em meados de 2022. Possivelmente, essas

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 95/142

recuperações nos níveis de água estão associadas às elevadas precipitações que ocorreram nos respectivos períodos chuvosos.

Os instrumentos PQZ-2001 e PQZ-2003 não apresentam monitoramento durante o período avaliado.

5.4.2.7 Seção longitudinal na crista do maciço

Entre os instrumentos localizados na seção longitudinal da crista da barragem, o PQZ-2064 apresenta as maiores cargas hidráulicas (cerca de 849,5 mNM) e não apresenta qualquer sazonalidade. O PZ-02A monitora o rejeito *underflow* da barragem e apresenta níveis constantes, sem influência da recarga.

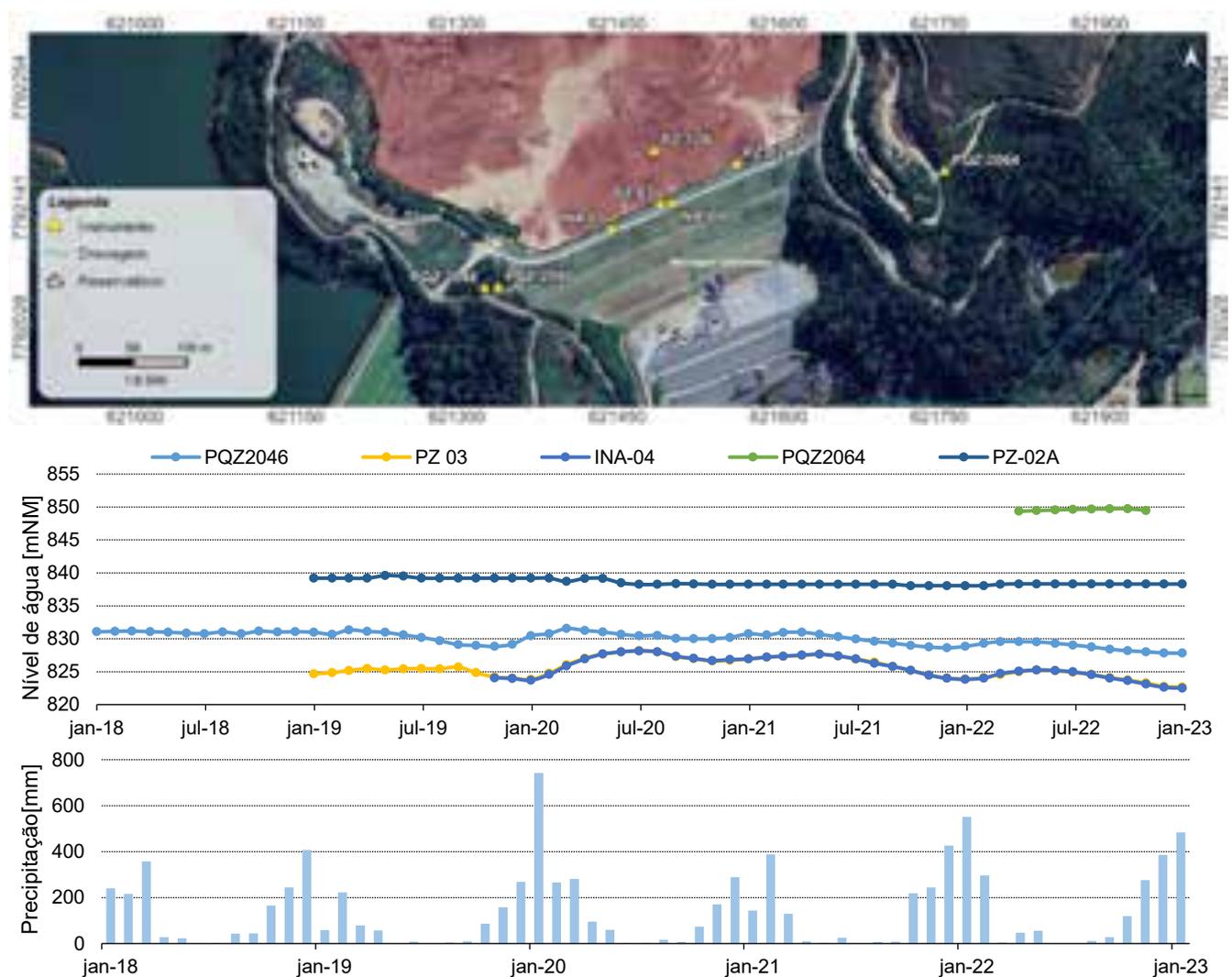


Figura 5-14: Série histórica dos instrumentos localizados na crista do maciço.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 96/142

O INA-01 é um instrumento com leituras secas. Os instrumentos PZ-03 e INA-04, localizados na porção central da crista, apresentam mesmo comportamento, com uma suave recuperação em meados de 2020, e tendência de rebaixamento a partir de 2021. O PQZ-2046, localizado na ombreira direita, apresenta suave tendência de rebaixamento entre 2018 e 2023.

Os instrumentos PQZ-2040 e PZ-12B não apresentam monitorado durante o período avaliado. O poço PQZ-2040 foi substituído pelo PQZ-2046, e o PZ12B – localizado no rejeito – foi retirado de operação.

5.4.2.8 Margem do reservatório

Os instrumentos localizados na margem esquerda do reservatório da barragem Calcinados são PQZ-2002, PQZ-2042, PQZ-2054 e PQZ-2059, e os pontos PQZ-2041, PZ-18, PQZ-2014 e PQZ-2016, localizados na margem direita.

Nota-se uma diferença de cargas hidráulicas nos instrumentos localizados na margem, próximo ao maciço, em relação aos demais instrumentos localizados no entorno do reservatório. O PQZ-2041 apresenta suave tendência de rebaixamento entre 2018 (853 mNM) e 2023 (850 mNM), com oscilações sazonais de até 5 m. Os pontos PQZ-2002 e PQZ-2054 apresenta cargas oscilando em torno do nível 850 mNM, com variações de mais ou menos 4 m. Atualmente, PQZ-2041, PQZ-2002 e PQZ-2045 estão monitorando cargas hidráulicas em níveis semelhantes.

O PQZ-2016 – localizado na margem esquerda, próximo ao Dique de Balsa – apresenta cargas variando entre 856 mNM e 858 mNM. O PZ-18, localizado no Dique de Sela, apresenta cargas em torno de 855 mNM, com oscilações sazonais e amplitudes de até 3 m. O PQZ-2016 apresenta suave tendência de recuperação, com cargas variando de 854,5 mNM, em 2018, para 856,5 mNM, em 2022. O PQZ-2014 teve seu monitoramento finalizado em março de 2018, com cargas próximo de 856 mNM. O PQZ-2042 não apresenta monitoramento no período avaliado.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 97/142

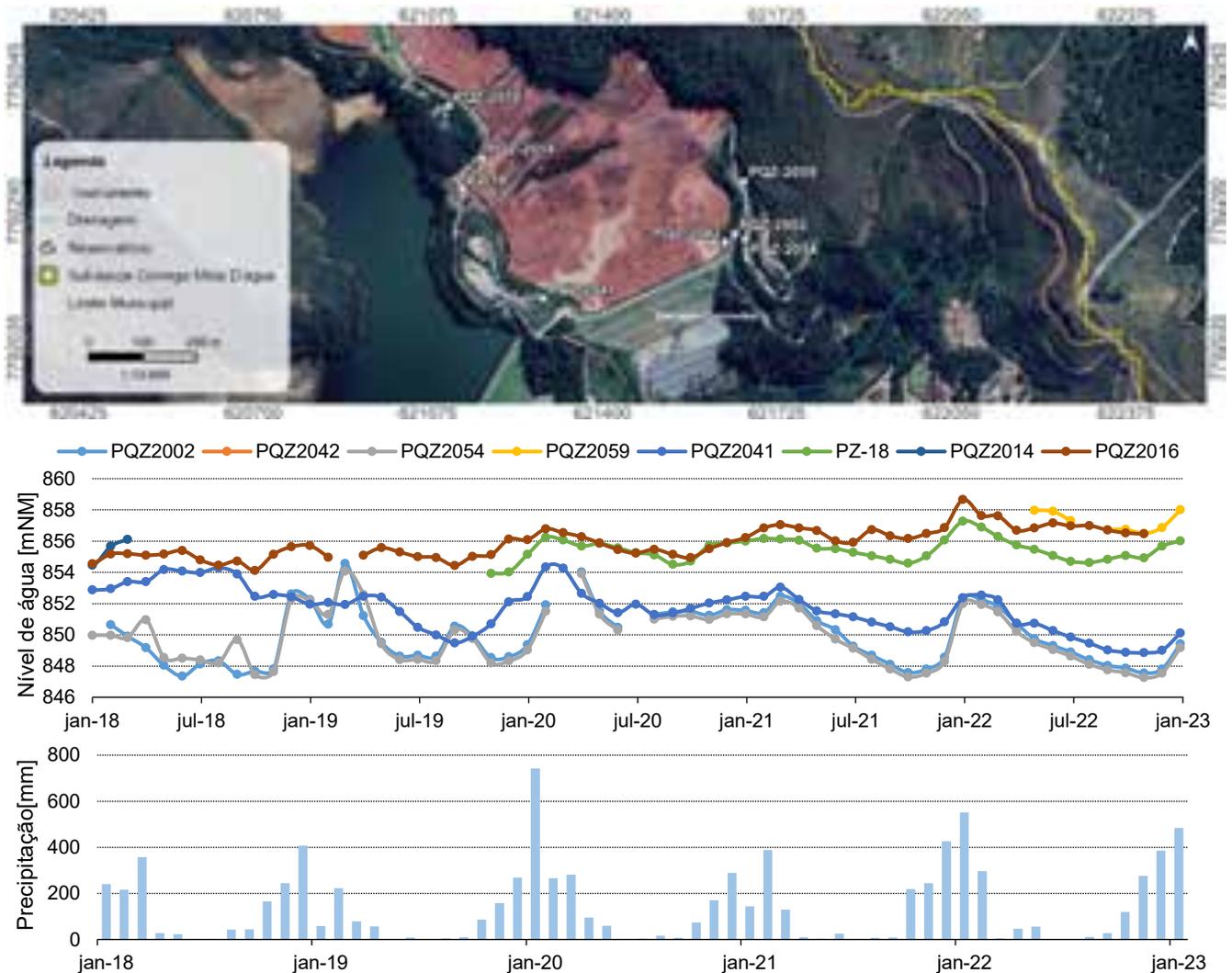


Figura 5-15: Série histórica dos instrumentos localizados na margem do reservatório.

5.4.2.9 Montante do reservatório

Em relação aos instrumentos localizados a montante do reservatório de Calcinados, nota-se que o PQZ-2020 e PQZ-2049 apresentam uma recuperação nos níveis de água no primeiro semestre de 2020 (de 855 mNM para 857 mNM) e início de 2022 (de 857 mNM para 859 mNM). Essas recuperações no nível de água podem estar relacionada às elevadas precipitações que ocorreram na área ou, até mesmo, à deposição de rejeito na barragem. Posteriormente, a partir de agosto de 2022, o nível de água nesse pontos rebaixa até o nível 855 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 98/142

O PQZ-2047 apresenta suave tendência de recuperação entre 2018 (857,5 mNM) e 2023 (857,6 mNM). O PQZ-2061 e PQZ-2063 apresentam uma curta série histórica, com carga hidráulica em cerca de 862 mNM. O PQZ-2062 é o instrumento topograficamente mais elevado da área, e apresenta carga hidráulica próximo de 883,5 mNM.



Figura 5-16: Série histórica dos instrumentos localizados a montante do reservatório.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 99/142

5.4.3 Barragem Rapaunha

Na região da barragem Rapaunha, foram compilados um total de 52 instrumentos instalados no maciço, rejeito, ombreiras, margem do reservatório e a jusante da estrutura. Atualmente, 7 instrumentos estão inativos na área (PQZ-2013 B, PQZ-2021, PQZ-2022, PQZ-2037, PQZ-2038, PZ-03OD e PZ-03OE). Durante o período avaliado há apenas um registro de leitura na margem direita do reservatório. Os pontos PQZ-2037, PQZ-2038 foram vandalizados.

5.4.3.1 Jusante da barragem

Os instrumentos localizados a jusante da barragem Rapaunha apresentam níveis relativamente constantes durante o período avaliado. Atualmente, os instrumentos PQZ-2018, PQZ-2053 e PZ-08A apresentam cargas hidráulicas entre 806 mNM e 807 mNM. Níveis similares aos observados pelos instrumentos apresentados no 5.4.1.6

O PQZ-2026, localizado na margem esquerda à jusante da barragem Rapaunha, apresenta carga hidráulica próximo de 812 mNM. Níveis cerca de 5 m acima dos demais instrumentos à jusante da barragem.

O PZ-03OE não apresenta monitoramento durante o período avaliado.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 100/142

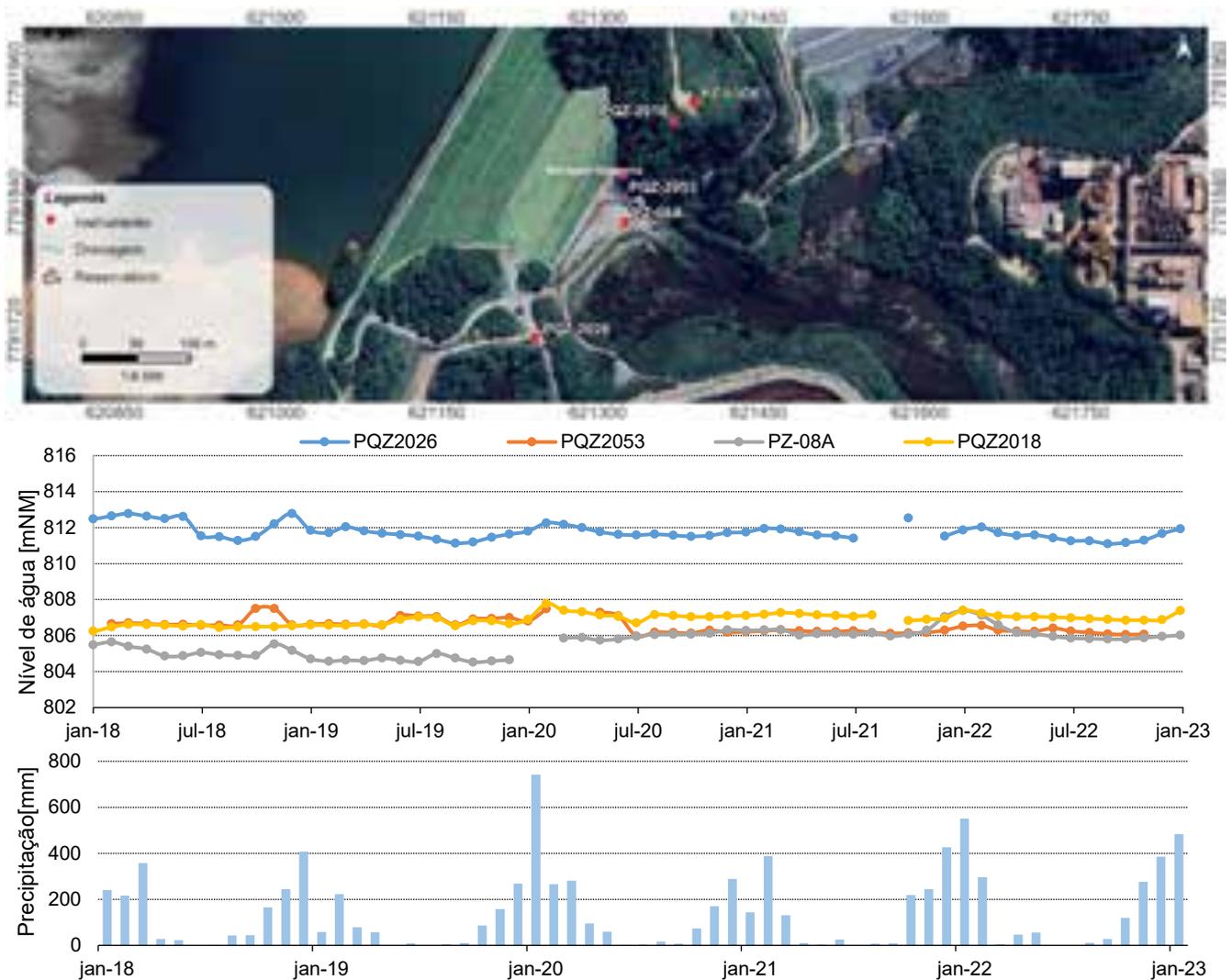


Figura 5-17: Série histórica dos instrumentos localizados à jusante da barragem.

5.4.3.2 Seção longitudinal sobre berma de material excedente do aterro H1 na El. 816 mNM

Assim como realizado nas barragens Cocuruto e Calcinados, a rede de monitoramento na região do maciço foi avaliada através de seções longitudinais em diferentes elevações da estrutura. Os instrumentos localizados na seção longitudinal sobre a berma de material excedente do aterro H1, na El. 816 mNM, apresentam níveis relativamente constantes durante o período avaliado. Os instrumentos instalados na estrutura, apresentam carga entre as El. 806 mNM e 808 mNM. Os pontos localizados nas ombreiras (PZ-02OE e PZ-02OD) apresentam as maiores cargas hidráulicas, 808,5 mNM e 810 mNM, respectivamente.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 101/142

O PZ-03OD não apresenta monitoramento durante o período avaliado. O monitoramento existente nos instrumentos permite dizer que existe uma correlação entre os registros de carga hidráulica com a sazonalidade da área avaliada.

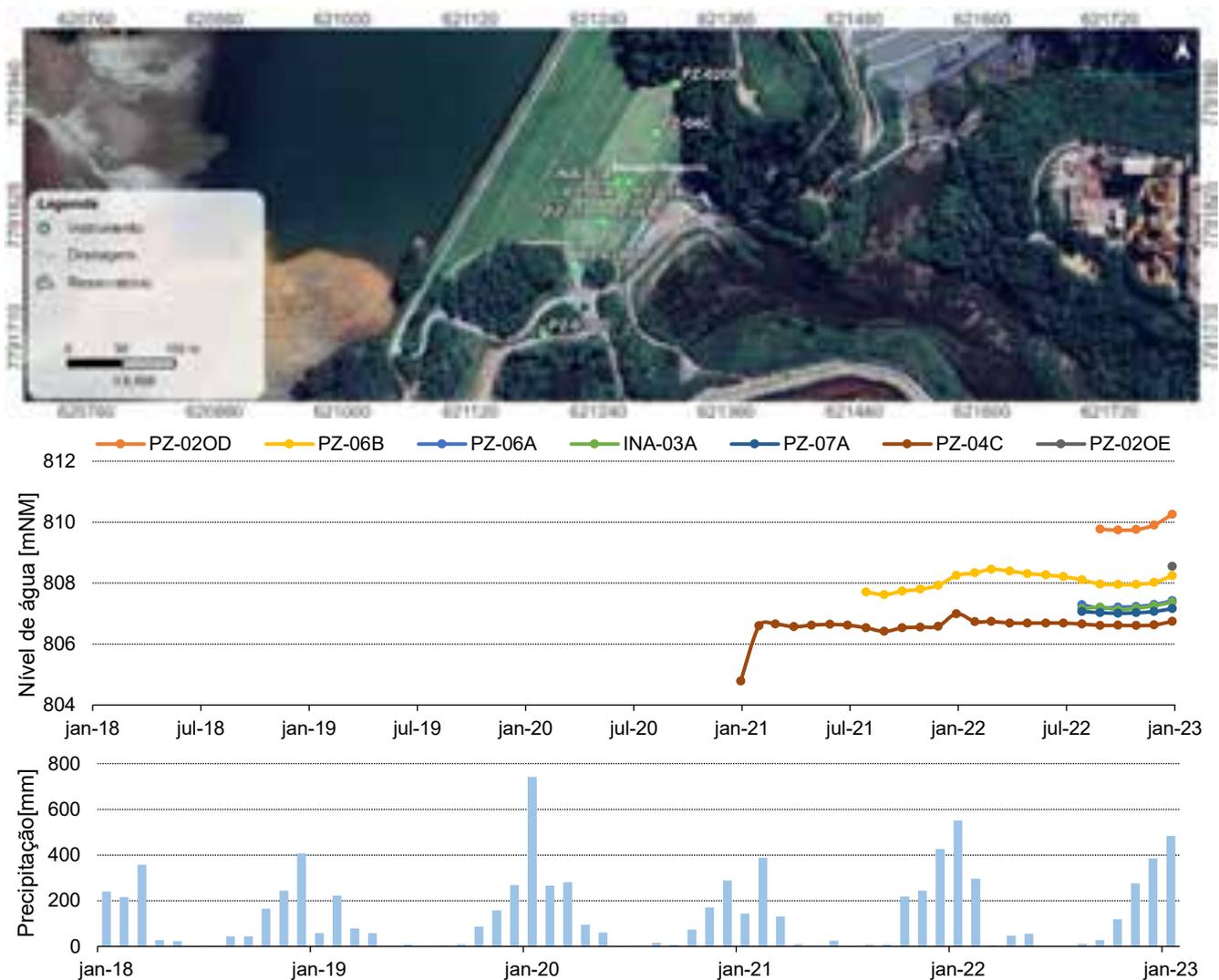


Figura 5-18: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal sobre berma de material excedente do aterro H1 na El. 816 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 102/142

5.4.3.3 Seção longitudinal do maciço na El. 822 mNM

Os instrumentos localizados nessa seção apresentam níveis constantes durante o período avaliado, com sazonalidades inferiores a 1 m. Com exceção do PZ-05A, que monitora o sistema de drenagem, os demais instrumentos monitoram a fundação da estrutura.

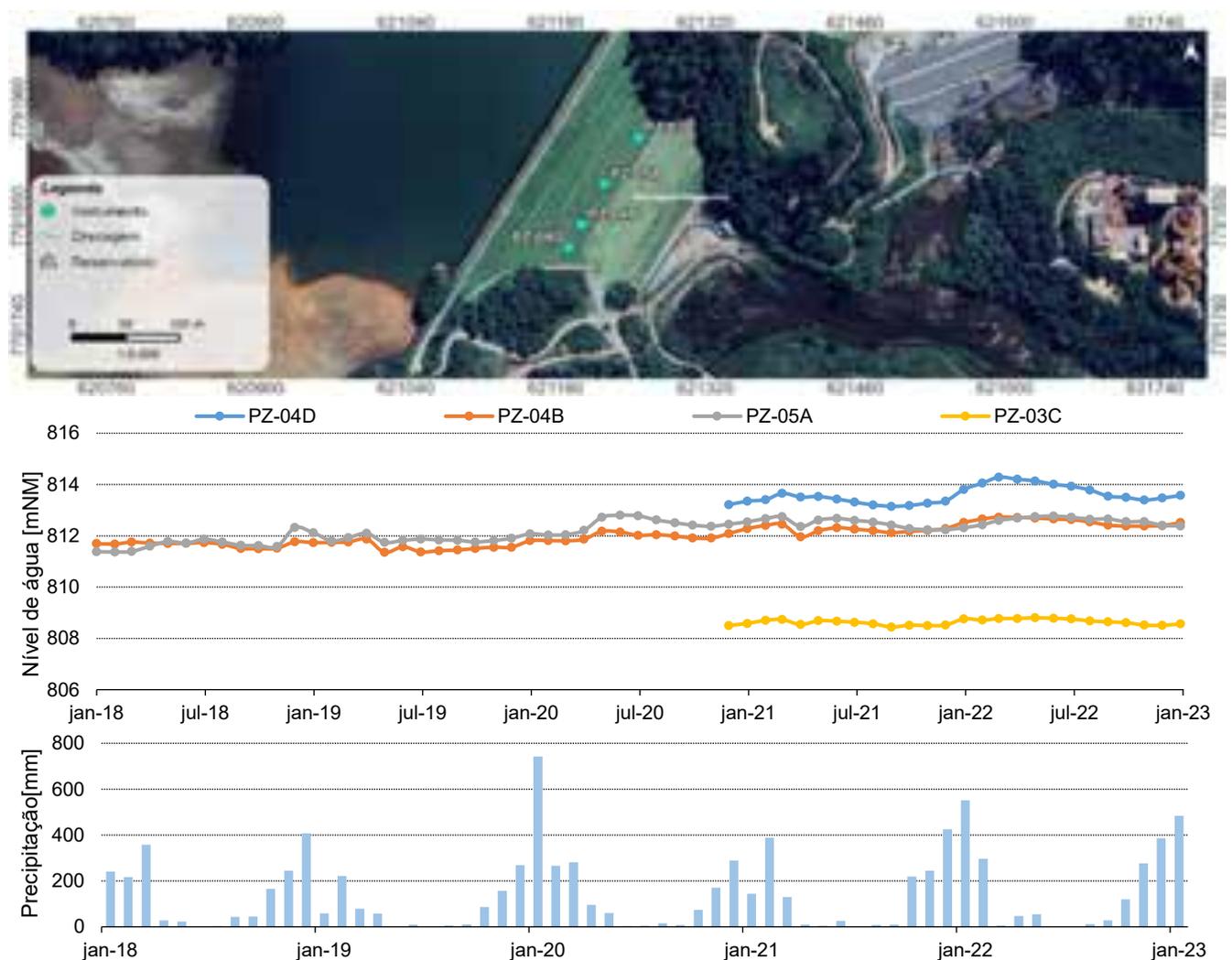


Figura 5-19: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal no maciço na El. 822 mNM.

O PZ-03C – localizado na porção esquerda do maciço – apresenta as menores cargas hidráulicas (808,5 mNM) e o PZ-04D – localizado na porção direita da estrutura – apresenta as maiores cargas (813,5 m). Os pontos PZ-04B e PZ-05A apresentam leituras similares, com níveis próximos de 812 mNM.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 103/142

5.4.3.4 Seção longitudinal do maciço na El. 832 mNM

Em relação aos instrumentos localizados na seção longitudinal de El. 822 mNM, o PZ-02C, PZ-03B e PZ-03D monitoram cargas hidráulicas na fundação da estrutura. O PZ-04A monitora a carga no aterro, e o INA-02A monitora o nível de água médio do aterro, dreno e fundação. Todos os instrumentos localizados nessa seção apresentam níveis relativamente estáveis, com pouca sazonalidade.

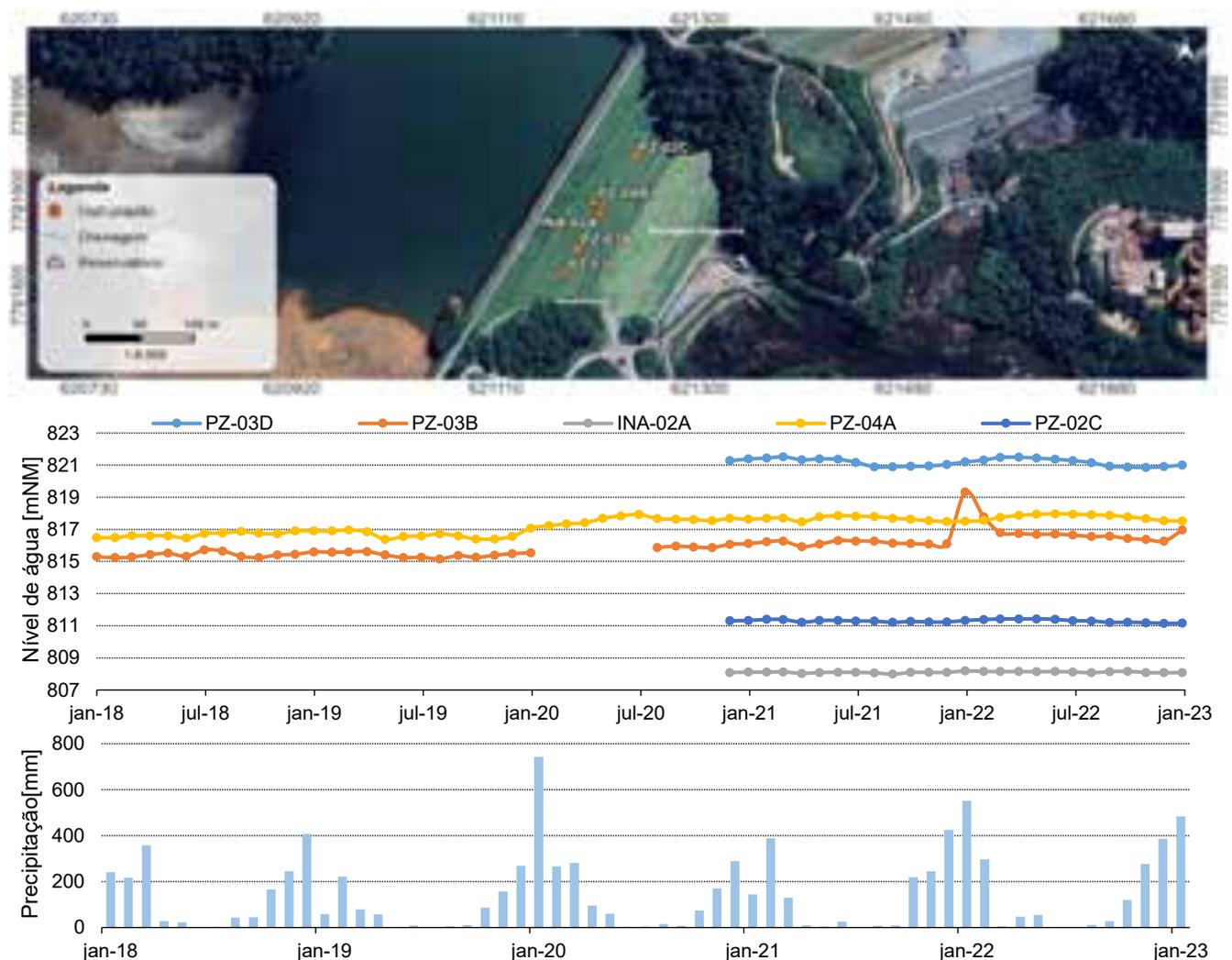


Figura 5-20: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal no maciço na El. 832 mNM.

As maiores cargas são observadas no PZ-03D (cerca de 821 mNM), localizado na porção direita da estrutura. O PZ-03B e PZ-04A são os instrumentos com maiores séries históricas, e apresentam suave

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 104/142

recuperação, atualmente monitoram carga em 817 mNM. O PZ-02C, localizado na porção esquerda da estrutura, apresenta as menores cargas entre os piezômetros da seção, com níveis próximo de 811 mNM. O INA-02A monitora um nível de água médio do aterro, dreno e fundação, seu valor é próximo de 808 mNM.

5.4.3.5 Seção longitudinal do maciço na El. 842 mNM

Entre os instrumentos localizados na seção de El. 842 mNM, o PZ-01OD, localizado na ombreira direita da estrutura, apresenta as maiores cargas hidráulicas (845 mNM). O PZ-02D e INA-01D, localizados na porção direita da estrutura, apresentam níveis próximos de 822 mNM.

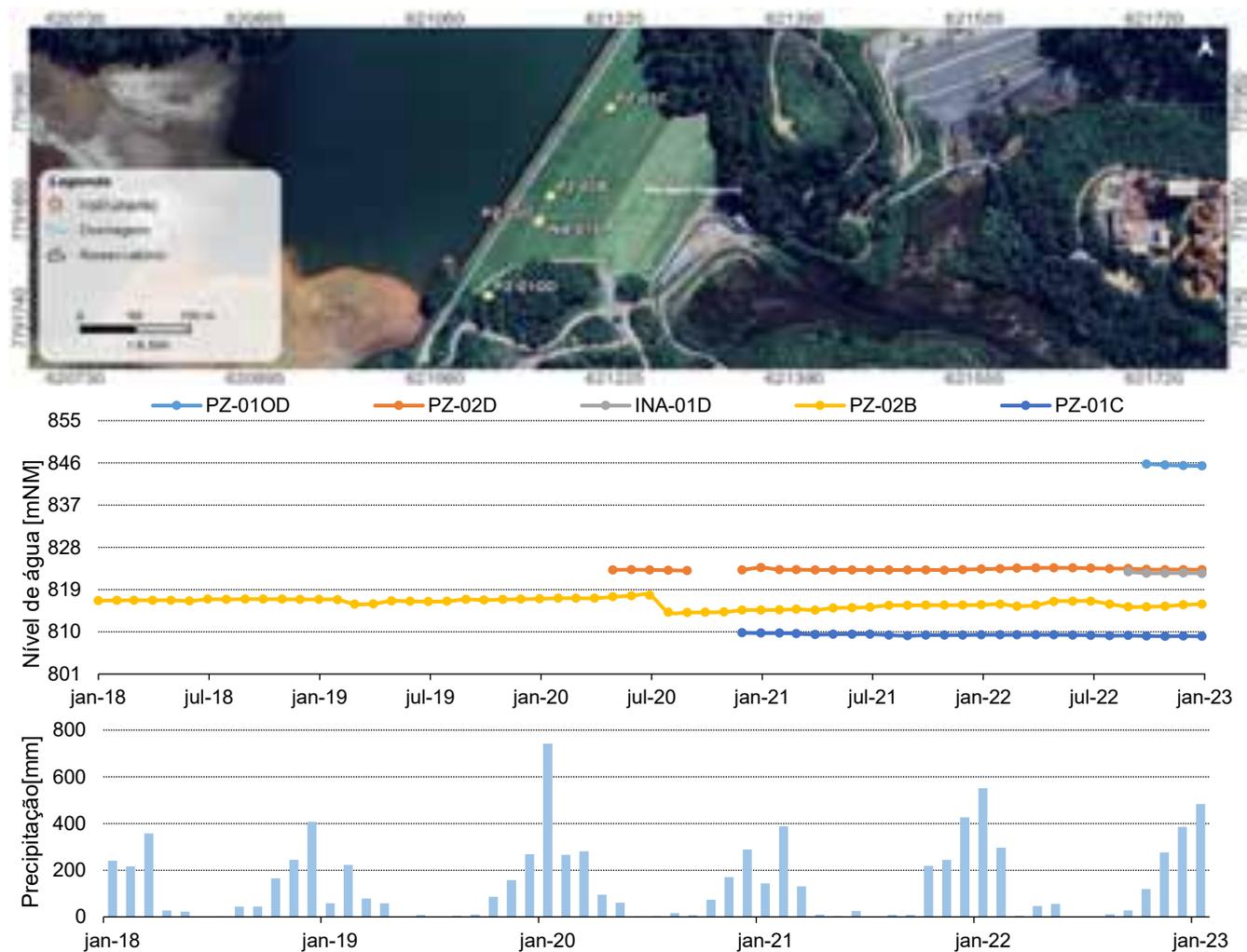


Figura 5-21: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal no maciço na El. 842 mNM.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 105/142

Em relação ao PZ-02B, também localizado na porção direita do maciço, sua carga hidráulica é inferior ao PZ-02D e INA-01D. Entre 2018 e 2020, suas leituras indicavam cargas próximas de 817,5 mNM. Em meados de 2020, sua carga rebaixou para 814 mNM, e atualmente está próxima de 816 mNM.

O ponto PZ-01C, localizado na porção esquerda da estrutura, apresenta as menores cargas hidráulicas da seção (cerca de 810 mNM).

5.4.3.6 Seção longitudinal na crista do maciço

Uma vez que o filtro vertical está alinhado à crista da barragem, além de que há filtro que se encontra inclinado 45° para a jusante do maciço, essa porção pode apresentar as maiores variações de carga hidráulica, dependendo da posição, tipo de instrumento (INA ou PZ) e tipo de litologia/material monitorado.

Com o nível de água no reservatório próximo de 852,5 mNM, as maiores cargas hidráulicas monitoradas na seção da crista é referente ao PZ-01OE (845 mNM), localizado na margem esquerda da estrutura.

O PZ-01B é o ponto com maior carga hidráulica instalado sobre a estrutura, com nível próximo de 822 mNM. O PZ-01D e PZ-03A apresentam cargas similares, com nível próximo de 820 mNM. Os instrumentos PZ-01A e INA-01A monitoram, respectivamente, o aterro e o aterro/dreno. Seus níveis são similares, próximos de 817,5 mNM.

O PZ-02A é o instrumento mais profundo da seção (61,4 m) e o que apresenta a menor carga hidráulica (809 mNM).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 106/142

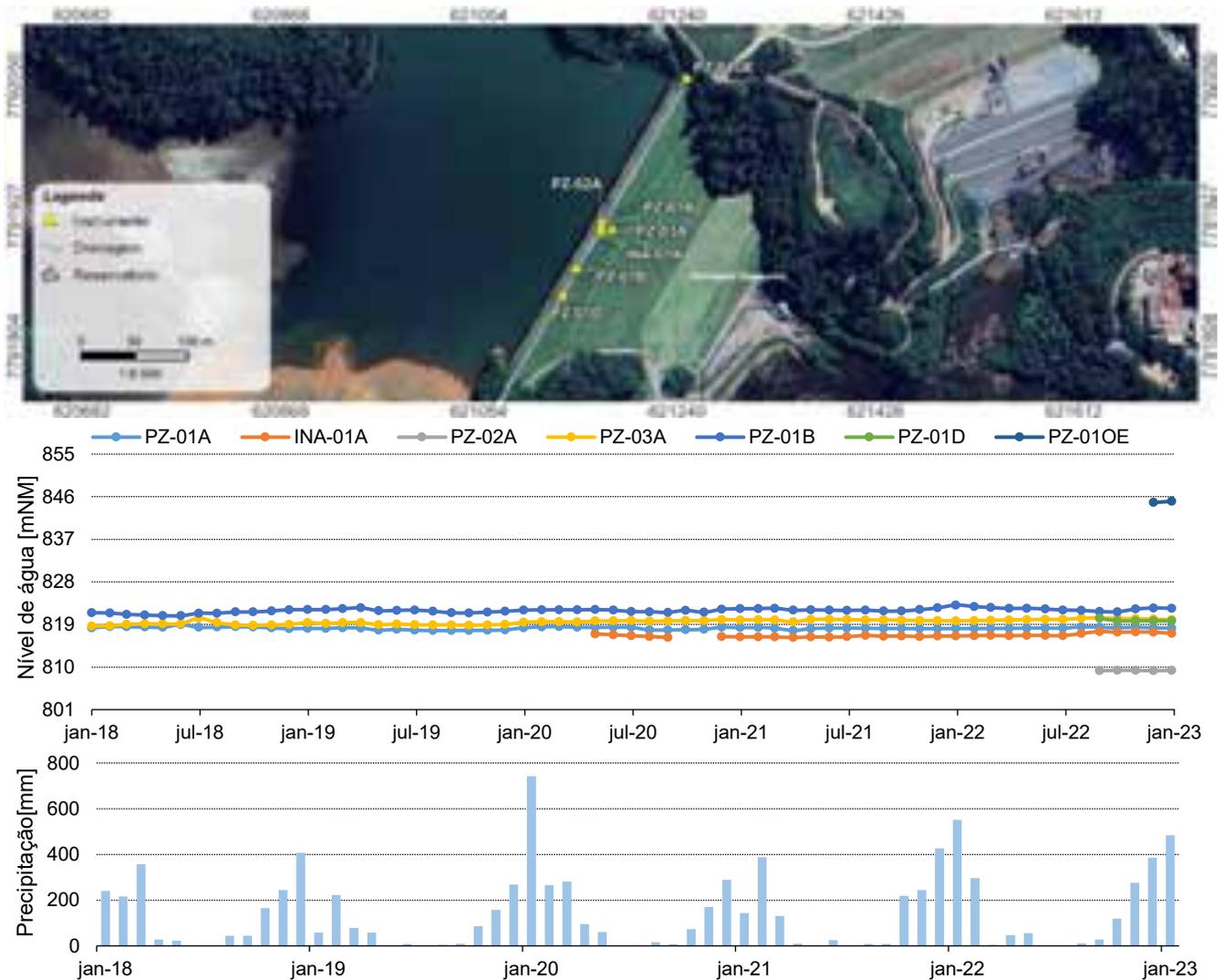


Figura 5-22: Série histórica dos instrumentos localizados na seção longitudinal na crista do maciço.

5.4.3.7 Margem do reservatório

Em relação aos instrumentos localizados na margem do reservatório, o PQZ-2021, PQZ-2022, PQZ-2037, PQZ-2038 e PQZ-2070 não apresentam leituras entre 2018 e 2023. Tem-se uma única leitura do PQZ-2071 que indica cargas hidráulicas da ordem de 860nNM. Nesse contexto, tem-se pouca informação recente sobre o monitoramento na margem direita do reservatório de Rapauha.

As maiores cargas hidráulicas observadas na região são referentes ao PQZ-2060, instalado à montante do reservatório. Este instrumento apresenta tendência de rebaixamento ao longo do ano de 2022, atualmente

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 107/142

estando no nível 877 mNM. O PQZ-2048 e PQZ-2013, também localizados à montante do reservatório, apresenta tendência de recuperação entre janeiro de 2018 (857 mNM) e março de 2021 (863 mNM). Posteriormente, seus níveis passaram a apresentar suave tendência de rebaixamento, atualmente estando próximo de 860 mNM.

Em relação aos demais instrumentos – localizados entre os reservatórios de Rapaunha e Calcinaos – as cargas hidráulicas monitoradas estão entre 853 mNM e 857 mNM. As menores cargas são observadas nos instrumentos próximos aos barramentos (PQZ-2067, PQZ-2027 e PQZ2039) e as maiores cargas estão localizadas próximo ao dique de sela (PQZ-2039, PQZ-2066 e PZ-19).

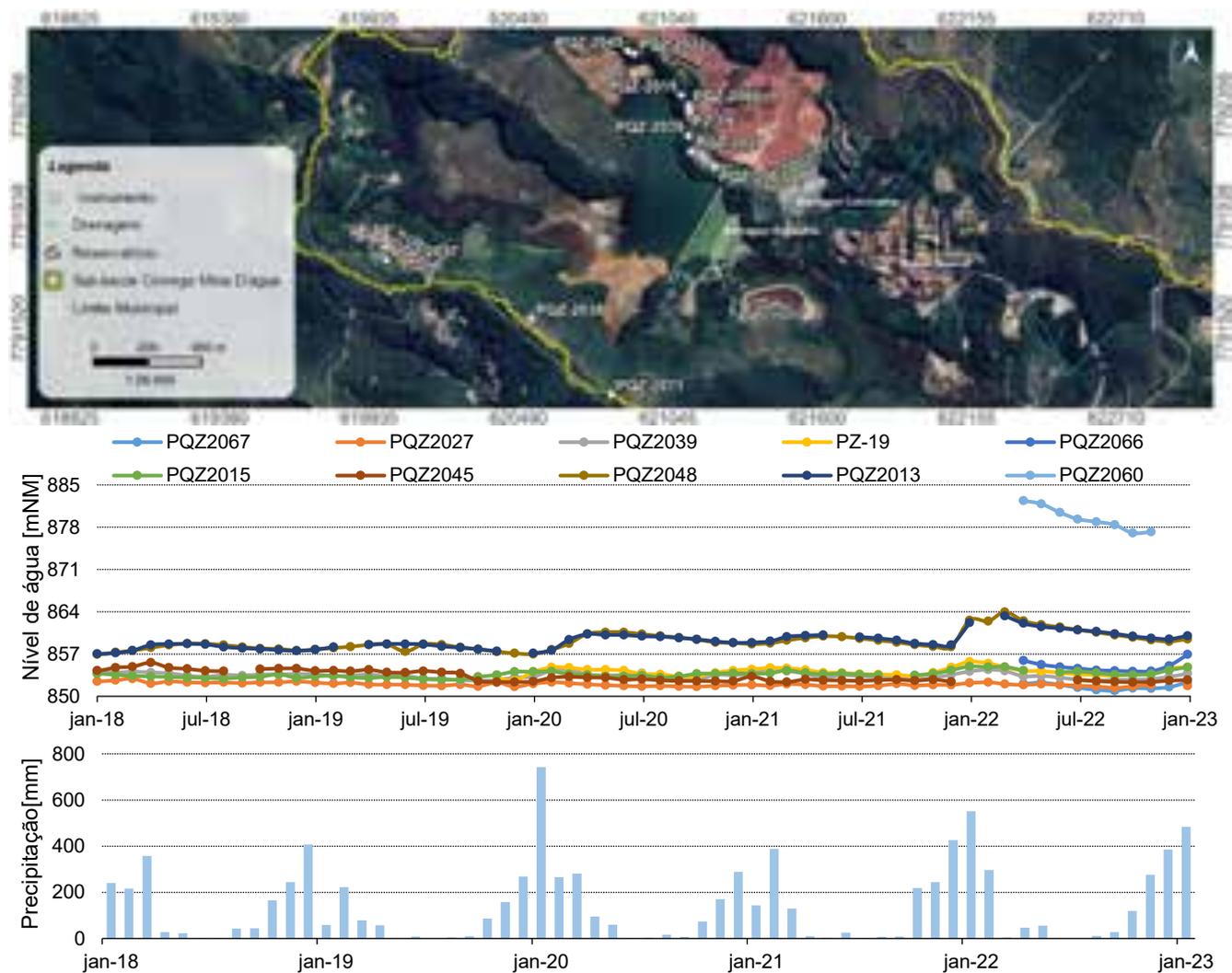


Figura 5-23: Série histórica dos instrumentos localizados na margem do reservatório.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 108/142

O PQZ-2045 apresenta uma suave tendência de rebaixamento durante o período avaliado. Atualmente, a carga hidráulica do ponto é similar ao nível de água do reservatório (852,5 mNM).

5.4.4 Demais áreas da bacia hidrográfica da Mina D'Água

Os demais instrumentos localizados na área de estudo são PQZ-2031, PQZ-2032, PQZ-2033, PQZ-2034 e PQZ-2036. Durante o período avaliado, foram monitorados apenas o PQZ-2031 – localizado no trevo de acesso à planta Queiroz – e o PQZ-2034 – próximo da mina Espírito Santo. O PQZ-2021 apresenta carga hidráulica próxima de 733,5 mNM, enquanto o PQZ-2034 apresenta carga próxima de 850 mNM.

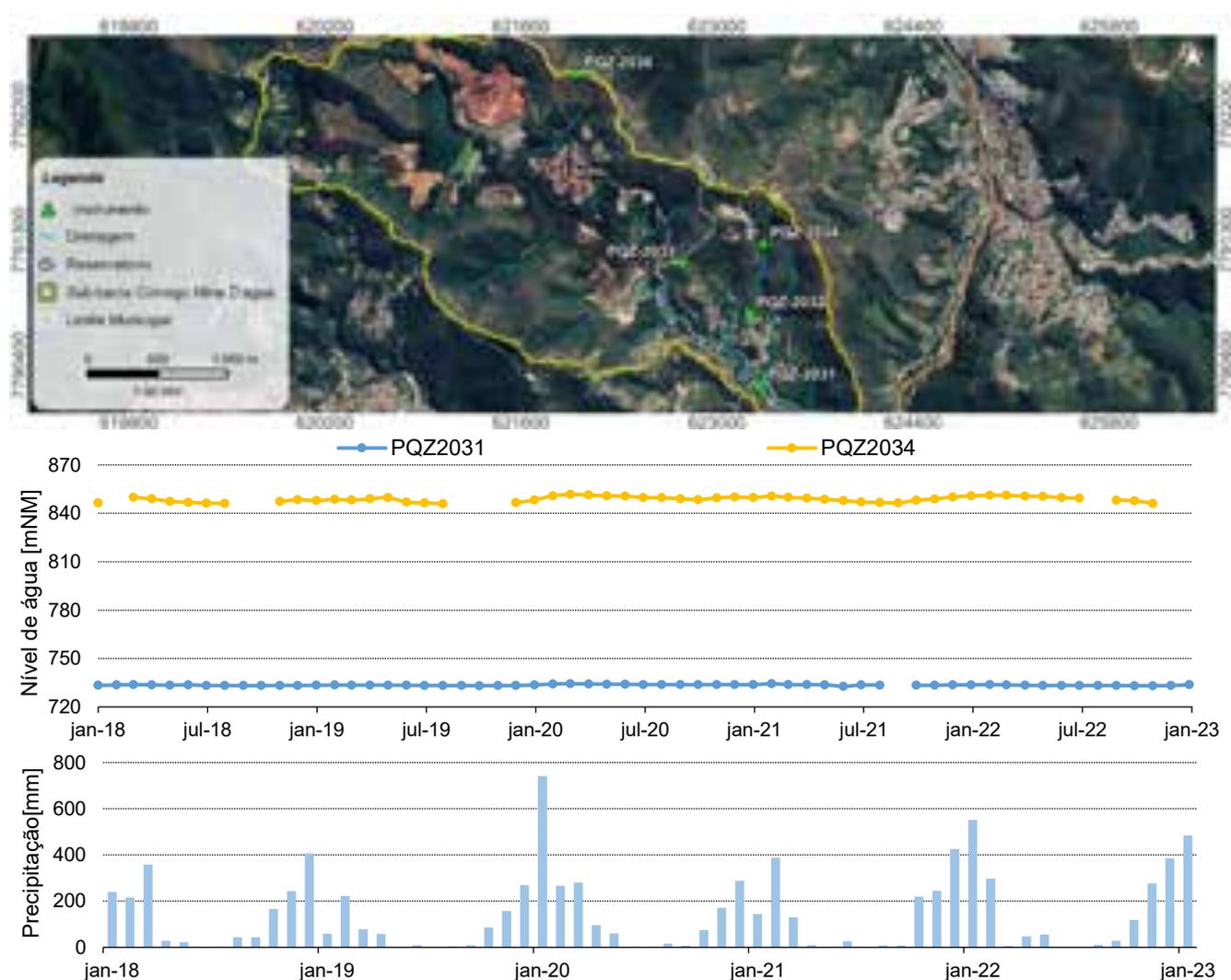


Figura 5-24: Série histórica dos instrumentos nas demais áreas da bacia hidrográfica.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 109/142

5.5 BOMBEAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA

No capítulo 4.3, descreveu-se o sistema de rebaixamento do nível de água subterrânea projetado nas ombreiras da Barragem Cocoruto para aumentar os níveis de segurança da estrutura. Com o objetivo de realizar uma análise que projete as áreas influenciadas pela ativação dos poços, serão apresentados os limites dos cones de rebaixamento gerados no primeiro, segundo, quarto e quinto mês do bombeamento, conforme mostrado na Figura 5-25. É importante mencionar que o gráfico foi construído com base nas leituras registradas pelos instrumentos mais próximos dos poços de bombeamento.

Na Figura 5-25, pode-se observar que os maiores níveis de rebaixamento ocorrem na ombreira esquerda (poço 02). O cone de rebaixamento nessa área pode ser maior do que o definido na ombreira esquerda, devido à vazão ser o dobro. Portanto, isso permite que a sazonalidade da área de estudo não influencie significativamente nos primeiros três meses de rebaixamento (período chuvoso). No entanto, no quinto mês de rebaixamento avaliado, as entradas de água provenientes da precipitação são refletidas nas atividades de bombeamento, devido à recuperação do sistema.

Por fim, pode-se entender que a vazão de bombeamento tem um impacto significativo nos valores de rebaixamento. No entanto, de acordo com as leituras monitoradas, ambas as vazões não são suficientes para permitir a redução do nível d'água ou mantê-lo durante os períodos chuvosos.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 110/142

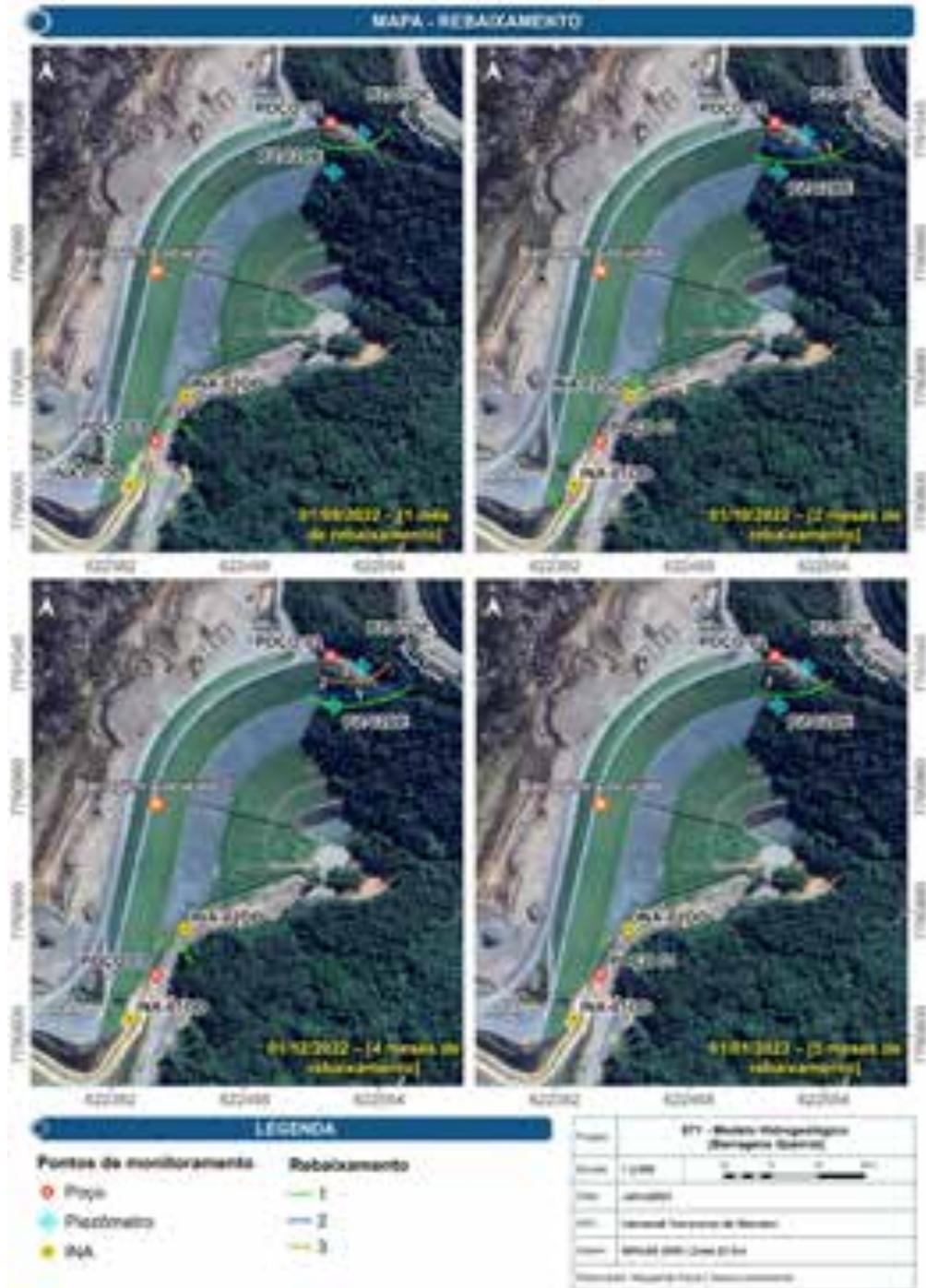


Figura 5-25: Mapas das zonas de rebaixamento localizados nas ombreiras da Barragem Cocoruto.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 111/142

5.6 POTENCIOMETRIA

A análise potenciométrica será avaliada tanto para a bacia hidrográfica da Mina D'Água, quanto localmente para cada barragem. As curvas equipotenciais são utilizadas para inferir as direções de fluxo de água subterrânea. Em um contexto de barragens – onde existe elementos condicionadores de fluxo horizontal e vertical, como filtros verticais e inclinados, e tapete drenante – é importante que a análise potenciométrica seja avaliada de forma tridimensional, tanto em planta quanto em seções.

A interpretação potenciométrica levou em consideração os limites hidrogeológicos, materias que compõem a estrutura das barragens, imagens de satélite, estudos geofísicos na área das barragens (Fugro, 2022a; Fugro, 2022b; Fugro, 2022c), talvegues de cursos de água, bem como nascentes e piezômetros. Para a análise potenciométrica, especialmente na região das barragens, não serão incluídos os indicadores de níveis de água (INA), uma vez que este tipo de instrumento pode monitorar mais de uma litologia/material, e, portanto, seu nível de água pode representar uma carga hidráulica média dos materiais interceptados.

A potenciométrica conceitual apresentada na Figura 5-26 é referente à condição média do período seco de 2022. Esse momento foi definido a partir da melhor distribuição espacial e temporal da rede de monitoramento na área das barragens Cocuruto, Calcinados e Rapaunha.

Em linhas gerais, o fluxo subterrâneo na bacia se dá preferencialmente dos divisores topográficos aos cursos de água. A principal direção de fluxo ocorre em NW-SE. Na região das barragens, destaca-se os elevados gradientes hidráulicos provocados pelos maciços atuando como barreiras hidráulicas.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 112/142

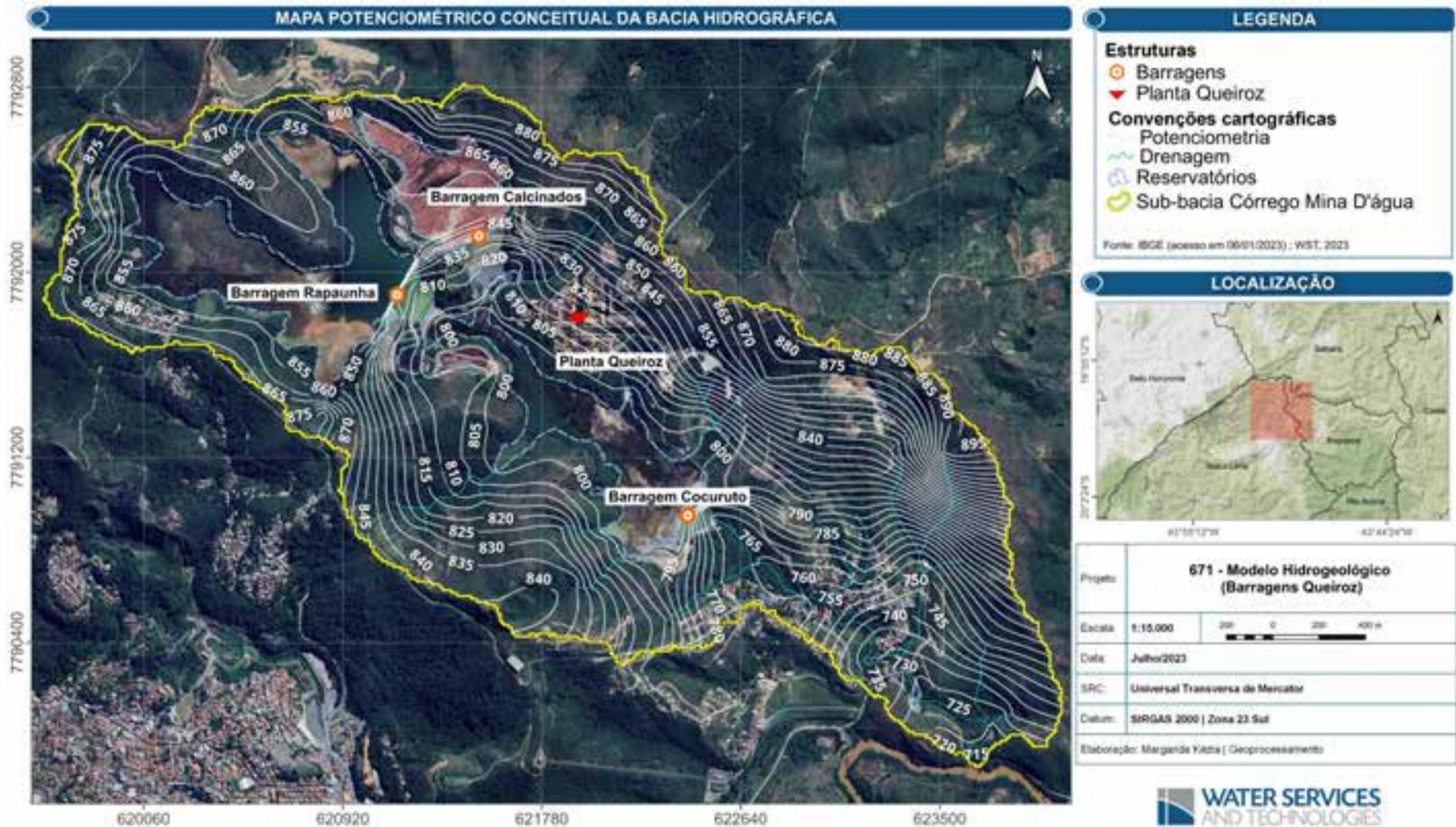


Figura 5-26: Superfície freática da área de estudo referente ao período seco de 2022.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 113/142

5.6.1 Barragem Cocuruto

A superfície potenciométrica da região da barragem Cocuruto – apresentado na Figura 5-27 – foi balizada a partir dos dados de nível do reservatório, dos instrumentos e dos talwegues nos cursos de água a jusante da estrutura.

A superfície freática conceitual indica direções de fluxo do reservatório para o maciço. É possível observar também que o rebaixamento no nível de água ocorre de forma mais acentuada na porção esquerda da estrutura em relação a porção direita. Esta condição pode estar associada a geometria da fundação e a eficiência do sistema de drenagem interno da barragem. A Figura 5-28 e Figura 5-29 apresentam seções perpendiculares à barragem Cocuruto na porção esquerda e direita da estrutura, respectivamente. A partir das seções, verifica-se na fundação uma maior espessura de solo residual na porção direita da estrutura, proporcionando uma condição mais favorável ao fluxo subterrâneo.



 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 114/142

Figura 5-27: Superfície freática na região da barragem Cocuruto.

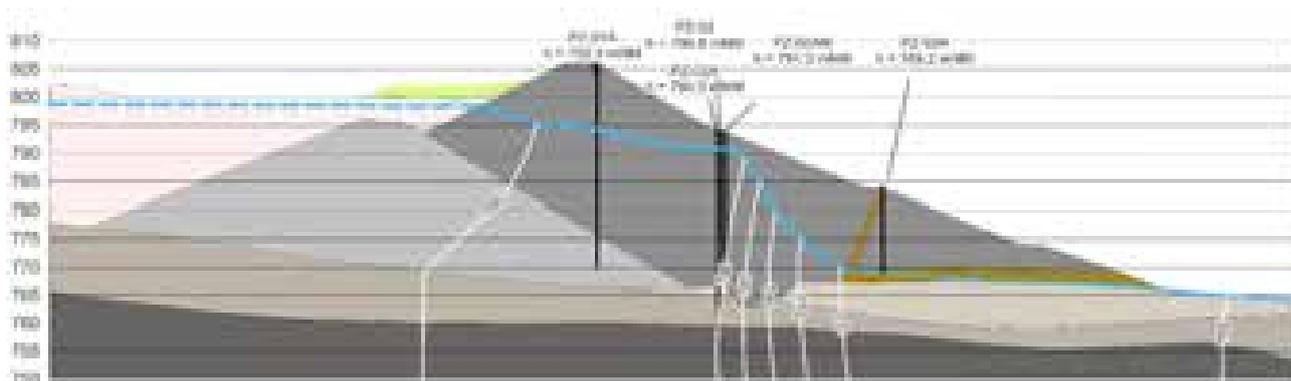


Figura 5-28: Nível de água conceitual na seção A-A localizada na porção esquerda da barragem Cocuruto. Fonte: Seção A-A adaptado de TELLUS (2023a).

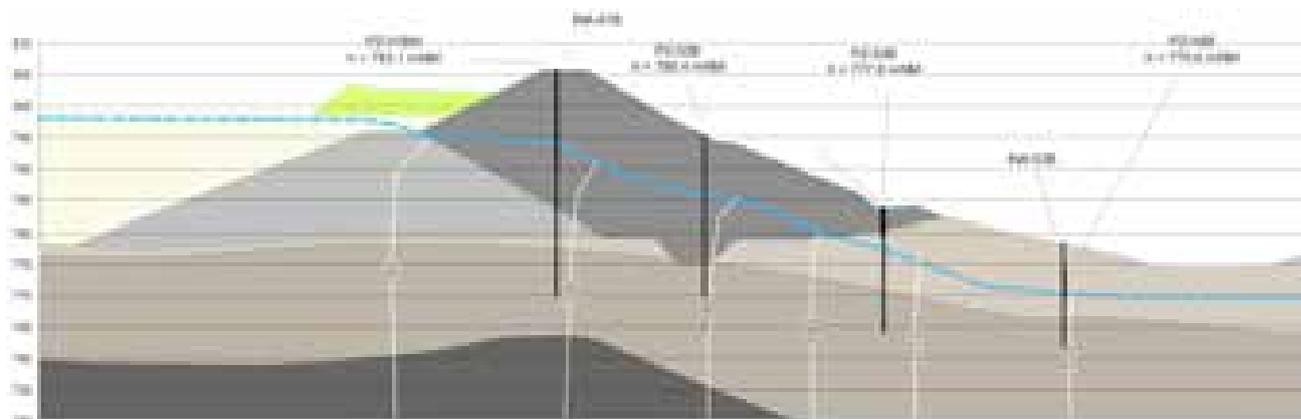


Figura 5-29: Nível de água conceitual na seção B-B localizada na porção direita da barragem Cocuruto. Fonte: Seção B-B adaptado de TELLUS (2023a).

5.6.2 Barragem Calcinados

A superfície potenciométrica da região da barragem Calcinados – apresentado na Figura 5-30 – foi balizada a partir dos dados de níveis dos reservatórios, dos instrumentos e dos talvegues nos cursos de água.

A partir da interpretação da superfície potenciométrica, verifica-se que na região próxima ao maciço, o sentido de fluxo da água subterrânea é NW-SE. Na margem esquerda do reservatório, a montante do dique de balsa, as direções de fluxo subterrâneo é NE-SW.

 ANGLOGOLD ASHANT	 WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES	RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 115/142

A Figura 5-32 apresenta a seção perpendicular à barragem Calcinados localizada na porção central da estrutura. Como é observado, não foi inferido do nível d'água no rejeito do reservatório, uma vez que as informações de monitoramento do nível d'água foram coletadas na porção mais a montante da margem esquerda da Barragem Calcinados (Lago 1 e 2). Não há evidências de que o nível d'água seja mesmo no rejeito localizado no talude do montante da estrutura, pois esse nível pode variar espacialmente. De acordo com as linhas equipotenciais interpretadas a partir dos piezômetros localizados nas proximidades da seção avaliada, existe uma perda de carga hidráulica de 15 metros no rejeito *underflow*. Por outro lado, no dique de pé é apresentado apenas uma variação da carga hidráulica em torno de 5 metros.



Figura 5-30: Superfície freática na região da barragem Calcinados.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 116/142

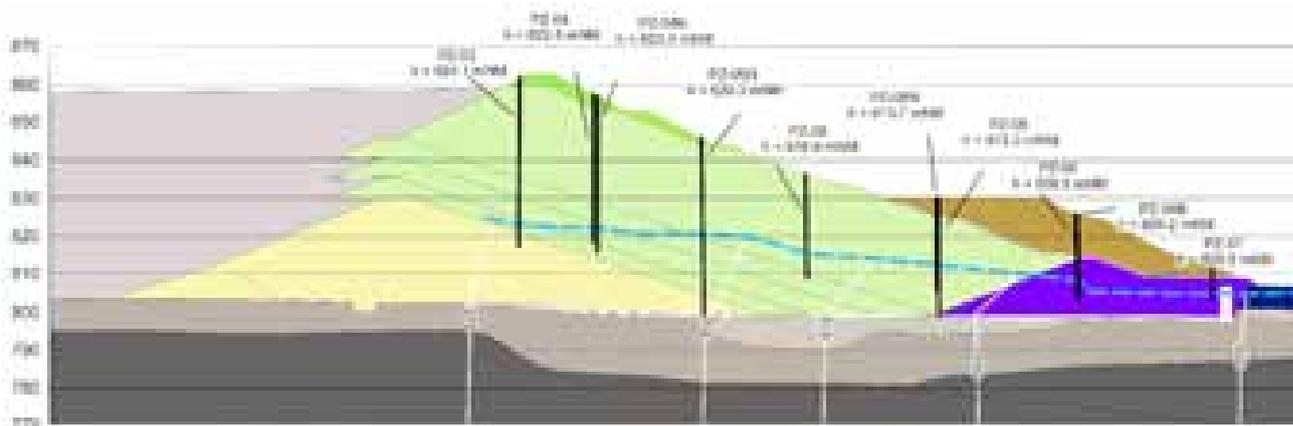


Figura 5-31: Nível de água conceitual na seção A-A localizada na porção central da barragem Calcinaados. Fonte: Seção A-A adaptado de TELLUS (2023b).

5.6.3 Barragem Rapaunha

A superfície potenciométrica da região da barragem Rapaunha – apresentado na Figura 5-32 – foi balizada a partir dos dados de nível de água do reservatório, dos instrumentos presentes na estrutura, ombreiras e margem do reservatório. Essa superfície representa as direções de fluxo horizontais na região.

A partir da interpretação potenciométrica em planta, verifica-se que as direções de fluxo horizontal ocorrem do reservatório para o maciço, com um elevado gradiente hidráulico na crista da barragem. Essas variações elevadas de carga hidráulica são condicionadas pelos filtros instalados na estrutura. Além disso, na região das ombreiras, o fluxo subterrâneo tende a ocorrer em direção ao maciço, principalmente próximo à crista da barragem.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 117/142



Figura 5-32: Superfície freática na região da barragem Rapaunha.

No contexto da barragem Rapaunha, existem condicionadores de fluxo vertical que dificultam a visualização da potenciometria em planta. Tanto o filtro vertical, quanto o trecho do filtro que se encontra inclinado 45° para a jusante do maciço, condicionam o fluxo vertical no interior do barramento. Visualmente, esse tipo de distribuição potenciométrica é mais bem compreendida por seções verticais. A Figura 5-33, Figura 5-34 e Figura 5-35 apresentam seções perpendiculares à barragem Rapaunha na porção central, esquerda e direita da estrutura, respectivamente. As seções potenciométricas conceituais ilustram a eficiência dos filtros como condicionadores de fluxo subterrâneo, rebaixando o nível de água no interior da estrutura.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 118/142

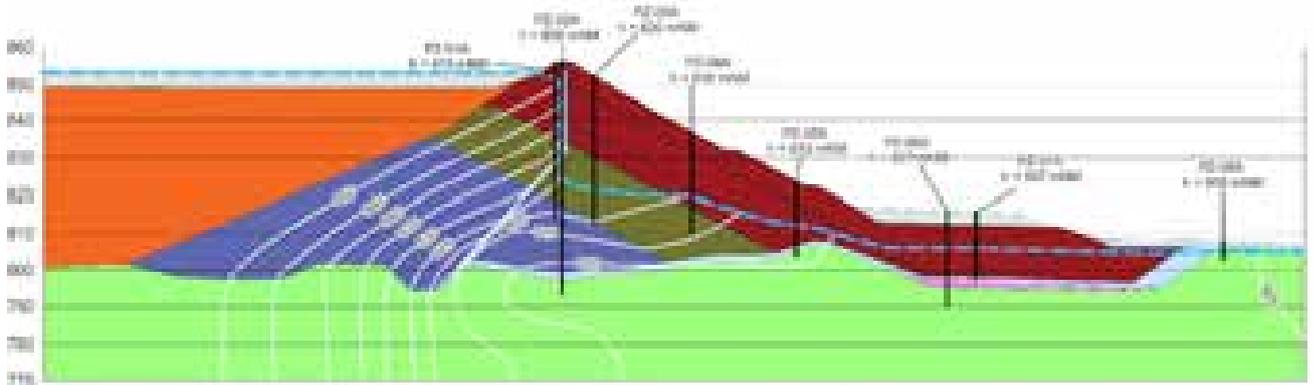


Figura 5-33: Nível de água conceitual na seção A-A localizada na porção central da barragem Rapaunha. Fonte: Seção A-A adaptado de WALM (2021c).

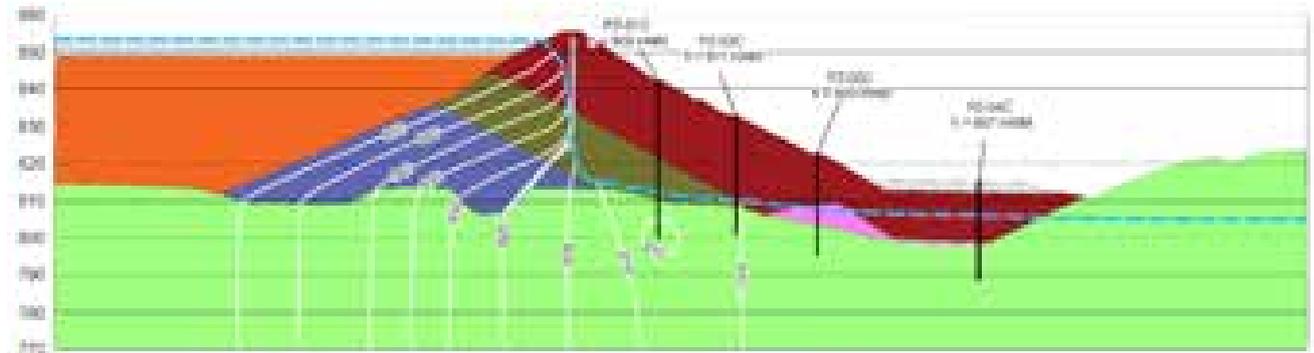


Figura 5-34: Nível de água conceitual na seção C-C localizada na porção esquerda da barragem Rapaunha. Fonte: Seção C-C adaptado de WALM (2021c).

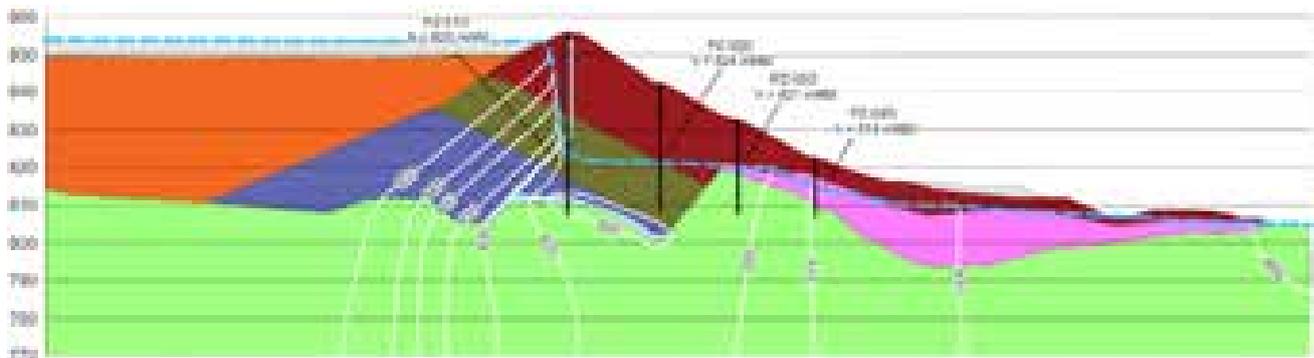


Figura 5-35: Nível de água conceitual na seção D-D localizada na porção direita da barragem Rapaunha. Fonte: Seção D-D adaptado de WALM (2021c).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 119/142

5.7 RECARGA E DESCARGA

Neste tópico, será apresentada a definição das entradas e saídas de água do modelo hidrogeológico conceitual na bacia hidrográfica da Mina D'Água. Para a definição das entradas de água, foi realizado um cálculo de estimativa de recarga. Nesse cálculo, é necessário utilizar dados de monitoramento de vazão de uma sub-bacia representativa, porém, na região das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto, não há dados adequados para tal, visto que as vazões no exultório da bacia são influenciadas pelos reservatórios. Portanto, tomou-se como referência para a recarga na região das barragens o cálculo realizado com dados da Mina Lamego, localizada em Sabará, em um contexto geológico análogo, apresentado a seguir. Esse cálculo resultou em uma recarga correspondente a 11% da precipitação anual. Em relação às saídas de água, a descarga ocorre majoritariamente nas nascentes e drenagens superficiais presentes na área de estudo, que deságuam no Rio das Velhas.

5.7.1 Recarga anual estimada com base nos dados da Mina Lamego

Para a realização da estimativa de recarga, foram utilizados os dados pluviométricos levantados pela AGA, bem como os dados de monitoramento de vazão de córregos da Mina Lamego referentes ao ano hidrológico 2019/2020 do P6 — em específico, ao ponto no córrego Pataca, a jusante da confluência com o córrego Papa-Farinha. Além disso, também foram utilizados os dados de evapotranspiração dos satélites MODIS e SSEBop, fornecidos pelo AppEEARS (2021) - Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples, que consiste em um banco de dados organizados pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (United States Geological Survey).

O cálculo de Recarga foi feito com base em um balanço de massa simplificado, de acordo com a equação:

$$R=P-ET-ES$$

Na qual R representa a recarga, P é a pluviometria, ET corresponde à evapotranspiração, e ES ao escoamento superficial.

Essa estimativa pode ser subdividida em duas etapas:

- **Etapas 1**

A primeira etapa teve como foco os anos de 2019 e 2020, conforme medições de vazões do ponto de interesse (P6).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 120/142

Primeiramente, foi definido o valor P, estimado a partir do somatório pluviométrico das medições mensais fornecidas pela AGA. Foi obtido o valor de 1840,5 mm/ano para o ano hidrológico de 2019/2020. Em seguida, definiu-se a área de influência referente ao P6, que corresponde a cerca de 18.324.888 m². A média da Evapotranspiração (ET) mensal foi estimada com base nos levantamentos dos satélites dentro da área de influência previamente definida. O valor de ET para o ano hidrológico em questão foi de 1056,674 mm/ano para o satélite SSEBop e, 1173,303 mm/ano, para o MODIS.

Por fim, a estimativa do ES foi feita com base no levantamento das vazões no período proposto (2019/2020), na qual foi considerada a equação $Q=ES+F_b$, em que Q é a vazão medida e, F_b , o fluxo de base. Esse foi estimado por meio da curva de permanência do P6.

O método parte da premissa que o fluxo de base é representado pelo valor Q95, que consiste na vazão acima da qual 95% de todas as medições se localizam. Em termos estatísticos, esse valor se refere ao P5%, que corresponde ao P valor referente à integração de 5% da área à esquerda do histograma das vazões. Esse valor é igual a 104 mm/ano. A estimativa para o valor de F_b foi satisfatória e, com isso, o valor considerado de ES foi de 170,478 mm/ano.

Com base nesses fatores, a recarga (R) foi calculada, e se obteve o valor de 613,348 mm/ano e relação R/P de 33% para o SSEBop, bem como 496,719 mm/ano e 27% para o MODIS, respectivamente. Porém, pelo fato do ano hidrológico 2019/2020 consistir em um ano extremo de cheia, o método foi considerado insuficiente e pouco satisfatório para a determinação de uma média anual adequada e, dessa forma, uma nova etapa foi proposta.

- **Etapa 2**

Com base na premissa que os valores de escoamento superficial e recarga são considerados nulos nos períodos nos quais a evapotranspiração média supera a pluviometria, prosseguiu-se com a segunda etapa.

A segunda premissa está relacionada ao percentual $ES/(P-ET)$ calculado com os valores de 2019/2020, ou seja, esse valor será considerado constante para os demais anos hidrológicos, de aproximadamente 22% para os dados do SSEBop e 26% para o MODIS.

Com as premissas formadas e a base de dados construída, foi possível estimar as recargas anuais dos períodos de 2006/2007 a 2019/2020, como mostra a Figura 6 5 a seguir.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 121/142

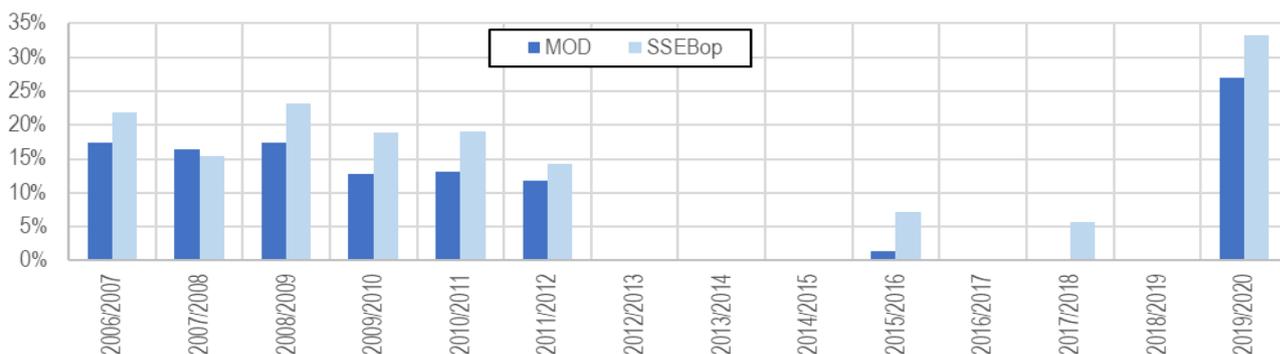


Figura 5-36: Recarga Proporcional em Função da Pluviometria.

Conforme muitos estudos comparativos entre os dados de evapotranspiração de ambos os satélites, o SSEBop foi considerado o mais preciso, de forma que foi escolhido para a análise final.

Após a realização de todo o processo, foi calculada uma média anual de recarga equivalente a 11% para o domínio hidrogeológico.

A estimativa da recarga é uma importante fonte de incerteza na modelagem hidrogeológica, uma vez que ela pode ser influenciada por múltiplas variáveis climáticas, morfológicas, vegetação, hidrológicas e hidrogeológicas. Além disso, um agravante na compreensão e estimativa de recarga está na variabilidade espacial e temporal que cada variável pode ter.

Especificamente na área de estudo, assume-se de forma simplificada que a declividade do terreno, associado às propriedades hidráulicas das unidades hidrogeológicas, influenciam significativamente nas variáveis hidrológicas. Deste modo, quanto maior a declividade da superfície do terreno, mais favorável ao escoamento superficial em relação à recarga.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 122/142

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto contempla o desenvolvimento de estudos hidrogeológicos na área das barragens de Calcinados, Rapaunha e Cocuruto, culminando no Modelo Hidrogeológico Conceitual da área.

No geral, os níveis de água observados nos poços de monitoramento mostram uma superfície freática relativamente rasa, com flutuações sazonais, revelando uma circulação de água subsuperficial, preponderante no manto de intemperismo dos xistos subjacentes, tendo uma rápida resposta às recargas. O fluxo descendente da recarga é condicionado a existência de zonas fraturadas. Entretanto, a baixa condutividade hidráulica dos maciços rochosos em profundidade condiciona uma dinâmica hídrica rasa, com direções de fluxo coincidentes com a topografia.

A implementação das barragens Calcinados, Rapaunha e Cocuruto resultou em algumas alterações locais do fluxo subterrâneo. A principal alteração na dinâmica hídrica está associada ao desempenho dos maciços atuando como barreiras hidráulicas, limitando o fluxo da descarga natural que havia nas drenagens originais da bacia hidrográfica, resultando em um armazenamento e elevação nos níveis dos reservatórios.

Na região das barragens, a água pode acumular nos reservatórios através de precipitação direta, escoamento superficial de pontos a montante, descarga natural das unidades hidrogeológicas, lançamento de polpa de rejeito e através de lançamento direto de água. As saídas de água dos reservatórios podem ocorrer por evaporação, infiltração na fundação, percolação no talude de montante do maciço até o sistema de drenagem interno e através do extravasor.

Em relação a dinâmica hídrica subterrânea na região da barragem Cocuruto, a superfície freática conceitual indica direções de fluxo do reservatório para o maciço. Nota-se também que o rebaixamento no nível de água ocorre de forma mais acentuada na porção esquerda da estrutura em relação a porção direita. Esta condição pode estar associada a geometria da fundação, e conseqüentemente, do sistema de drenagem interno da barragem. Além disso, verifica-se na fundação uma maior espessura de solo residual na porção direita da estrutura, proporcionado uma condição mais favorável ao fluxo subterrâneo.

Quanto à Calcinados, na região próxima ao maciço, o sentido de fluxo da água subterrânea é NW-SE. Na margem esquerda do reservatório, a montante do dique de balsa, as direções de fluxo subterrâneo é NE-SW. E em relação a margem direita da barragem Calcinados, a montante do dique de sela, as direções de fluxo tendem a ir em direção ao reservatório de Rapaunha.

A interpretação potenciométrica em planta de Rapaunha indica que as direções de fluxo horizontal ocorrem do reservatório para o maciço, com um elevado gradiente hidráulico na crista da barragem. Essas variações

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 123/142

elevadas de carga hidráulica são condicionadas pelos filtros instalados na estrutura. Além disso, na região das ombreiras, o fluxo subterrâneo tende a ocorrer em direção ao maciço, principalmente próximo à crista da barragem.

No contexto da barragem Rapaunha, existem condicionadores de fluxo vertical que dificultam a visualização da potenciometria em planta. Tanto o filtro vertical, quanto o trecho do filtro que se encontra inclinado 45° para a jusante do maciço, condicionam o fluxo vertical no interior do barramento. Visualmente, esse tipo de distribuição potenciométrica é mais bem compreendida por seções verticais. A partir de seções potenciométricas conceituais perpendiculares ao maciço, nota-se a eficiência dos filtros como condicionadores de fluxo subterrâneo, rebaixando o nível de água no interior da estrutura.

A utilização dos poços tubulares projetados nas ombreiras da Barragem Cocoruto para aumentar os níveis de segurança da estrutura deveriam ter resultado em um impacto significativo nos valores de rebaixamento. No entanto, de acordo com as leituras monitoradas, ambas as vazões não são suficientes para permitir a redução do nível d'água ou mantê-lo durante os períodos chuvosos, resultado esse provavelmente em função da baixa permeabilidade do meio e/ou pouca conexão do aquífero fraturado.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 124/142

7. EQUIPE TÉCNICA

Os profissionais envolvidos no desenvolvimento do modelo hidrogeológico conceitual são citados na Tabela 7-1.

Tabela 7-1: Equipe Técnica.

Nome do profissional	Função
Danilo Almeida	Hidrogeólogo Master
Rafael Albuquerque	Hidrogeólogo Master
Karen Ninanya	Engenheira Geotécnica
Leonardo Fernandes	Hidrogeólogo Pleno

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 125/142

8. REFERÊNCIAS

ALKMIM, F.F. & MARSHAK, S. (1998). Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*. (90):29-58.

ALMEIDA, L. G.; CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; FONSECA, M. A. O Grupo Sabará no Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 2005. v. 35, n. 2, p. 177-186.

ASTM D5611-94 Standard Guide for Conducting a Sensitivity Analysis for a Ground-Water Flow Model Application.

BALTAZAR, O.F., ZUCCHETTI, M.; 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits *Ore Geology Reviews*. *Ore geo. rev.*2005.03.021. pp. 63–103.

BVP GEOTECNIA E HIDROTECNIA. Revisão periódica de segurança de barragens (RPSB) relatório de segurança da barragem de Calcinados. Belo Horizonte, 2018. Código do documento: AA-000-BV-0098-906-RT-011-R-02

BVP GEOTECNIA E HIDROTECNIA. Revisão periódica de segurança de barragens (RPSB) – relatório de segurança da barragem Rapaunha. Belo Horizonte, 2018. Código do documento: AA-000-BV-0098-906-RT- 013_R-01.

CASTRO, P. DE T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (Org.). Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Ouro Preto, 2020.

CLAM MEIO AMBIENTE. Caracterização Hidrológica, Geológica e Hidrogeológica - Planta do Queiroz - Nova Lima - MG. AngloGold Ashanti. Belo Horizonte, 2022a. Código do documento: CL-HC-969-00-00.

CLAM MEIO AMBIENTE. Inventário de nascentes na área de entorno das Barragens de Rapaunha, Calcinados e Cocuruto - Planta do Queiroz - Nova Lima – MG. Belo Horizonte, 2022b. Código do documento: CL-HC-969-01-01.

DAM PROJETOS DE ENGENHARIA. Estudos relativos ao potencial de liquefação dos rejeitos – Barragem Calcinados. Belo Horizonte, 2017. Código do documento: BZB-C-CA-RE-003-0.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 126/142

DORR, J. V. N. (1969). Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Brazil USGS Professional Paper, n. 641-A, p. 1-110.

CPRM.; 1996. Projeto Rio da Velhas – Mapa geológico integrado (Texto Explicativo). Programa Estudos de Distritos Mineiros. Convênio DNPM – CPRM. Belo Horizonte/MG 122 p.

ENDO I., GALBIATTI H. F., DELGADO C. E. R., OLIVEIRA M. M. F. DE, ZAPPAROLI A. DE C., MOURA L. G. B. DE, PERES G. G., OLIVEIRA A. H. DE, ZAVAGLIA G., DANDERFER Fº A., GOMES C. J. S., CARNEIRO M. A., NALINI JR. H. A., CASTRO P DE T. A., SUITA M. T. DE F., TAZAVA E., LANA C. DE C., MARTINS- NETO M. A., MARTINS M. DE S., FERREIRA Fº F. A., FRANCO A. P., ALMEIDA L. G., ROSSI D. Q., ANGELI G., MADEIRA T. J. A., PIASSA L. R. A., MARIANO D. F., CARLOS D. U. 2019a. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000: Uma 87 celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). 2019a. Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br. Disponível em: Acesso em: 10 abr. 2021.

ENDO I., DELGADO C. E. R. OLIVEIRA M. M. F. DE ZAPPAROLI A. DE C., CARLOS D. U., GALBIATTI H. F., CASTRO P. DE T. A., SUITA M. T. DE F., BARBOSA M. S. C., LANA C. E., MOURA L. G. B. DE. 2019b. Estratigrafia e Arcabouço Estrutural do Quadrilátero Ferrífero: Nota Explicativa do Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000. Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br.

ERG ENGENHARIA. Relatório Técnico do levantamento topobarimétrico. Belo Horizonte, 2022. Código do documento: AA-145-EG-0580-267-RT-056.

FUGRO. Relatório de Investigação Geofísica. Levantamento Geofísico – Barragem Cocuruto. 2022a.

FUGRO. Relatório de Investigação Geofísica. Levantamento Geofísico – Barragem Calcinado. 2022b.

FUGRO. Relatório de Investigação Geofísica. Levantamento Geofísico – Barragem Rapaunha. 2022c.

GEOTÉCNICA S.A. Investigações Geológico-Geotécnicas. [S.I], 1979. Código do documento: CI-PR-130005/78.

GEOTÉCNICA S.A.. -. [S.I], 1981. Código do documento: PR-0025/80-0-030.

GEOTÉCNICA S.A.. Barragem do Rapaunha Seções típicas da Barragem 1ª Parte. [S.I], 1981. Código do documento: PR 0025/80-1-030.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 127/142

GEOTÉCNICA S.A.. Barragem Rapaunha Seções Típicas da Barragem 2ª parte. [S.], 1981. Código do documento: PR 0025/80-1-031.

GEOTÉCNICA S.A.. Barragem Rapaunha Seções Típicas da Barragem 3ª parte. [S.], 1981. Código do documento: PR 0025/80-1-0312.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL LTDA. 2004. Relatório Técnico “Estudos Hidrogeológicos e Geoquímicos nas Áreas Da Mina Velha e da Unidade Industrial de Nova Lima, Minas Gerais, Brasil”

LANA, C. et al. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. Precambrian Research, v. 230, p. 1-30, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301926813000946>>. Acesso em: 04 set. 2014.

SCHORSCHER H. D. (1976). Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto, Abstracts, 194-195.

SCHORSCHER H. D. (1979). Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 51(1):. 766-768.

TOPOMIL ENGENHARIA E TOPOGRAFIA LTDA. Levantamento Topobatimétrico. Nova Lima, 2015. Código do documento: ACAD-VALE QUEIROZ 07 08 15 REV00.

WALM BH ENGENHARIA. Projeto “As Is” e avaliação de segurança Barragem de Cocuruto. Belo Horizonte, 2019. Código do documento: AA-173-WA-0598-267-RT-004.

WALM BH ENGENHARIA. Projeto de engenharia projeto detalhado da berma de equilíbrio Planta Queiroz – Barragem de Calcinados. Belo Horizonte, 2020. Código do documento: AA-145-WA-0598-267-RT-001.

WALM BH ENGENHARIA. Atendimento exigências ANM Planta do Queiroz Barragem Calcinados. Belo Horizonte, 2021a. Código do documento: AA-287-WA-0580-267-RT-003.

WALM BH ENGENHARIA. Atendimento exigências ANM Planta do Queiroz Barragem Cocuruto. Belo Horizonte, 2021b. Código do documento: AA-287-WA-0580-267-RT-005.

WALM BH ENGENHARIA. Projeto de engenharia - "As-Is" Planta de Queiroz Barragem Rapaunha. Belo Horizonte, 2021c. Código do documento: AA-145-WA-0580-206-RT-102.

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 128/142

ANEXOS

ANEXO A – PERFIS LITOLÓGICOS-CONSTRUTIVOS DE POÇOS DE BOMBEAMENTO E MONITORAMENTO



Figura A.0-1: Perfil litológico-construtivo do Poço 1. Fonte: AGA (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 131/142

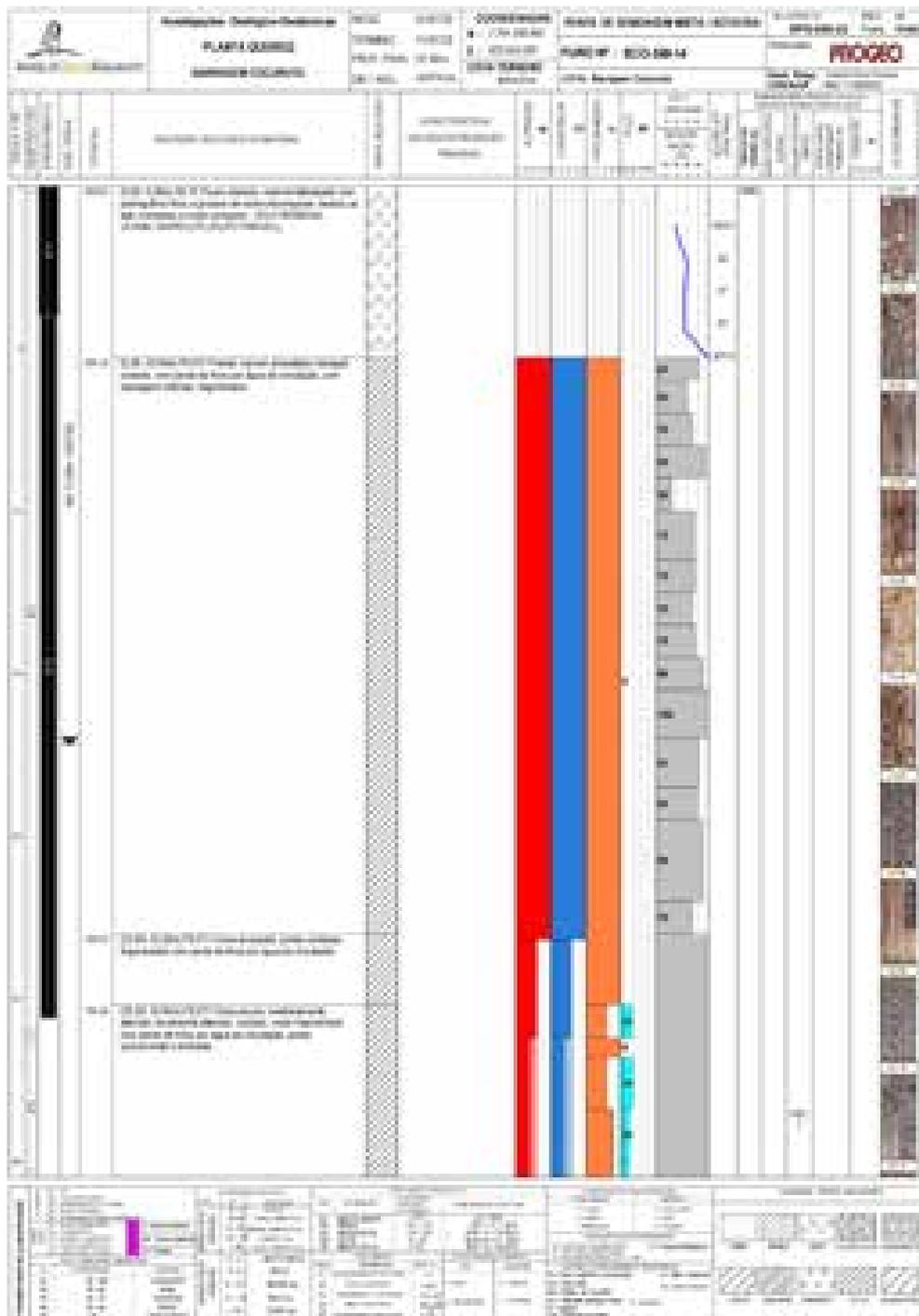


Figura A.0-4: Perfil litológico do PZ-01OE (BCO-SM-14) de 0,0 m a 30,5 m de profundidade. Fonte: PROGEO (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 132/142

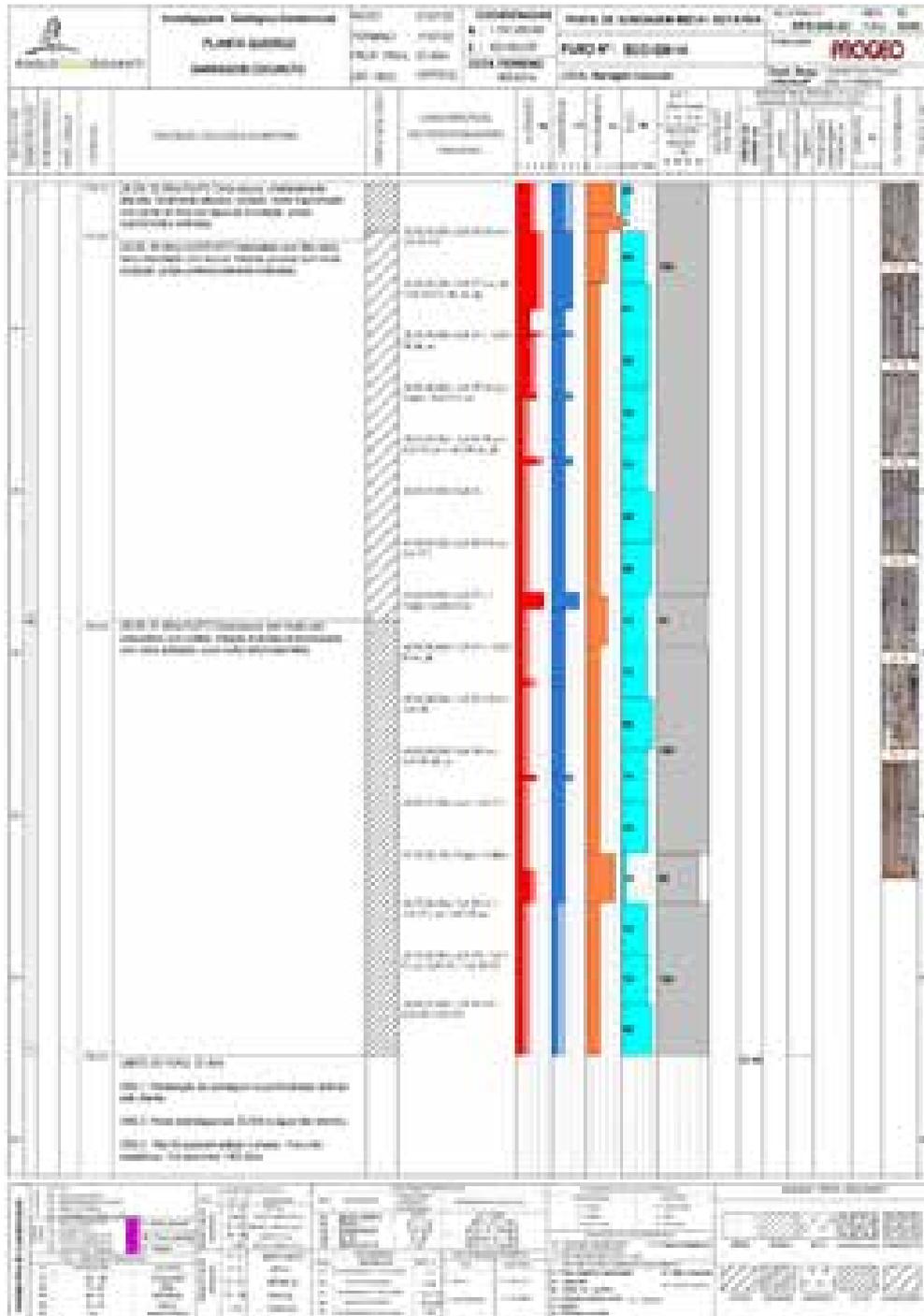


Figura A.0-5: Perfil litológico do PZ-01OE (BCO-SM-14) de 30,5 m a 57,4 m de profundidade. Fonte: PROGEO (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 133/142

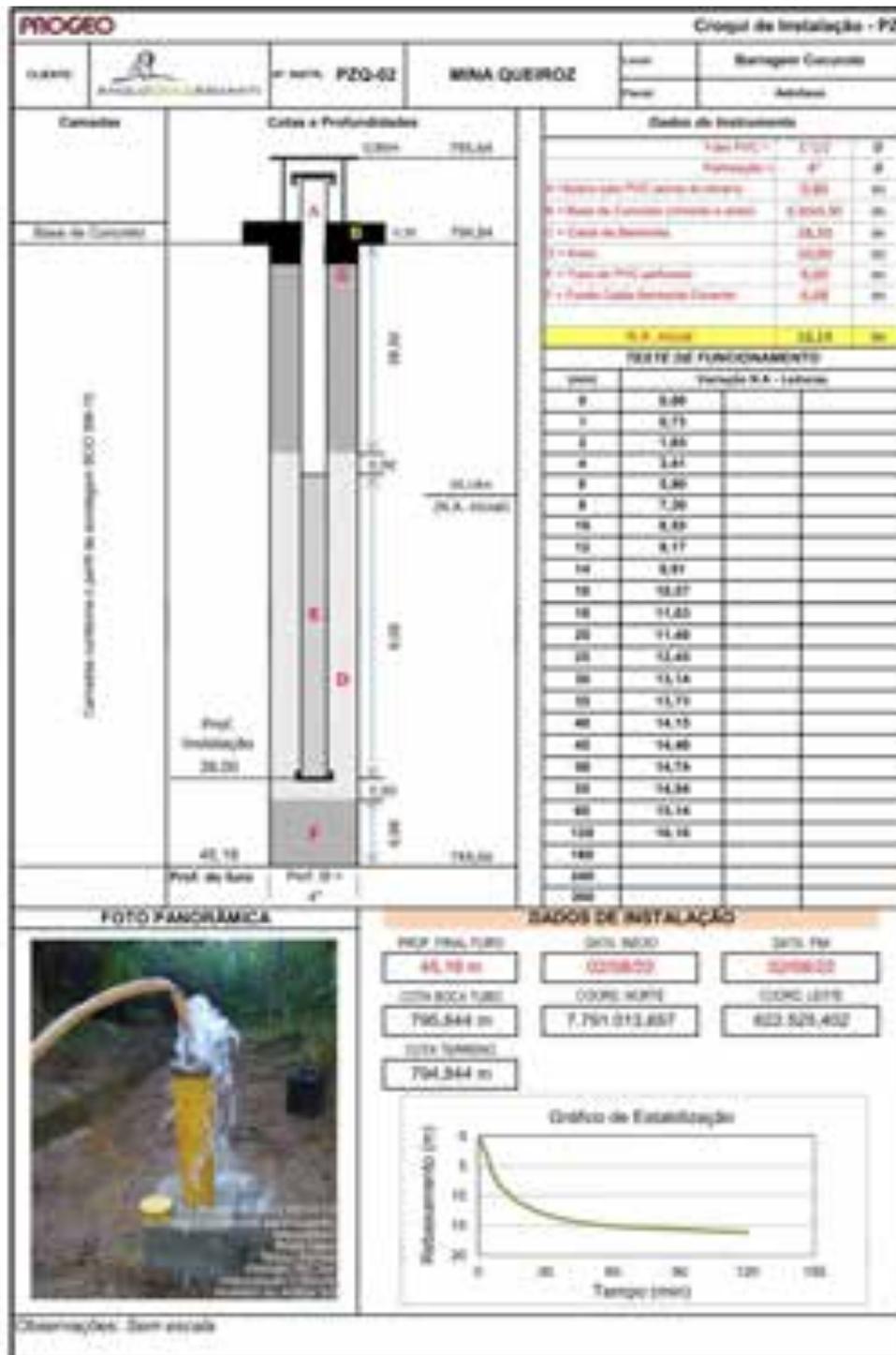


Figura A.0-6: Perfil construtivo do PZ-02OE (PQZ-01). Fonte: PROGEO (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 134/142

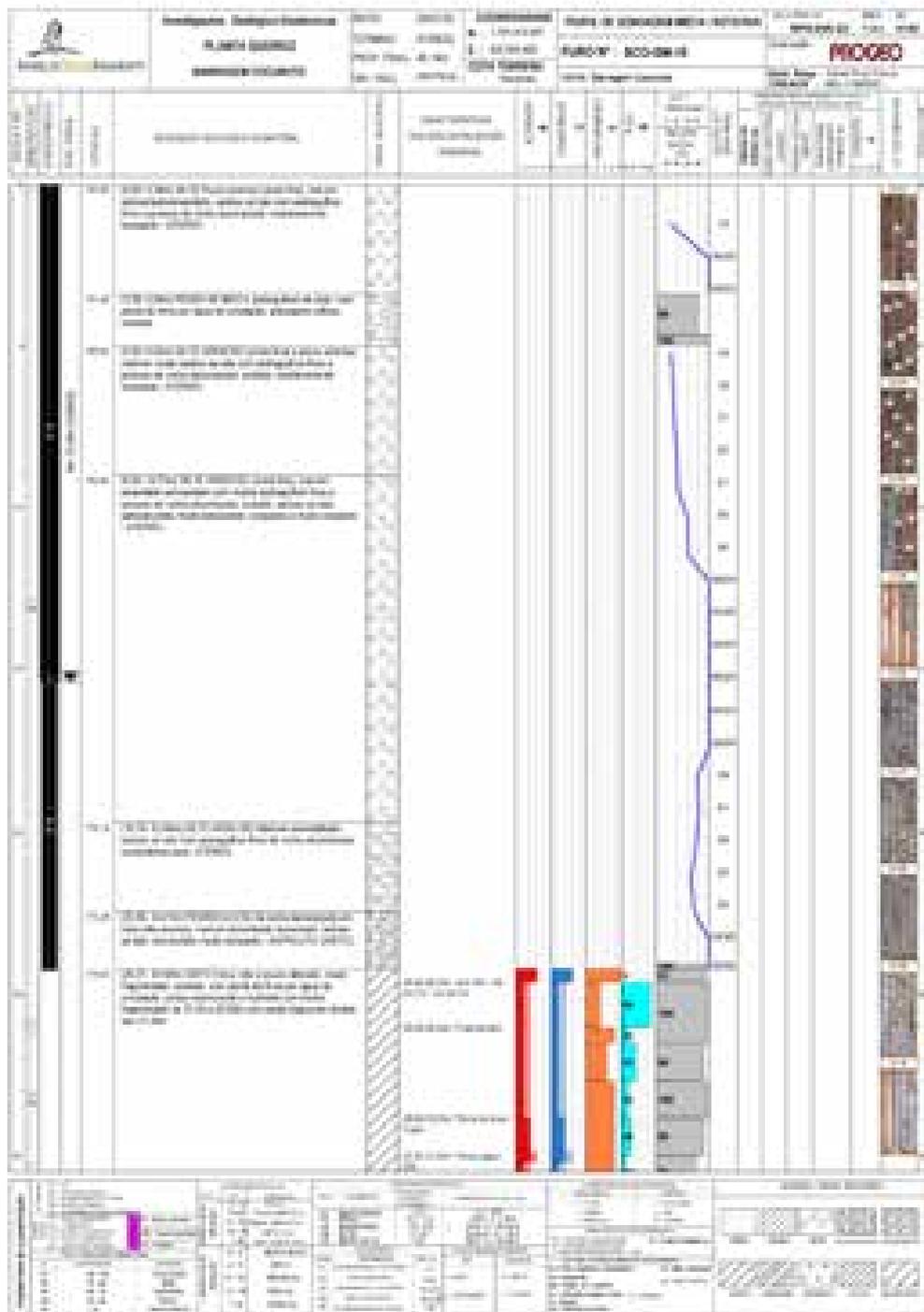


Figura A.0-7: Perfil litológico do PZ-02OE (BCO-SM-15) de 0,0 m a 30,5 m de profundidade. Fonte: PROGEO (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 135/142

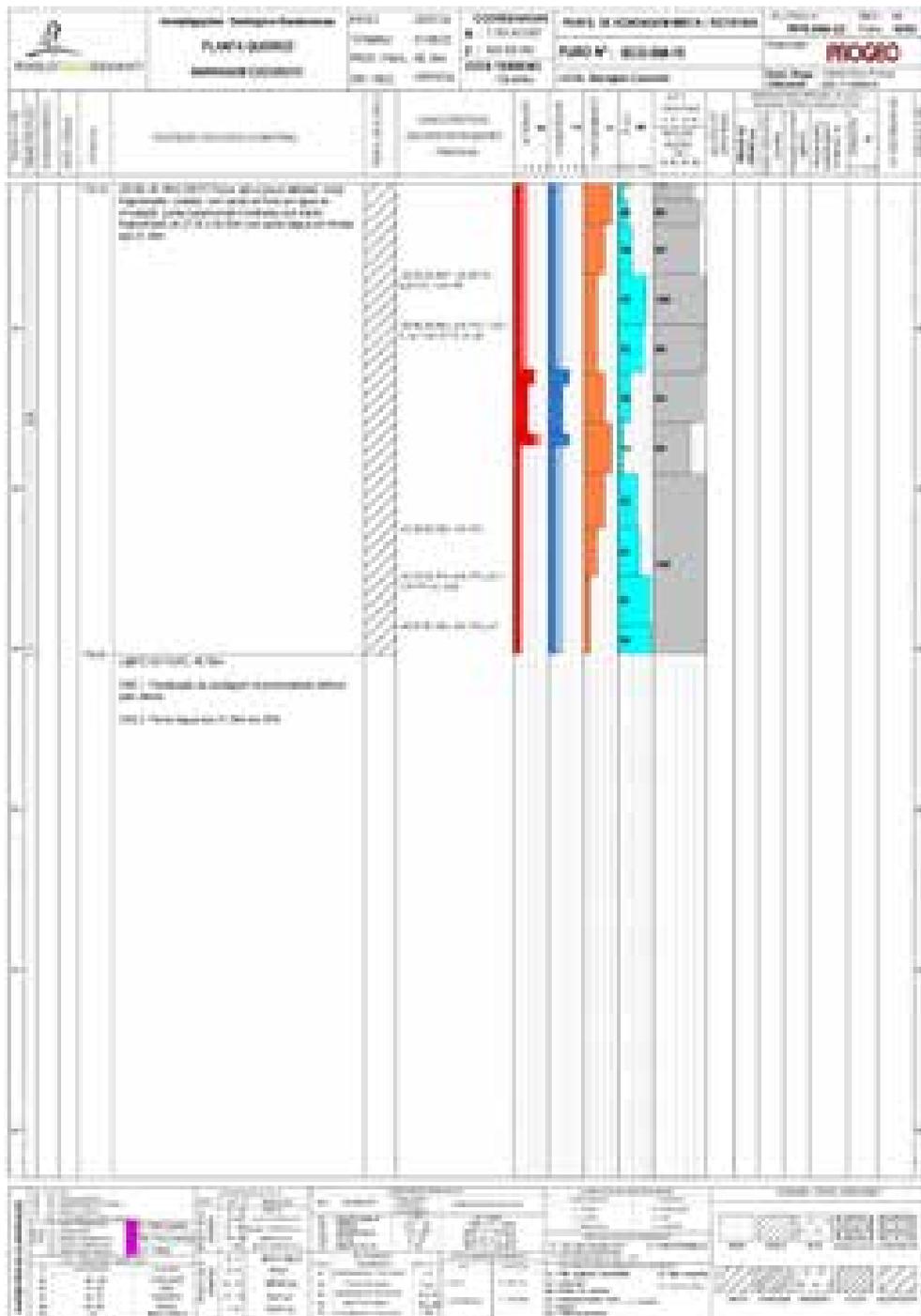


Figura A.0-8: Perfil litológico do PZ-02OE (BCO-SM-15) de 30,5 m a 45,18 m de profundidade. Fonte: PROGEO (2022).

**ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ
ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL**

Nº AGA
AA-385-WS-0580-206-RT-0003

Revisão: 1

Nº CONTRATADA
4502208753

Folha
136/142

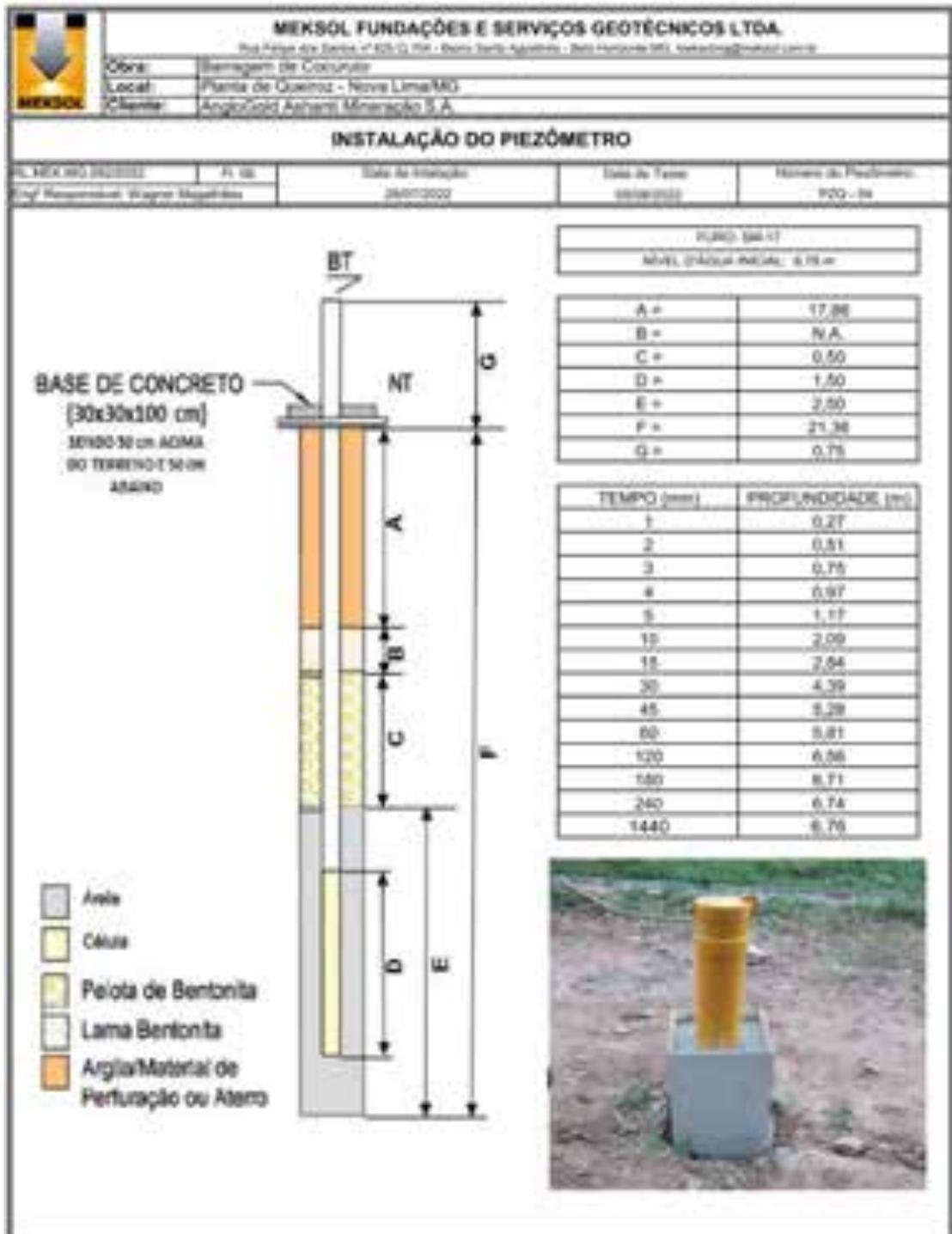


Figura A.0-9: Perfil construtivo do INA-01OD (PZQ-04). Fonte: MEKSOL (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 139/142

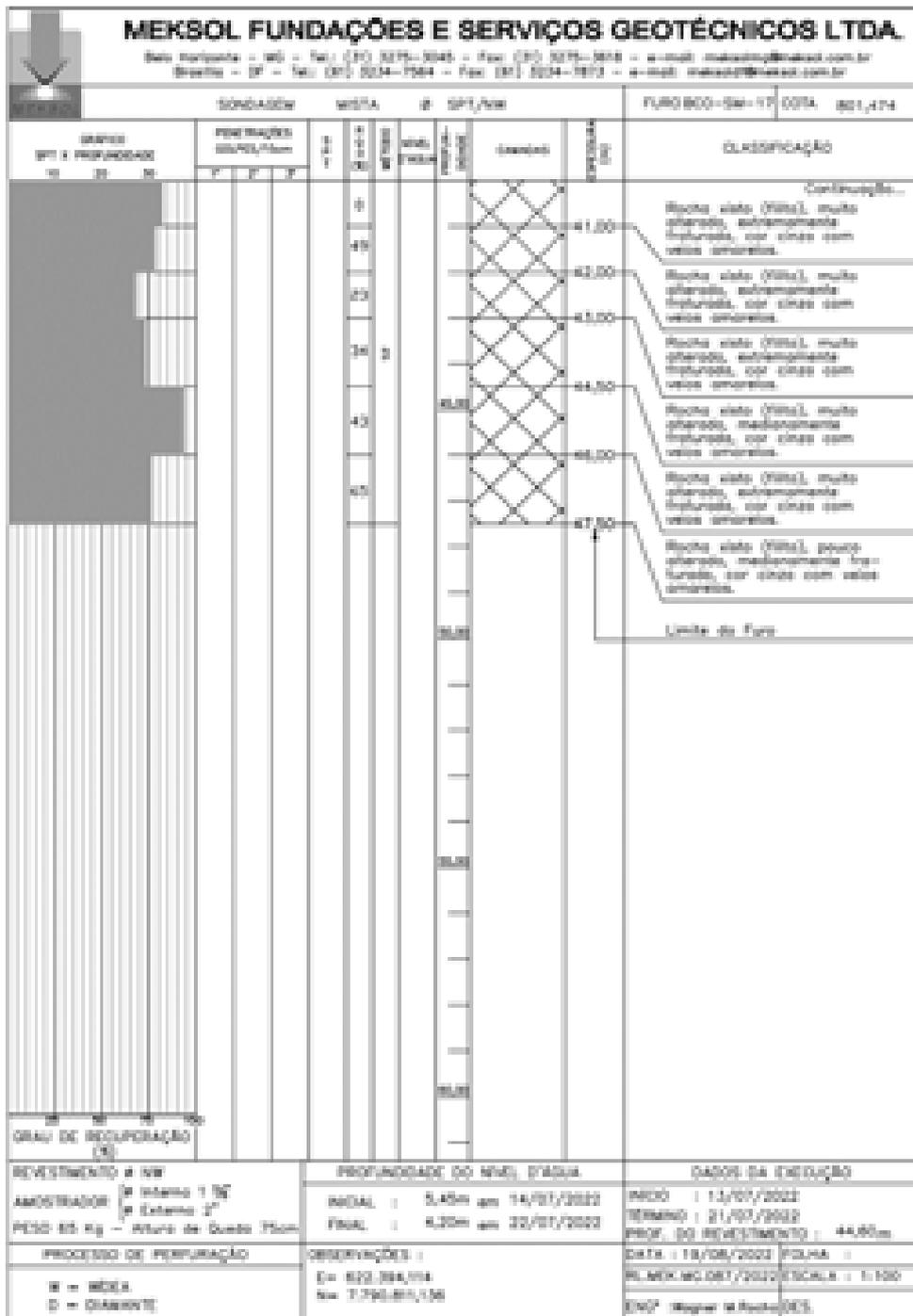


Figura A.0-12: Perfil litológico do INA-01OD (BCO-SM-17) de 40,0 m a 47,5 m de profundidade. Fonte: MEKSOL (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		N° AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		N° CONTRATADA 4502208753	Folha 140/142

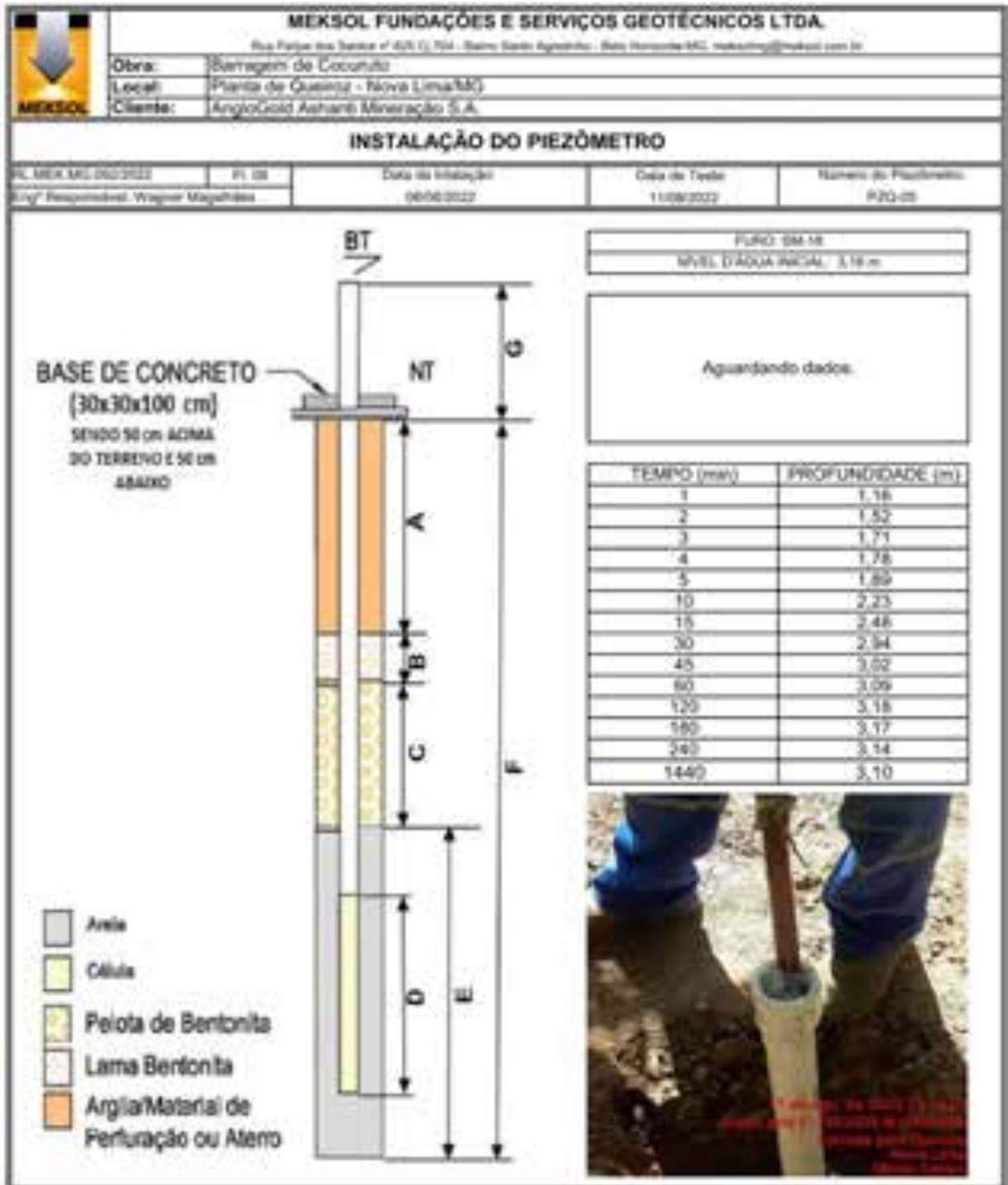


Figura A.0-13: Perfil construtivo do INA-02OD (PZQ-05). Fonte: MEKSOL (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 141/142

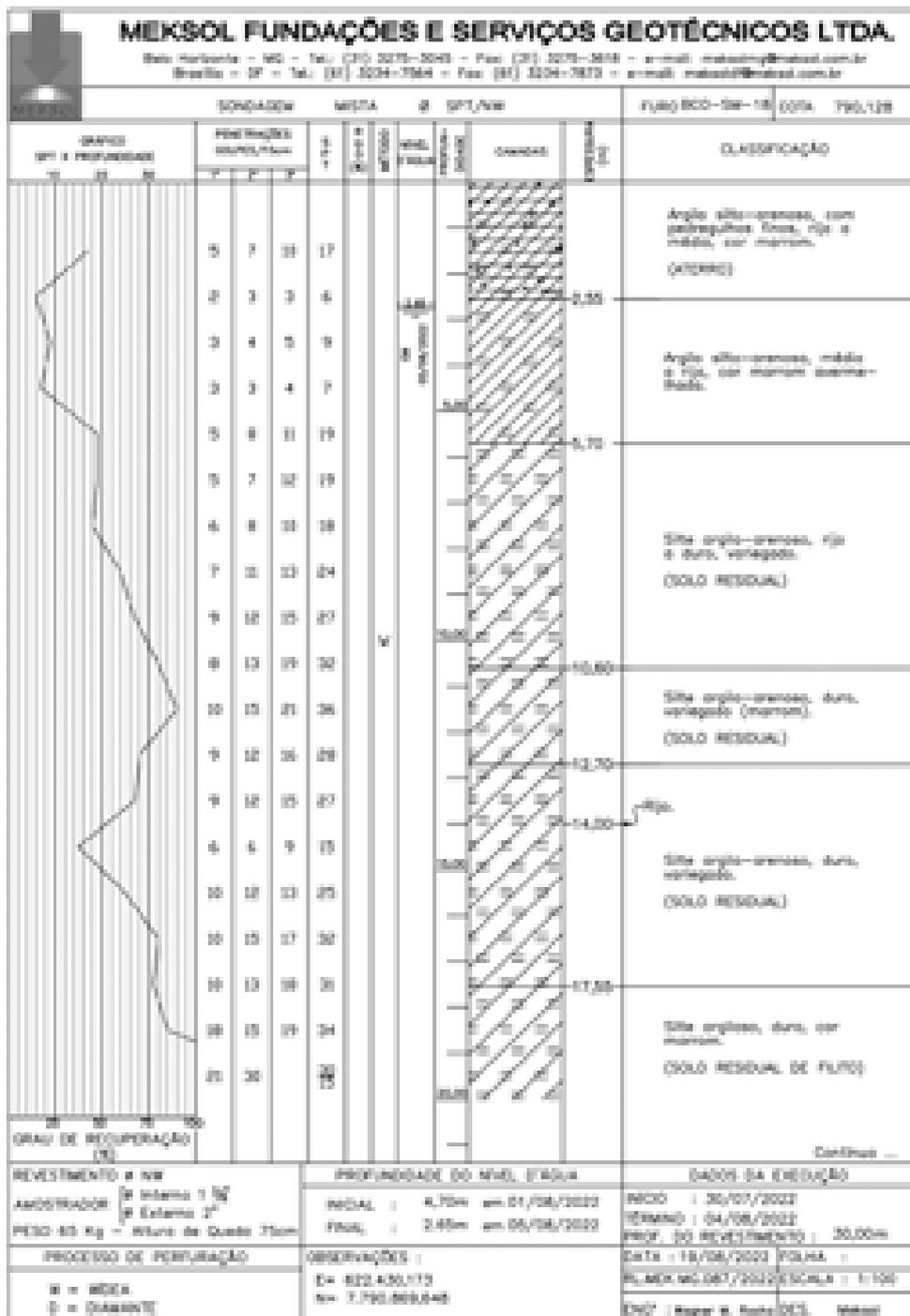


Figura A.0-14: Perfil litológico do INA-02OD (BCO-SM-18) de 0,0 m a 20,0 m de profundidade. Fonte: MEKSOL (2022).

		RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL	
ESTUDO E MODELO HIDROGEOLÓGICO PQZ ENGENHARIA - CONCEITUAL - GEOTECNIA		Nº AGA AA-385-WS-0580-206-RT-0003	Revisão: 1
RELATÓRIO DE COMPILAÇÃO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES E DADOS EXISTENTES E MODELO CONCEITUAL		Nº CONTRATADA 4502208753	Folha 142/142

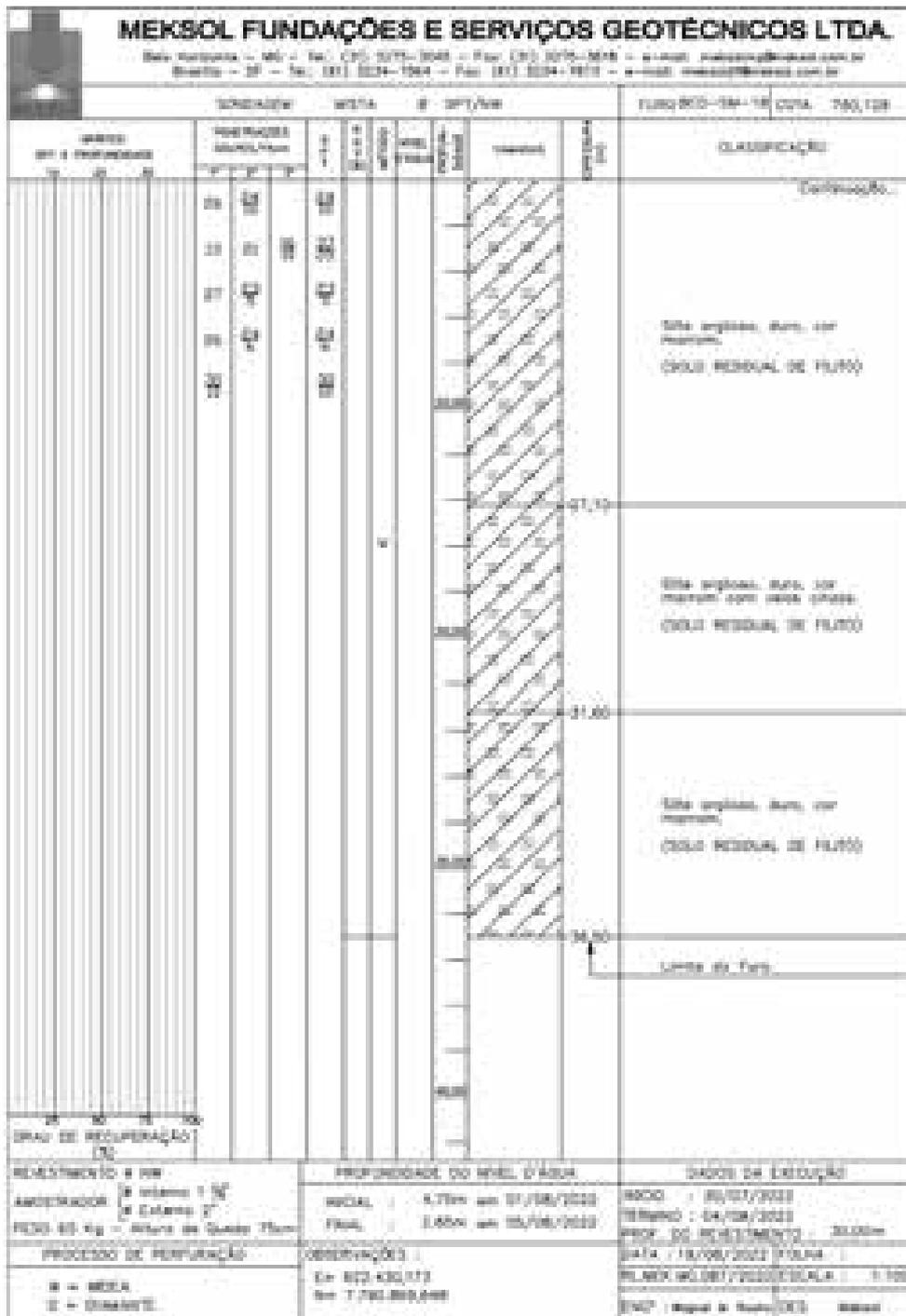


Figura A.0-15: Perfil litológico do INA-02OD (BCO-SM-18) de 20,0 m a 36,5 m de profundidade. Fonte: MEKSOL (2022).