



Rep. 427/21  
marcio

RESPOSTA À SOLICITAÇÃO DA  
CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO

MINA DE FÁBRICA

DIFL - DIRETORIA OPERAÇÕES FERROSOS SUL

OURO PRETO / MG

MARÇO

2022

Câmara Municipal de Ouro Preto  
Protocolo  
Nº 34731  
Correspondência Recebida  
Em 09/03/22  
Ass. VERA Hs e 17h34 Min





 <b>VALE</b>	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		<b>Nº VALE: -</b>	<b>PÁGINA: 3/8</b>
		<b>Nº: -</b>	<b>REV: 0</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No dia 29 de novembro de 2021, esta Ilma. Câmara Municipal de Ouro Preto enviou à VALE o ofício OF-SEC/21-11-733, por meio do qual requereu que a Companhia prestasse esclarecimentos sobre a queda das torres que compunham o sistema de *Rope Way* a ser instalado nas barragens Forquilhas I e II, quais sejam:

- (i) *Informar o motivo pelo qual a Defesa Civil de Minas Gerais e a Agência Nacional de Mineração (ANM) só foram informados no dia seguinte, com mais de 24h após as quedas das torres;*
- (ii) *Apresentar atualizações e informações quanto às medidas tomadas pela empresa para esclarecimentos quanto às causas que ocasionaram as quedas, bem como informações sobre o nível de segurança das barragens; e*
- (iii) *Apresentar informações geotécnicas referentes ao nível de segurança e acompanhamento das barragens, bem como o Plano de Segurança de Barragens das Forquilhas I e II, em caso de rompimento.*

Assim, em atenção ao requerimento realizado pelo Câmara, e sempre com a postura de transparência, apresentam-se a seguir os esclarecimentos quanto aos pontos supracitados.

### I. COMUNICAÇÃO DO OCORRIDO AOS ÓRGÃOS PÚBLICOS

Quanto ao primeiro ponto, como se sabe, no dia 12.11.2021, às 8h40, as torres 1 e 5 do sistema *Ropeway* tombaram próximo às ombreiras das barragens Forquilha I e II. Este evento foi devidamente comunicado à Agência Nacional de Mineração e aos outros órgãos públicos em um e-mail, inclusive para representantes do Ministério Público de Minas Gerais (ANEXO II).

Nas referidas comunicações, foi esclarecido que o sistema estava em processo de instalação, e, portanto, não estava sendo operado pela Companhia. O sistema é composto por oito torres no total, tendo as torres 1 e 5 sido as primeiras a serem conectadas e tensionadas por meio do cabo principal. A Figura 1 mostra o esquema do local e a dinâmica da ocorrência.

	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		Nº VALE: -	PÁGINA: <b>4/8</b>
		Nº: -	REV: <b>0</b>

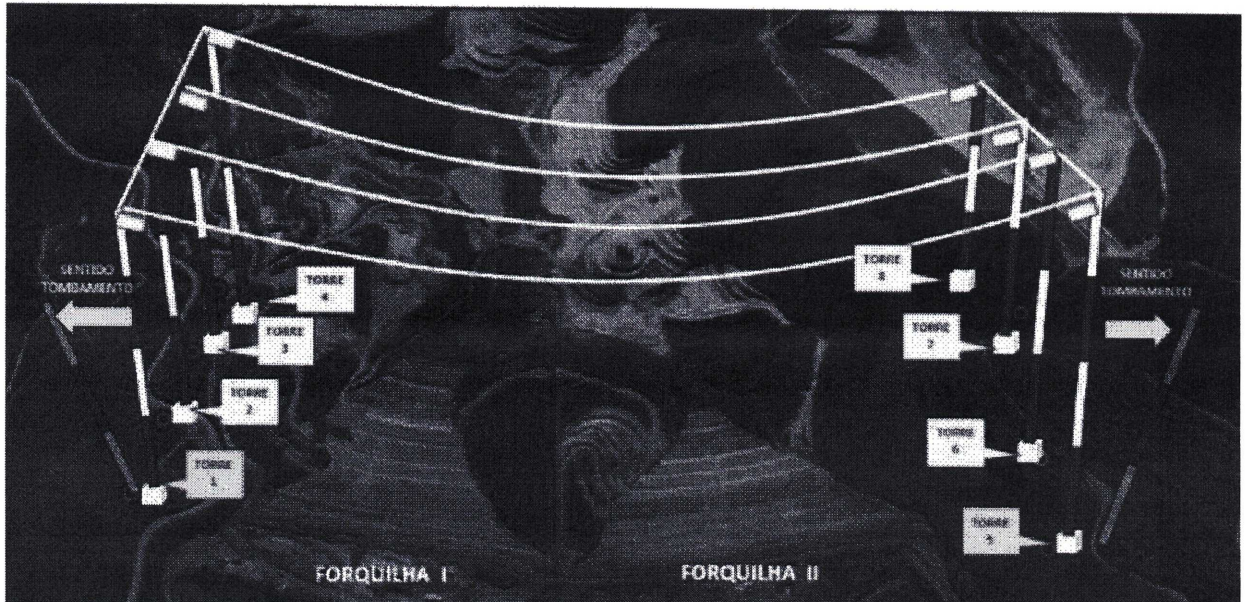



Figura 1 - Local e dinâmica da ocorrência com as torres 1 e 5 do sistema *Ropeway*.

Não havia pessoas no local do ocorrido e, com isso, não houve feridos. Além disso, as torres haviam sido instaladas de maneira periférica às barragens em questão e não atingiram as estruturas nem as respectivas ZAS após o tombamento. Dessa forma, o evento também não impactou as condições de segurança das estruturas, conforme se demonstrará adiante em mais detalhes.

Quanto à comunicação do ocorrido à Defesa Civil, conforme relatado acima, não houve qualquer emergência ligada à segurança das barragens. Assim, não havia necessidade de mobilização imediata das Defesas Civas da região, conforme, inclusive, previsto no PAEBM das estruturas. De todo modo, sempre buscando promover a transparência das informações, a VALE enviou, no dia seguinte do ocorrido também às Defesas Civas, relato com mais esclarecimentos sobre o acidente. Nesse sentido, com o fluxo de comunicações revisado, as Defesas Civas foram avisadas no dia seguinte do ocorrido, sábado (**ANEXO III**), e continuaram a ser incluídas nas comunicações da Companhia.



 <b>VALE</b>	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		Nº VALE: -	PÁGINA: <b>5/8</b>
		Nº: -	REV: <b>0</b>

## **II. ATUALIZAÇÕES E INFORMAÇÕES QUANTO ÀS MEDIDAS TOMADAS PELA EMPRESA PARA ESCLARECIMENTOS QUANTO ÀS CAUSAS DO TOMBAMENTO**


Quanto à atualização em relação às medidas tomadas pela VALE para esclarecer quais foram as causas da queda das torres, a Companhia informa que imediatamente após a identificação do tombamento, a VALE promoveu a paralisação de todas as atividades relacionadas à instalação do sistema.

Ato contínuo, a VALE contratou consultoria técnica independente para avaliação da solução de engenharia e seu respectivo método construtivo. A consultoria está acompanhando o trabalho de investigação das causas do tombamento das torres, com a análise de documentos técnicos e ensaios de laboratório de componentes da estrutura. O trabalho da consultoria técnica independente é acompanhado pela segunda linha de defesa VALE, independente da equipe do projeto. Atualmente, após a coleta de materiais para ensaios laboratoriais, a Companhia aguarda a emissão final do relatório do *design review*.

Em paralelo, foram revistas as respectivas matrizes/bow-ties provenientes da Identificação de Perigo e Análise de Riscos (HIRA), com o objetivo de avaliar e gerir as situações de risco ambientais, sociais, de saúde e de segurança associados às atividades em questão. Nesse bojo, também foi realizada verificação da eficácia das medidas de controle propostas. Essa análise foi promovida também para os demais sistemas de linhas de vida.

Ainda, a Companhia convocou a empresa italiana responsável pela tecnologia *Rope Way* para que contribuísse com informações e entendimentos sobre o ocorrido. Em primeira análise, a empresa recomendou a execução das ancoragens laterais da Torre 4, em conformidade com o projeto. Essa etapa tem por objetivo manter a torre em condição melhor de segurança, sobretudo como prevenção em relação a cargas excepcionais de vento. Tais estaiamentos laterais das torres 2 e 3 já haviam sido executados.

Por se tratar de uma ação fundamental para reforço da segurança da área, a VALE realizou o estaiamento na semana de 13 a 18 de dezembro de 2021. Todo processo foi

 <b>VALE</b>	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		Nº VALE: -	PÁGINA: <b>6/8</b>
		Nº: -	REV: <b>0</b>

acompanhado pelo supervisor da empresa fabricante, da equipe de topografia e envolverá o trabalho de montadores e ajudantes.

### III. INFORMAÇÕES GEOTÉCNICAS REFERENTES AO NÍVEL DE SEGURANÇA E ACOMPANHAMENTO DAS BARRAGENS, BEM COMO O PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DAS FORQUILHAS I E II, EM CASO DE ROMPIMENTO

Conforme adiantado, tendo as duas torres tombado em direção oposta à ZAS e às estruturas, não houve efetivo incremento de risco às barragens Forquilhas I e II. Nesse sentido, como apontam as conclusões dos laudos técnicos (**ANEXO IV**), que tratam especialmente os resultados do monitoramento microssísmico, não se observa, pelos dados atuais do monitoramento, comportamento progressivo que sugira incremento continuado de risco ou piora das condições de estabilidade das estruturas. Esses laudos técnicos foram, de pronto, apresentados aos órgãos competentes e trazer informações sobre a segurança das estruturas. A VALE apresenta, ainda, o relatório mensal produzido pelo Engenheiro de Registro (DF+), que detalha as condições de segurança e informações geotécnicas sobre as barragens Forquilha I e II (**ANEXOS V e VI**).

Reforça-se também que as barragens da Mina de Fábrica são monitoradas diariamente, incluindo o monitoramento 24h/7 feito pelo Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) e, nesse acompanhamento contínuo, também não foi verificada nenhuma alteração de segurança em razão do evento.

Ainda, importante destacar que as atividades de manutenção e monitoramento das referidas barragens não sofreram qualquer tipo de alteração, tendo em vista que o sistema *Rope Way* ainda não estava operante, como destacado no item (I).

Por fim, quanto à solicitação de envio do “*plano de segurança de barragens das Forquilhas I e II, em caso de rompimento*”, a Vale esclarece que as medidas específicas para o caso de rompimento encontram-se dispostas no Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (“PAEBM”), que é um dos volumes que compõem o PSB (Plano de Segurança de Barragens), no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da



 <b>VALE</b>	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		Nº VALE: -	PÁGINA: <b>7/8</b>
		Nº: -	REV: <b>0</b>

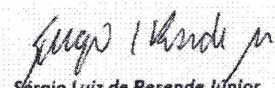
barragem, as ações a serem executadas nesses casos e em que são definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida.

Esclareça-se que todos os PAEBMs vigentes da Vale, além de terem sido devidamente protocolados nas Defesas Cíveis e nas respectivas Prefeituras, encontram-se também disponíveis no site da companhia, no link <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/Paginas/Projetos.aspx>. Especificamente o das Forquilhas I, II, III, IV e Grupo estão na pasta do Paraopeba, contidas no referido link.

Não obstante, caso seja de interesse desta Câmara acessar o conteúdo dos demais volumes que compõem o PSB, a Companhia informa que, por força do tamanho total do documento completo (mais de 30GB), a Vale se coloca à disposição para franquear acesso ao OneDrive para os endereços eletrônicos a serem indicados por esta e. Câmara Municipal de Ouro Preto.

Os demais anexos, listados ao fim deste relatório, seguem anexos ao e-mail de envio.

Sem mais para o momento, a VALE renova os protestos de estima e consideração e se coloca à inteira disposição para fornecimento de qualquer informação adicional que se faça necessária.

  
**Sérgio Luiz de Resende Júnior**  
Mat.: 01366294  
Vale S.A.

---

**DANIEL RAPOSO**  
**VALE S.A**

 <b>VALE</b>	<b>RESTRITO</b>	<b>RELATÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE OURO PRETO</b>	
<b>MINA DE FÁBRICA ATENDIMENTO À EXIGÊNCIAS SEQ8466</b>		<b>Nº VALE: -</b>	<b>PÁGINA: 8/8</b>
		<b>Nº: -</b>	<b>REV: 0</b>

**LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO I - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)**

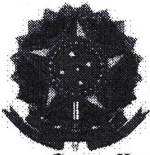
**ANEXO II - E-MAIL ENVIADO PARA A ANM E OUTROS ÓRGÃOS PÚBLICOS  
COMUNICANDO O OCORRIDO**

**ANEXO III – E-MAIL ENVIADO PARA A DEFESA CIVIL COMUNICANDO O OCORRIDO**

**ANEXO IV – RELATÓRIO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO**

**ANEXO V – RELATÓRIO MENSAL DA BARRAGEM FORQUILHA I (NOVEMBRO)**

**ANEXO VI – RELATÓRIO MENSAL DA BARRAGEM FORQUILHA II (NOVEMBRO)**



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-MG**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

Via da Obra/Serviço

Página 1/1

**ART de Obra ou Serviço**  
**1420200000006465144**

1. Responsável Técnico

**DANIEL BERNARDES RAPOSO**

Título profissional:  
**GEOLOGO;**

RNP: 2607512484

Registro: 06.0.5061868233

Empresa contratada:  
**VALE S/A**

Registro: 76177

2. Dados do Contrato

Contratante: **VALE S/A**

CNPJ: 33.592.510/0037-65

Logradouro: **RODOVIA BR-040 KM098**

Nº: 000000

Complemento: **MINA DE FÁBRICA**

Bairro: **MIGUEL BURNIER**

Cidade: **OURO PRETO**

UF: **MG**

CEP: 35400000

Contrato:

Celebrado em:

Valor: **15.001,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **RODOVIA BR-040 KM 098**

Nº: 000000

Complemento: **MINA DE FÁBRICA**

Bairro: **MIGUEL BURNIER**

Cidade: **OURO PRETO**

UF: **MG**

CEP: 35400000

Data de início: **03/12/2020** Previsão de término: **03/01/2025**

Finalidade: **INDUSTRIAL**

Proprietário: **VALE S/A**

CNPJ: 33.592.510/0037-65

4. Atividade Técnica

**1 - GESTÃO**

Quantidade:

Unidade:

**MONITORAMENTO, MINERAÇÃO, BARRAGEM/BARRAMENTO DE REJEITOS E/OU FINOS**

**18.00**

**un**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

**RESP MONIT INSP BARRAGENS A JACUTINGA, ÁREA IX, B.J.PEREIRA, BARNABÉ, BARNABÉ1, FORQ I, II, III, IV, V, FREITAS, GAMBÁ, GRUPO, MARÉSIE2, M.PORCOS, PRATA, CB3.**

6. Declarações

7. Entidade de Classe

**SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE**

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

*Ouro Preto* de *3* de *Dezembro* de *2020*

**DANIEL BERNARDES RAPOSO**

RNP: 2607512484

**VALE S/A**

CNPJ: 33.592.510/0037-65

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$15.001,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: GEOLOGIA APLICADA A ENGENHARIA,

[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) | 0800.0312732



Valor da ART: 233,94

Registrada em: 11/12/2020

Valor Pago: 233,94

Nosso Número: 000000006174643



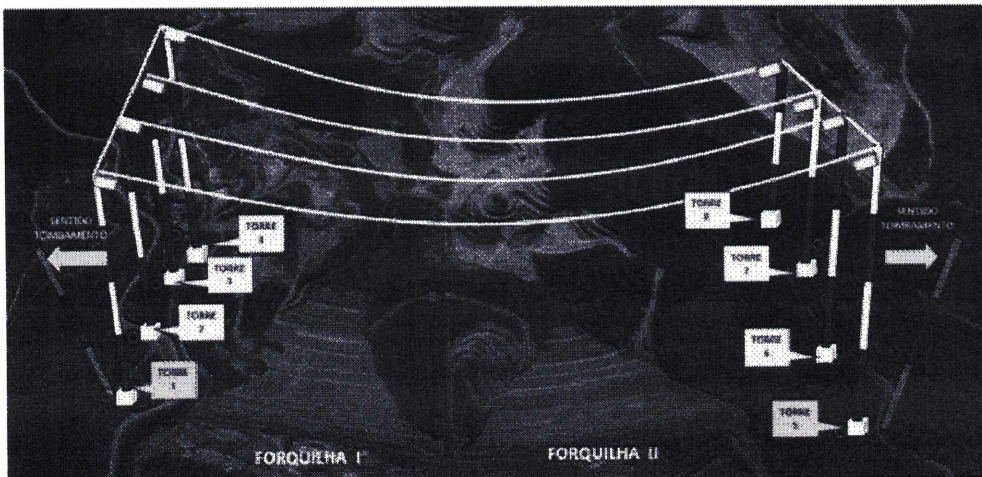
**De:** Alice Borges De Almeida  
**Enviado em:** sexta-feira, 12 de novembro de 2021 19:10  
**Para:** Lucas Marques Trindade; sbvale  
**Cc:** Claudinei Oliveira Cruz; Luiz Paniago Neves; David Vianna; roberto.gomes@meioambiente.mg.gov.br; Pablo Henrique Hubner de Lanna Costa; Felipe Faria de Oliveira; Lucas Pardini Gonçalves; Adriana Augusta de Moura Souza; isabella gomes; Sonia Toledo Goncalves; Paul Rizzo; Abilio Alves; Jill Reed; Juan Jose Gutierrez; Karina Coutinho Lopes; Lilian Simoes; Solange Costa; Eduardo Drumond; sbvale; Felipe Russo; sbvale; Ftvale  
**Assunto:** Report sobre Torres 1 e 5 do Rope Way das Forquilhas 1 e 2

Prezado Dr. Lucas,

Como reportado por e-mail e em reunião realizada há pouco com o Dr. Felipe, informamos que ocorreu um tombamento das Torres 01 e 05 do Rope Way localizado nas Forquilhas I e II. Informamos que não havia pessoas no local, sendo que as torres são periféricas às barragens e não atingiram as estruturas nem respectivas ZAS após o tombamento. Esclarecemos que as torres e o respectivo sistema ainda não estava em funcionamento.

Após a identificação do tombamento todas as atividades relacionadas ao sistema rope way foram paralisadas e a empresa italiana responsável pela tecnologia foi acionada para contribuir na análise do ocorrido. Além disso, a Vale irá contratar também uma consultoria técnica independente para avaliação. No momento do evento, o sistema de monitoramento das Forquilhas 1 e 2 identificou vibrações “nível 1” (nível mais baixo de alerta de acordo com os TARPs) nas estruturas. Posteriormente, as leituras regularizaram-se e se mantiveram nos parâmetros padrão.

Segue abaixo imagem indicando o local e dinâmica da ocorrência:



Permanecemos à disposição para os esclarecimentos que se fizerem necessários.

Tão logo tenhamos dados mais detalhados, informaremos aos senhores.

Att.,

**Alice Borges**

Jurídico Minerário | Mining Law

Departamento Jurídico | Legal Department

Tel. +55(31) 3916-6995 Cel. +55(31) 99994-0103

Vale S.A.

[www.vale.com](http://www.vale.com)

**De:** Lucas Marques Trindade [lucastrindade@mpmg.mp.br](mailto:lucastrindade@mpmg.mp.br)

**Enviada em:** sexta-feira, 12 de novembro de 2021 19:01

**Para:** Alice Borges De Almeida <[alice.borges@vale.com](mailto:alice.borges@vale.com)>; sbvale <[sbvale@sbadv.com.br](mailto:sbvale@sbadv.com.br)>

**Cc:** Claudinei Oliveira Cruz <[Claudinei.Cruz@anm.gov.br](mailto:Claudinei.Cruz@anm.gov.br)>; Luiz Paniago Neves <[luiz.paniago@anm.gov.br](mailto:luiz.paniago@anm.gov.br)>; David Vianna <[presidenciafeam@meioambiente.mg.gov.br](mailto:presidenciafeam@meioambiente.mg.gov.br)>; roberto.gomes@meioambiente.mg.gov.br; Pablo Henrique Hubner de Lanna Costa <[pclubner@mpmg.mp.br](mailto:pclubner@mpmg.mp.br)>; Felipe Faria de Oliveira <[felipefaria@mpmg.mp.br](mailto:felipefaria@mpmg.mp.br)>; Lucas Pardini Gonçalves <[lpardini@mpmg.mp.br](mailto:lpardini@mpmg.mp.br)>; Adriana Augusta de Moura Souza <[adriana.souza@mpt.mp.br](mailto:adriana.souza@mpt.mp.br)>; isabella gomes <[isabella.gomes@mpt.mp.br](mailto:isabella.gomes@mpt.mp.br)>; Sonia Toledo Goncalves <[sonia.goncalves@mpt.mp.br](mailto:sonia.goncalves@mpt.mp.br)>; Paul Rizzo <[Paul.Rizzo@rizzointl.com](mailto:Paul.Rizzo@rizzointl.com)>; Abilio Alves <[Abilio.Alves@rizzointl.com](mailto:Abilio.Alves@rizzointl.com)>; Jill Reed <[Jill.Reed@rizzointl.com](mailto:Jill.Reed@rizzointl.com)>; Juan Jose Gutierrez <[juan.gutierrez@rizzointl.com](mailto:juan.gutierrez@rizzointl.com)>

**Assunto:** Fábrica - Linhas de Vida

[EXTERNAL E-MAIL]

Prezada Dra. Alice,

Boa noite.

Diante da informação enviada verbalmente pela Vale acerca de episódio envolvendo as linhas de vida de barragens na Mina de Fábrica, o MPMG solicita informações mais detalhadas sobre os fatos e as providências tomadas/planejadas pela companhia, já copiando neste e-mail os órgãos públicos possivelmente interessados e a auditoria independente.

Atenciosamente,



**Lucas Marques Trindade**

Promotor de Justiça

Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente das Bacias dos Rios das Velhas e Paraopeba


Rua Dias Adorno, nº 367, 8º andar - Santo Agostinho  
Belo Horizonte - MG  
CEP: 30190-100 - Tel.: (31) 3330-9904

# ENC: Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

Alessandro Santos Oliveira <Alessandro.Oliveira1@vale.com>

qui 16/12/2021 19:30

Para:SBVALE <sbvale@sbadv.com.br>;

 2 anexos (2 MB)

Relatoria Especial microssísmica Forquilha I e II.pdf; ART\_FAB\_Daniel\_Raposo\_Obra\_Serv.pdf;

PSC

---

**De:** Alessandro Santos Oliveira <Alessandro.Oliveira1@vale.com>

**Enviada em:** sábado, 13 de novembro de 2021 15:24

**Para:** nerimoutinho@yahoo.com.br; Leidiana COMPDEC <leidianadefatima@gmail.com>; juscelinououropreto@gmail.com

**Assunto:** Fwd: Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

Obter o [Outlook para iOS](#)

---

**De:** Alessandro Santos Oliveira <Alessandro.Oliveira1@vale.com>

**Enviado:** sábado, novembro 13, 2021 2:45 PM

**Para:** [dcecedec@gmail.com](mailto:dcecedec@gmail.com)

**Assunto:** Fwd: Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

Boa tarde

Segue conforme solicitado.

Att

Alessandro Oliveira  
Gerente de Riscos e Emergencias

Obter o [Outlook para iOS](#)



**De:** Alessandro Santos Oliveira <Alessandro.Oliveira1@vale.com>

**Enviado:** Saturday, November 13, 2021 2:39:44 PM

**Para:** fidelabrida@gmail.com <fidelabrida@gmail.com>; Thiago Filgueiras Biermann <Thiago.Biermann@vale.com>; Jussara De Paula Rezende Cantanhede <Jussara.Cantanhede@vale.com>; Cleuber Oliveira <cleuber.oliveira@vale.com>

**Assunto:** Fwd: Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

Obter o [Outlook para iOS](#)

---

**De:** Daniel Raposo <daniel.raposo@vale.com>

**Enviado:** Saturday, November 13, 2021 9:01:00 AM

**Para:** Alessandro Santos Oliveira <Alessandro.Oliveira1@vale.com>

**Assunto:** FW: Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

PSC

Att.,  
Daniel

---

**From:** Daniel Raposo

**Sent:** sábado, 13 de novembro de 2021 09:00

**To:** Claudinei Oliveira Cruz <Claudinei.Cruz@anm.gov.br>; Luiz Paniago Neves <luiz.paniago@anm.gov.br>; 'jose.pires@meioambiente.mg.gov.br' <jose.pires@meioambiente.mg.gov.br>; 'Juan Jose Gutierrez' <juan.gutierrez@rizzointl.com>; 'leopoldo.hernandez@rizzointl.com' <leopoldo.hernandez@rizzointl.com>; JoseLuis Fenoglio <joseluis.fenoglio@rizzointl.com>; Armando Alcala <armando.alcala@rizzointl.com>; Jill Reed <Jill.Reed@rizzointl.com>; Cagri Cinkilic <Cagri.Cinkilic@rizzointl.com>; Felipe Russo <Felipe.Russo@vale.com>; Danilo Goldoni <danilo.goldoni@vale.com>; Ronaldo Salles <ronaldo.salles@vale.com>; Eduardo Drumond <eduardo.drumond@vale.com>; Raphael Santos Rodrigues <raphael.rodrigues1@vale.com>; Sergio Luiz De Resende Junior <Sergio.Luiz.Resende@vale.com>; Milena Fernandes Xavier Matos <Milena.Matos@vale.com>; Alice Borges De Almeida <alice.borges@vale.com>; Solange Costa <solange.costa@vale.com>; Karina Coutinho Lopes <Karina.Lopes@vale.com>; Ednelson Presotti <ednelson.presotti@vale.com>; Paulo Henrique Vitoria Gouvea <paulo.gouvea@vale.com>; Waldson Souza <waldson.souza@vale.com>; Monique Duarte <Monique.Duarte@vale.com>; Filipe Guimaraes <Filipe.Guimaraes@vale.com>; Filipe Costa <filipe.costa@vale.com>; Mello, Vicente <vicente.Mello@aecom.com>; 'caio.prado@aecom.com' <caio.prado@aecom.com>

**Subject:** Fábrica - Queda das Torres 1 e 5 do Sistema Rope Way

Prezado(a)s.

Informo que por volta das 8h40 do dia 12/11, as torres 1 e 5 do sistema ROPE WAY, que estavam prontas e instaladas, vieram a tombar próximo as ombreiras das barragens Forquilha I e II.

O motivo real da queda será investigado juntamente com a empresa italiana Seik. Inicialmente foi verificado que a possível falha foi na estrutura metálica de uma das torres, que como estava já com cabo tensionado, puxou a outra torre.

Assim que a geotecnia foi informada, instalou-se uma sala de crise para acompanhamento detalhado das barragens. A microsísmica indicou o acionamento de alguns TARP's.

O relatório produzido (anexo) mostra qual foi a resposta nos sistemas de monitoramento, que indicaram que não houveram alterações significativas provocadas por esse evento que possam supor uma piora na condição de estabilidade dessas barragens.

Incluo também a observação que durante essa semana, mesmo com as constantes chuvas, nada de significativo ocorreu nas nossas barragens de Fábrica, que são monitoradas diariamente, incluindo o monitoramento 24h/7 feito pelo Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG).

Hoje estou em Fábrica a disposição para acompanhar inspeções que vocês julgarem necessárias. Como responsável técnico pelo monitoramento das estruturas, aproveito para anexar minha ART.

Atenciosamente,

**Daniel Bernardes Raposo**

Geotecnia e Hidrogeologia – Fábrica

Vale S.A.

Rodovia BR 040 Km 598 - Prédio Técnico

35450-000 - Ouro Preto - MG - Brasil

Tel: +55(31)3749-4909 (Carrier: 848) | (31) 97103 6957

[www.vale.com](http://www.vale.com)

AVISO LEGAL "As informações existentes nesta mensagem e nos arquivos anexados são para uso restrito. A utilização, divulgação, cópia ou distribuição dessa mensagem por qualquer pessoa diferente do destinatário é proibida. Se essa mensagem foi recebida por engano, favor excluí-la e informar ao remetente pelo endereço eletrônico acima."

DISCLAIMER "This email and its attachments may contain privileged and/or confidential information. Use, disclosure, copying or distribution of this message by anyone other than the intended recipient is strictly prohibited. If you have received this email in error, please notify the sender by reply email and destroy all copies of this message."





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>2/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

20/01/2022

VALE



**Atenção: Luciano Assis**

**Relatório Técnico**

**Autores**



Sigla	Profissional	Função	Atividade principal
MRC	Matheus Cunha	Geofísico	Elaboração do relatório
JDG	Juliana Gonçalves	Consultora Técnica	Verificação do relatório
TA	Tiago de Almeida	Consultor Técnico Sr.	Verificação do relatório
LAO	Lorena Oliveira	Gerente de projetos	Aprovação do relatório
LA	Luciano Assis	Gestor Vale	Autorização do relatório



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>3/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1.0</b>	<b>SISTEMA DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DAS BARRAGENS FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>	<b>8</b>
1.1	ARRANJO DO SISTEMA	8
1.2	SAÚDE DO SISTEMA	9
<b>2.0</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS PELOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO</b>	<b>10</b>
2.1	MONITORAMENTO CONVENCIONAL	10
2.1.1	ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA I	10
2.1.2	ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA II	12
2.1.3	REGISTROS OCASIONADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	14
2.1.4	DISTRIBUIÇÃO DAS AMPLITUDES	15
2.1.5	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS AMPLITUDES	23
2.1.6	DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS	34
2.1.7	SISMOS E DETONAÇÕES	40
2.1.8	NORMA DIN 4150	41
2.1.9	ANÁLISE DOS PICOS DE VELOCIDADE	43
2.1.10	ANÁLISE DOS PICOS DE ACELERAÇÃO	51
2.2	MONITORAMENTO INTERFEROMÉTRICO	59
<b>3.0</b>	<b>CONSIDERAÇÕES</b>	<b>64</b>

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>4/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.1	Mapa de localização dos geofones do sistema de monitoramento microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II.	8
Figura 1.2	Histórico da saúde do sistema no período de 13/12/2021 a 12/01/2022.	9
Figura 2.1	PGV de todos os <i>triggers</i> dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 – sensores 101 (a) a 110 (j), respectivamente, por hora do dia.	11
Figura 2.2	PGV de todos os <i>triggers</i> dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 – sensores 1 (a) a 8 (h), respectivamente, por hora do dia.	13
Figura 2.3	Distribuição das descargas atmosféricas observadas pelo sistema instalado nas Barragens Forquilha I e Forquilha II durante todo o período de monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022).	14
Figura 2.4	Número de registros por sensor para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I.	15
Figura 2.5	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I.	16
Figura 2.6	Número de registros por sensor para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II.	17
Figura 2.7	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II.	18
Figura 2.8	Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I.	19
Figura 2.9	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I.	20
Figura 2.10	Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II.	21
Figura 2.11	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II.	22
Figura 2.12	Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I.	24
Figura 2.13	Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.	25






		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>5/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

Figura 2.14 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I no período de 10/03/2020 a 12/01/2022.	27
Figura 2.15 Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.	28
Figura 2.16 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II.	29
Figura 2.17 Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.	30
Figura 2.18 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II no período de 10/03/2020 a 12/01/2022.	32
Figura 2.19 Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.	33
Figura 2.20 Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.	35
Figura 2.21 Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022) em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.	36
Figura 2.22 Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.	37
Figura 2.23 Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022) em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.	38
Figura 2.24 Espectro de frequências e amplitudes para período de monitoramento.	39
Figura 2.25 Valores de PGV e PGA no período de março de 2020 a janeiro de 2022, associados à eventos manualmente processados e caracterizados como evento sísmico natural ou <i>blast</i> .	40
Figura 2.26 Registros de vibração em Forquilha I para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em relação a Norma DIN 4150.	41
Figura 2.27 Registros de vibração em Forquilha II para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em relação a Norma DIN 4150.	42
Figura 2.28 Mapa de <i>Peak Ground Velocity</i> do evento registrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.	44

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>6/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



Figura 2.29 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente.	46
Figura 2.30 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.	48
Figura 2.31 Mapa de <i>Peak Ground Velocity</i> do evento registrado no dia 12/01/2022, às 15:00:44.	49
Figura 2.32 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 104, 105 e 108, respectivamente.	50
Figura 2.33 Mapa de <i>Peak Ground Acceleration</i> do evento registrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.	52
Figura 2.34 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos respectivamente aos sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110 respectivamente.	55
Figura 2.35 Mapa de <i>Peak Ground Acceleration</i> do evento registrado no dia 29/12/2021, às 17:47:20.	56
Figura 2.36 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 104, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.	58
Figura 2.37 Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha I, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022.	59
Figura 2.38 Histórico (10/03/2020 a 12/01/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.	60
Figura 2.39 Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha II, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022.	61
Figura 2.40 Histórico (10/03/2020 a 12/01/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.	62
Figura 2.41 Indicação do erro associado ao cálculo da interferometria. A zona sombreada ao redor das curvas indica o erro associado aos dados.	63

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>7/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.	43
Tabela 2.2	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/01/2022, às 15:00:44.	49
Tabela 2.3	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.	51
Tabela 2.4	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 29/12/2021, às 17:47:20.	56



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>8/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 1.0 SISTEMA DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DAS BARRAGENS FORQUILHA I E FORQUILHA II

### 1.1 ARRANJO DO SISTEMA

Da concepção do arranjo microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II, optou-se por cobrir a maior parte do maciço, com exceção para os sensores 103 e 3 que se encontram na praia de rejeitos, prezando pela realização de pareamentos que amostrassem toda a estrutura.

Ao todo, o sistema de Forquilha I conta com 10 geofones, sendo 7 sensores uniaxiais (SMGU) e 3 sensores triaxiais (SMGT). Já o sistema de Forquilha II é composto por 8 geofones, sendo 5 sensores uniaxiais (SMGU) e 3 sensores triaxiais (SMGT), conforme exposto na Figura 1.1. Eles estão dispostos ao longo do maciço e das ombreiras de ambas as estruturas, conectados a quatro estações sísmicas alimentadas por energia solar. Dentre os sensores apresentados, os em cor vermelha correspondem aos geofones triaxiais e os em cor preta, aos uniaxiais.

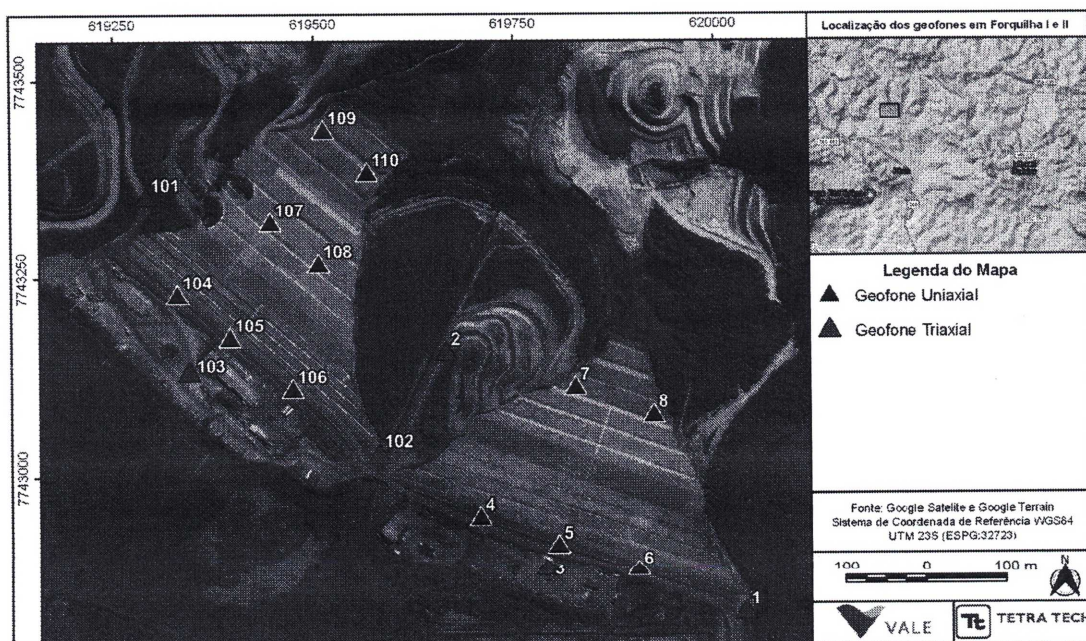




Figura 1.1: Mapa de localização dos geofones do sistema de monitoramento microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>9/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 1.2 SAÚDE DO SISTEMA

No período de análise deste relatório, os sistemas de checagem já indicavam problemas no sensor 3 (componente X) de Forquilha II. O sensor 103, de Forquilha I, passou a apresentar problemas a partir do dia 05/01/2022.

O sistema esteve majoritariamente *online* e transmitindo dados durante todo o período, com exceção do dia 10/01/2022, em que a estação 2 de Forquilha II esteve *offline*. Nesse dia houve prejuízo na coleta de dados. Para o restante dos sensores em funcionamento e *online*, não houve prejuízo para a coleta de dados nem para o cálculo da interferometria sísmica do ruído ambiente.

Uma síntese do *status* do sistema ao longo do período de análise está apresentada na Figura 1.2. A média do *status* operacional foi de 87,7% e a saúde média foi de 75,6%.

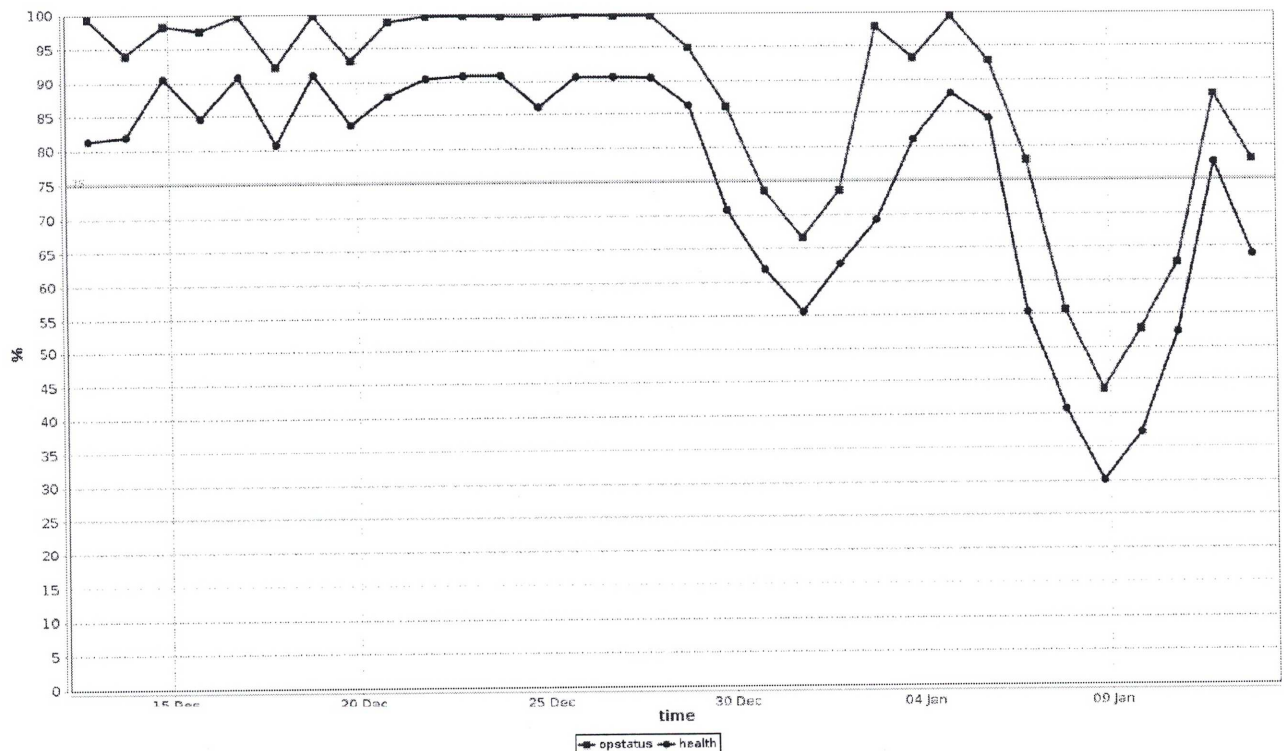



Figura 1.2: Histórico da saúde do sistema no período de 13/12/2021 a 12/01/2022.



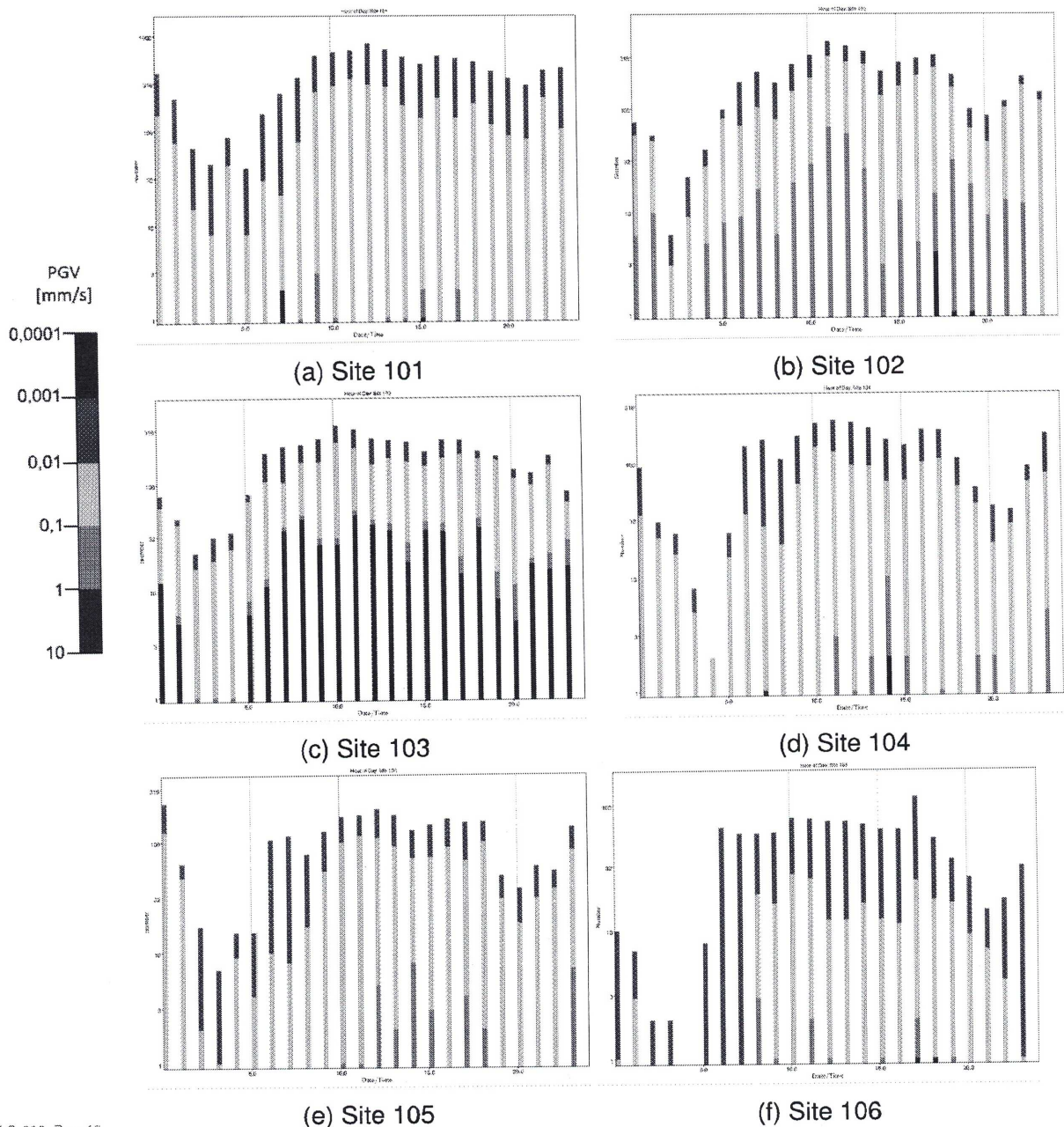
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>10/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>



## 2.0 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS PELOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO

### 2.1 MONITORAMENTO CONVENCIONAL

#### 2.1.1 ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA I

As Figuras 2.1 e 2.2, de (a) a (j) e (a) a (h) apresentam as distribuições de PGV registrados de 13/12/2021 a 12/01/2022, por sensor e por hora, ao longo do dia para as Forquilha I e Forquilha II, respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>11/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

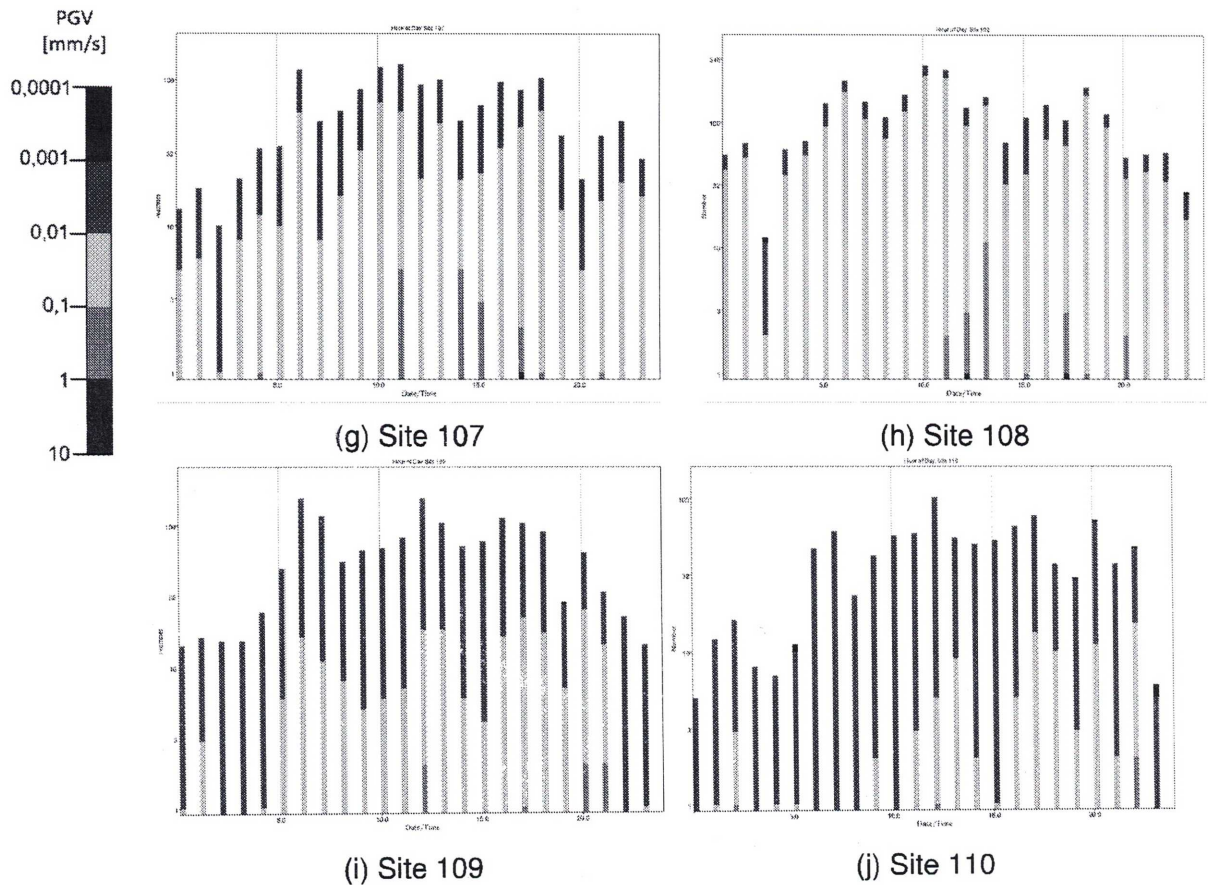

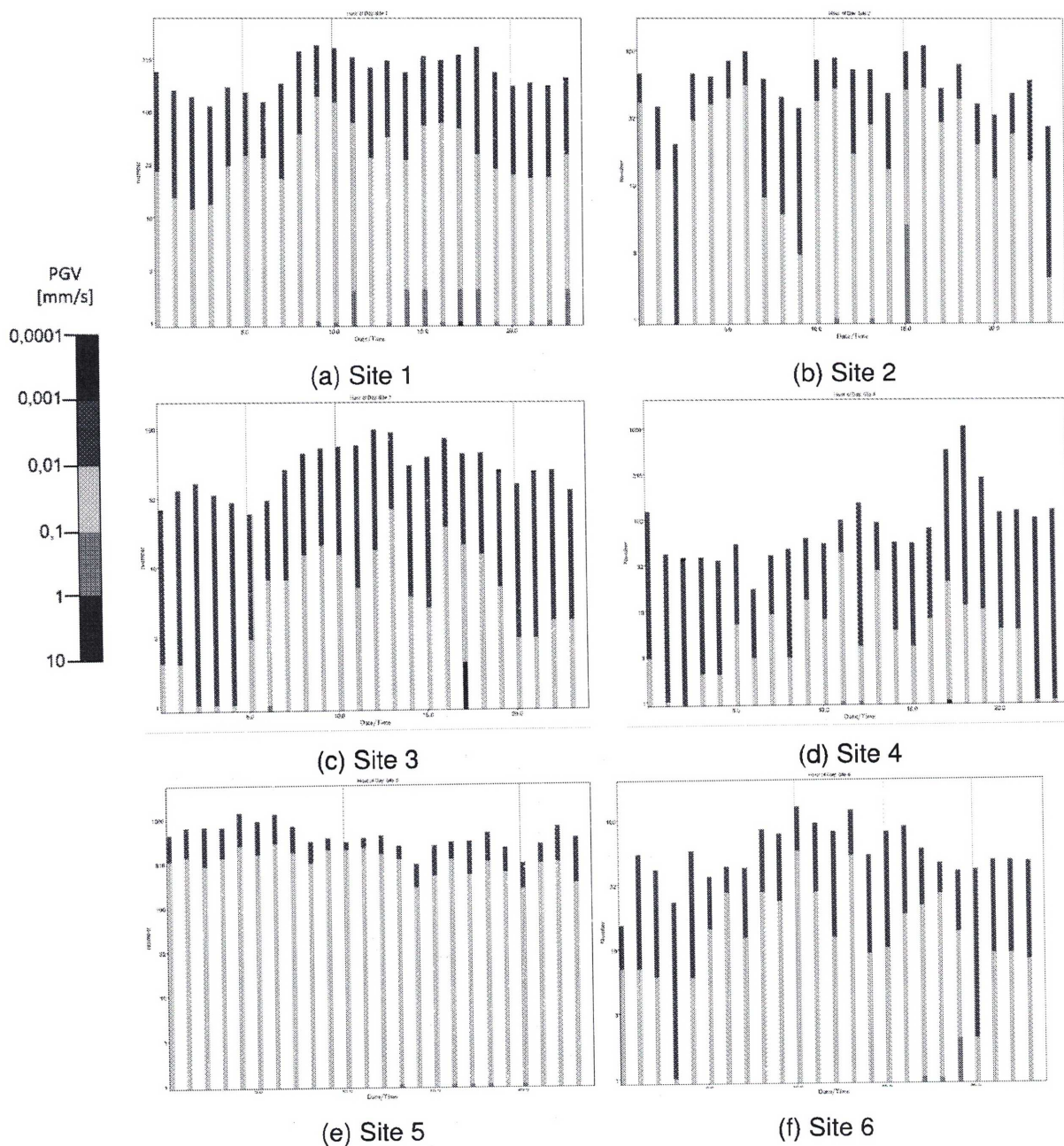




Figura 2.1: PGV de todos os *triggers* dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 – sensores 101 (a) a 110 (j), respectivamente, por hora do dia.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>12/65</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.2 ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA II



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>13/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

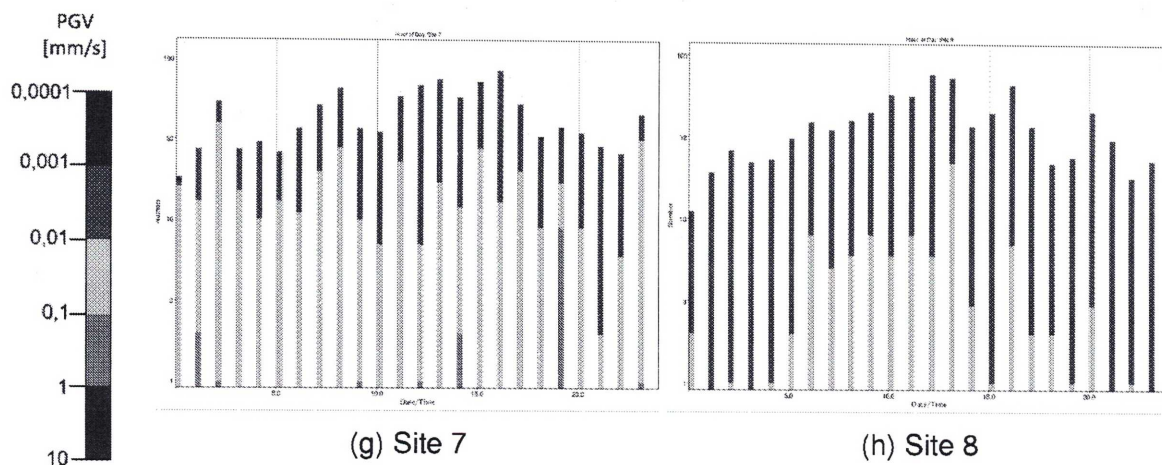




Figura 2.2: PGV de todos os *triggers* dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 – sensores 1 (a) a 8 (h), respectivamente, por hora do dia.

Em ambas as estruturas, a maioria dos registros contém amplitudes na faixa entre 0,001 e 0,1 mm/s, nas quais, de maneira geral, há um aumento da amplitude e no número de registros entre 07h e 17h, que corresponde também ao horário de operação da mina.

No sistema de Forquilha I (Figura 2.1), todos os sensores apresentaram vibrações de amplitude superior a 0,1 mm/s, que se deram em sua maioria no período diurno, principalmente durante o horário operacional da mina. Nos sensores 101, 102, 104, 106 e 108 foram observadas amplitudes superiores a 1 mm/s, em especial no final da tarde. Como o sensor 103 apresentou problemas, o reflexo disso pode observado em seu respectivo gráfico, a partir da grande quantidade de registros com PGV elevado.

No sistema de Forquilha II (Figura 2.2), assim como em Forquilha I, todos os sensores apresentaram vibrações de amplitude superior a 0,1 mm/s durante o horário operacional da mina. Nos sensores 1, 3 e 4 foram observadas amplitudes superiores a 1 mm/s, em especial no final da tarde, assim como verificado nos sensores de Forquilha I, o que pode estar associado à fenômenos das chuvas, como descargas atmosféricas e trovões.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>14/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### 2.1.3 REGISTROS OCACIONADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

De 10/03/2020 a 12/01/2022, dentre os registros do sistema de monitoramento microssísmico que opera em Forquilha I e Forquilha II, 1.382 registros associados a 461 eventos foram removidos do banco de dados por estarem, possivelmente, vinculados a descargas atmosféricas. A distribuição desses fenômenos ao longo do monitoramento está exibido na Figura 2.3.

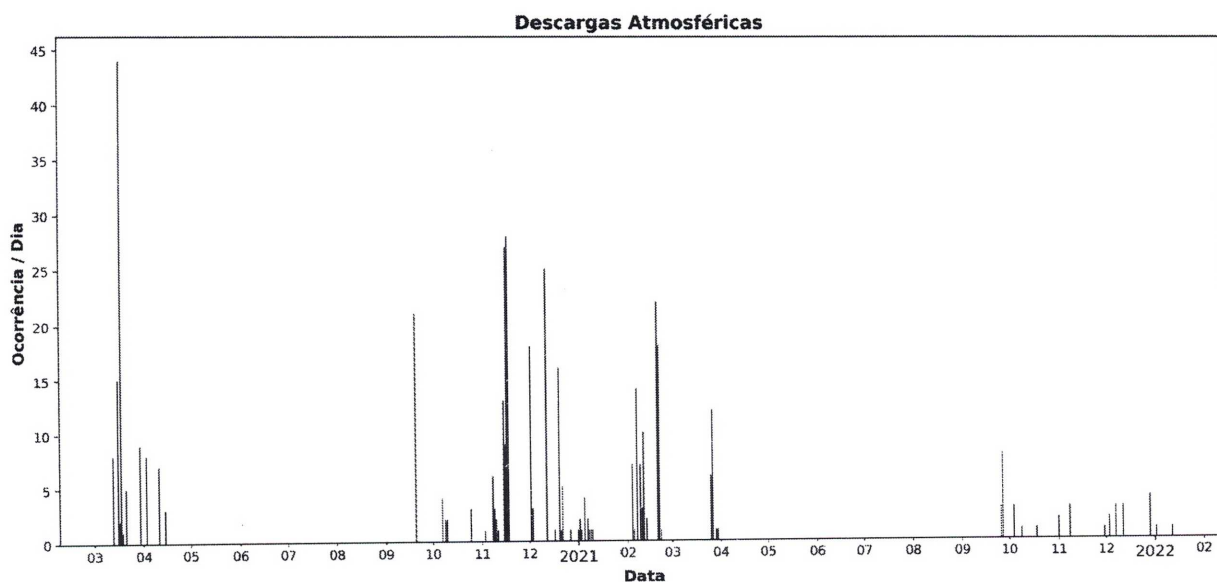




Figura 2.3: Distribuição das descargas atmosféricas observadas pelo sistema instalado nas Barragens Forquilha I e Forquilha II durante todo o período de monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>15/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.4 DISTRIBUIÇÃO DAS AMPLITUDES

### Monitoramento Mensal - Forquilha I (13/12/2021 a 12/01/2022)

As Figuras 2.4 e 2.5, referentes à Forquilha I, apresentam, respectivamente, para o período de análise deste relatório, a distribuição da quantidade de registros por sensor e os valores máximos de PGV e PGA bem como suas médias. O sensor 104, localizado na crista da barragem, apresentou o maior número de registros. O sensor 105, localizado também na crista, registrou o maior valor de PGV, enquanto o sensor 109, localizado à jusante da crista, registrou os maiores valores de PGA.

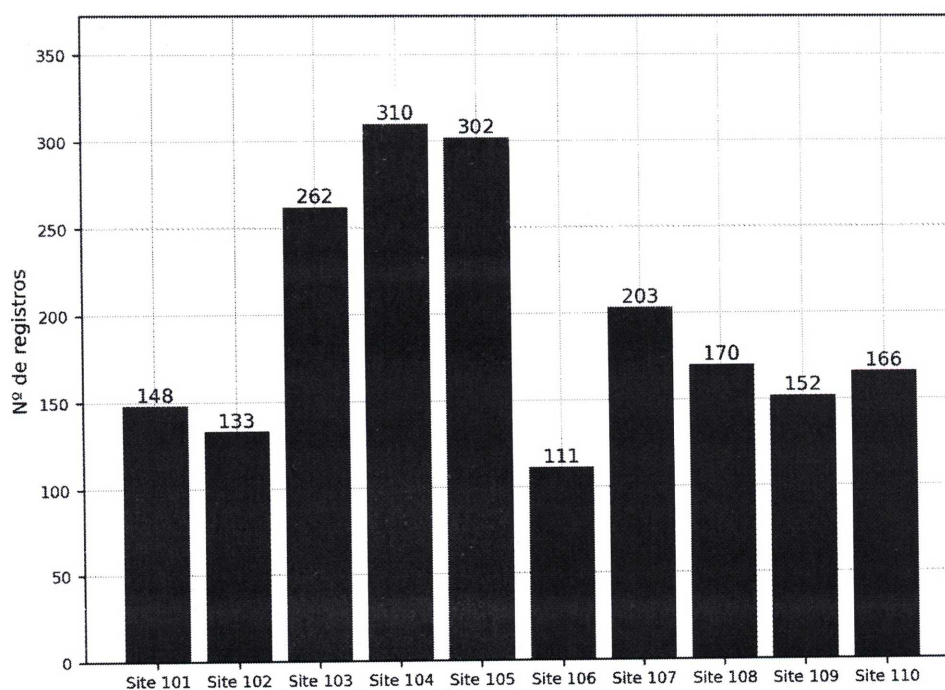




Figura 2.4: Número de registros por sensor para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>16/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

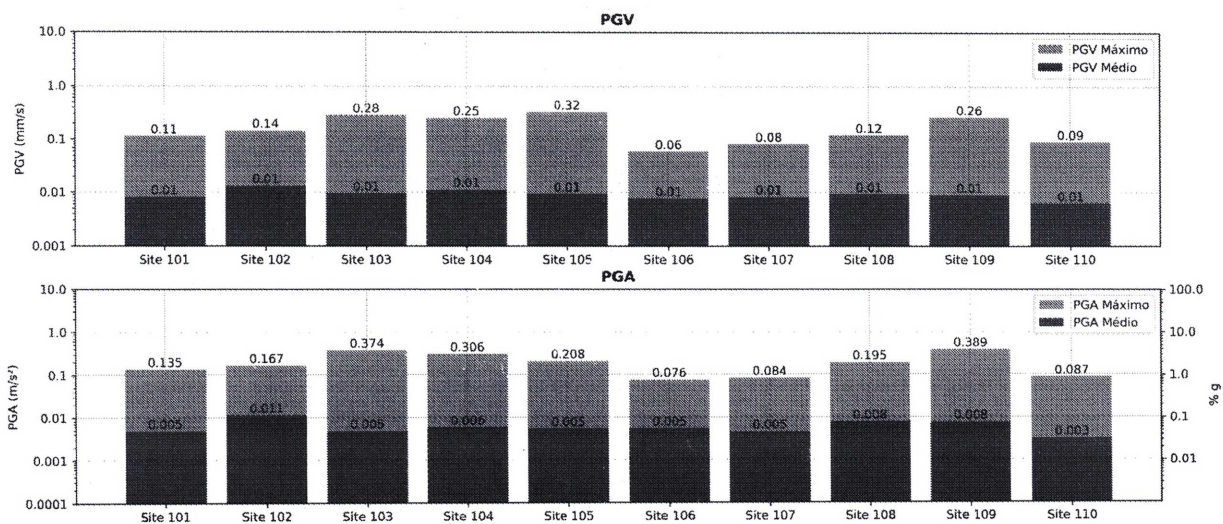




Figura 2.5: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>17/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### Monitoramento Mensal - Forquilha II (13/12/2021 a 12/01/2022)

As Figuras 2.6 e 2.7, referentes à Forquilha II, apresentam, respectivamente, para o período de análise deste relatório, a distribuição da quantidade de registros por sensor e os valores máximos de PGV e PGA bem como suas médias. O sensor 5, localizado na crista, apresentou o maior número de registros. Ainda, o sensor 1, localizado na ombreira direita, registrou os maiores valores de PGV e PGA.

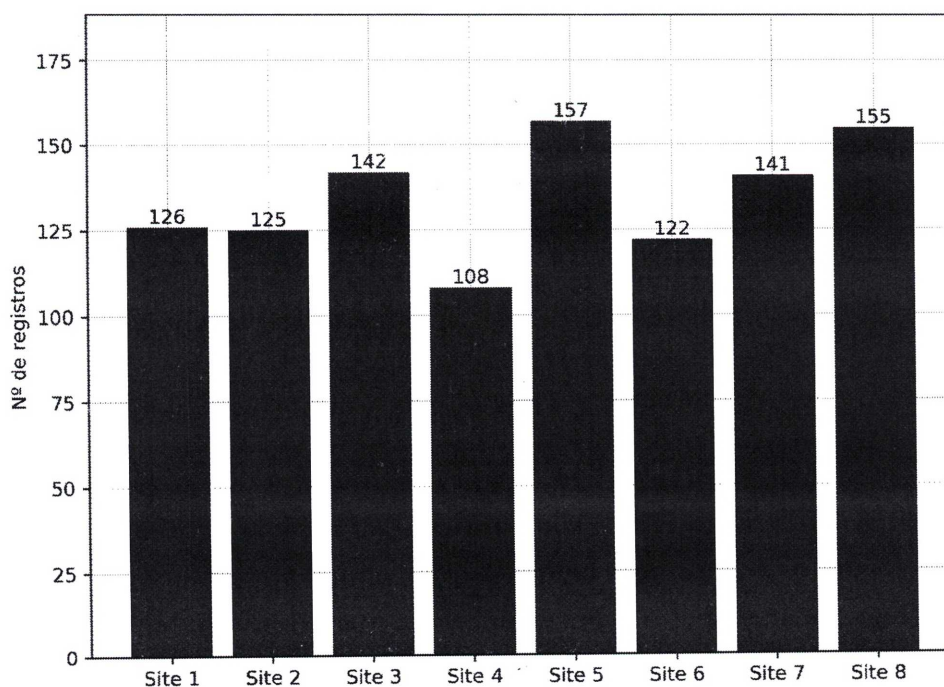




Figura 2.6: Número de registros por sensor para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>18/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

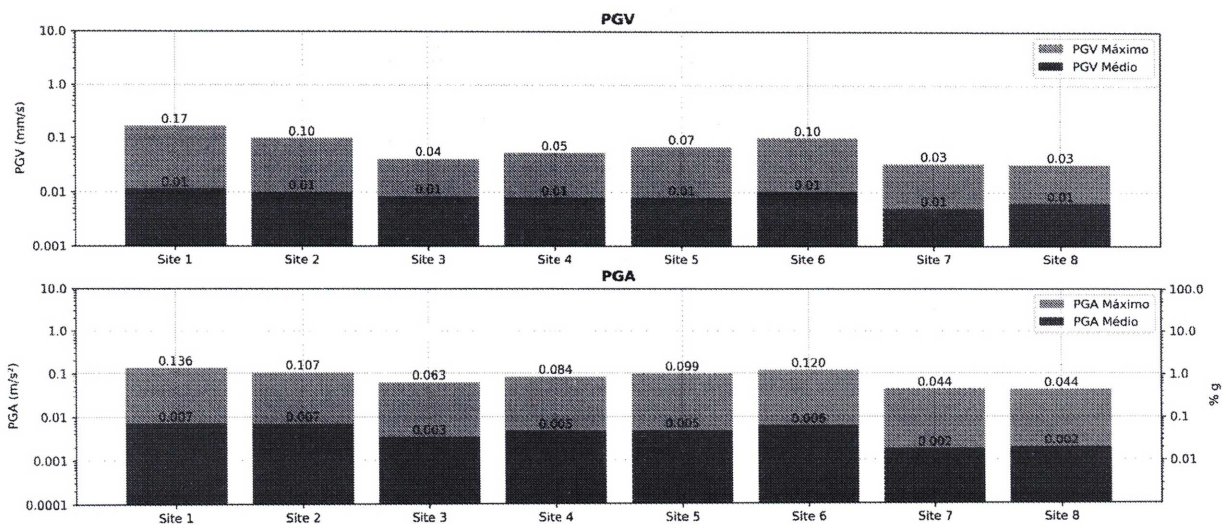




Figura 2.7: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II.

 <b>VALE</b>	 <b>TETRA TECH</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>USO INTERNO</b>	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>MICROSSÍSMICO DE</b> <b>BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E</b> <b>FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			<b>Nº VALE</b>	<b>PÁGINA</b> <b>19/65</b>
			<b>Nº TETRA TECH</b> <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-</b> <b>2021.12</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>

### Histórico de Monitoramento - Forquilha I (10/03/2020 a 12/01/2022)

Comparativamente, as Figuras 2.8 e 2.9 apresentam os valores de PGV e PGA registrados pelos sensores para todo o período de monitoramento para Forquilha I. O sensor 103, localizado no reservatório, apresenta o maior número de registros. As maiores amplitudes de vibração com relação ao PGV foram registradas pelo sensor 102, e ao PGA pelo sensor 109. O sensor 102 está localizado na ombreira direita, e o sensor 109 à jusante da crista.

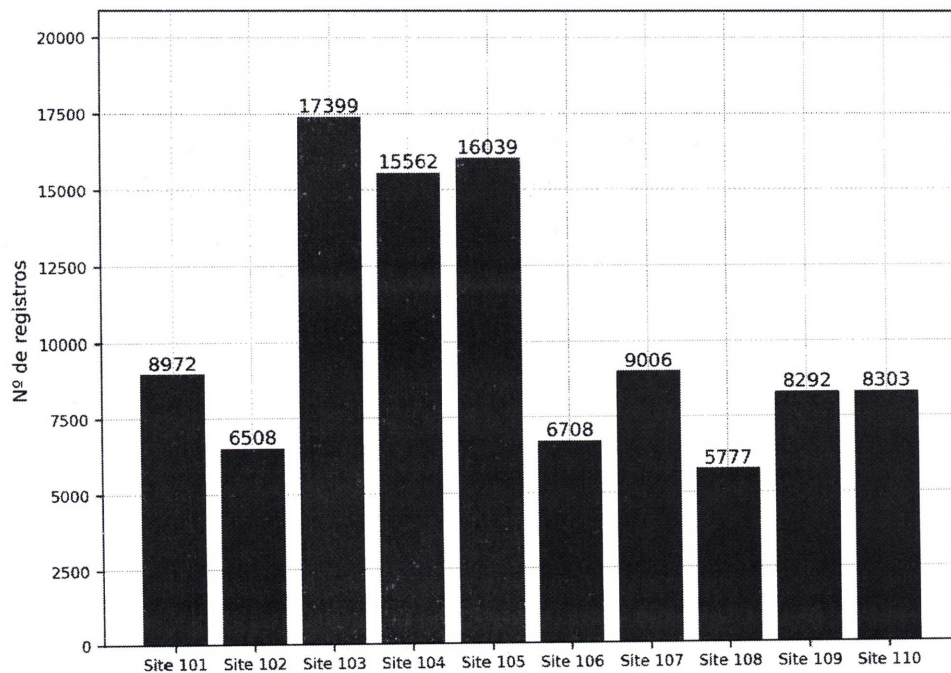




Figura 2.8: Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>20/65</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

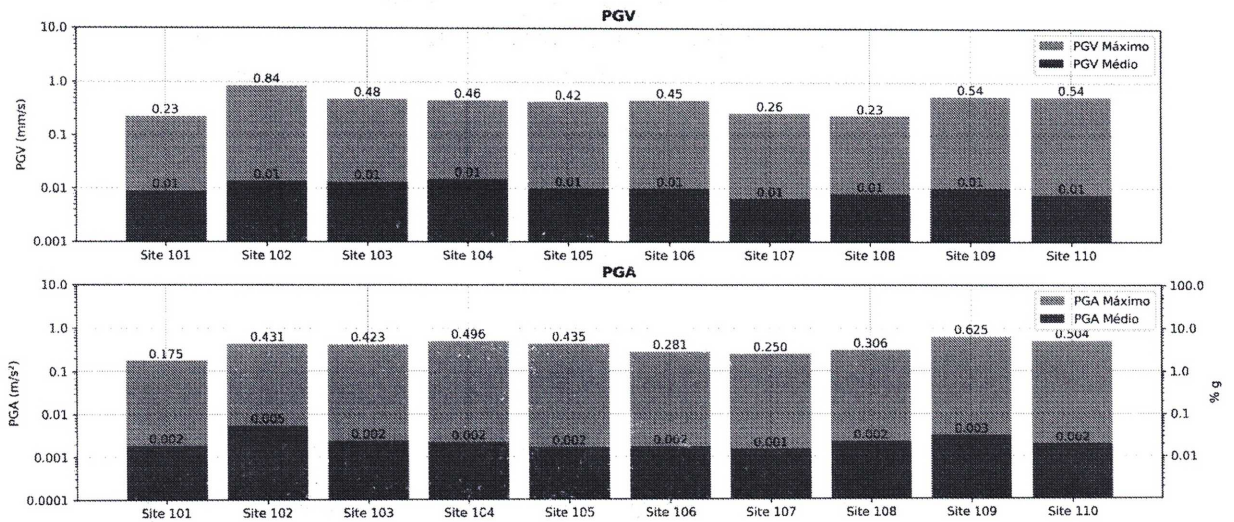




Figura 2.9: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>21/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### Histórico de Monitoramento - Forquilha II (10/03/2020 a 12/01/2022)

Comparativamente, as Figuras 2.10 e 2.11 apresentam os valores de PGV e PGA registrados pelos sensores para todo o período de monitoramento. O sensor 5, localizado na crista, apresenta o maior número de registros. As maiores amplitudes de com relação ao PGV e PGA foram registradas pelo sensor 3, localizado no reservatório.

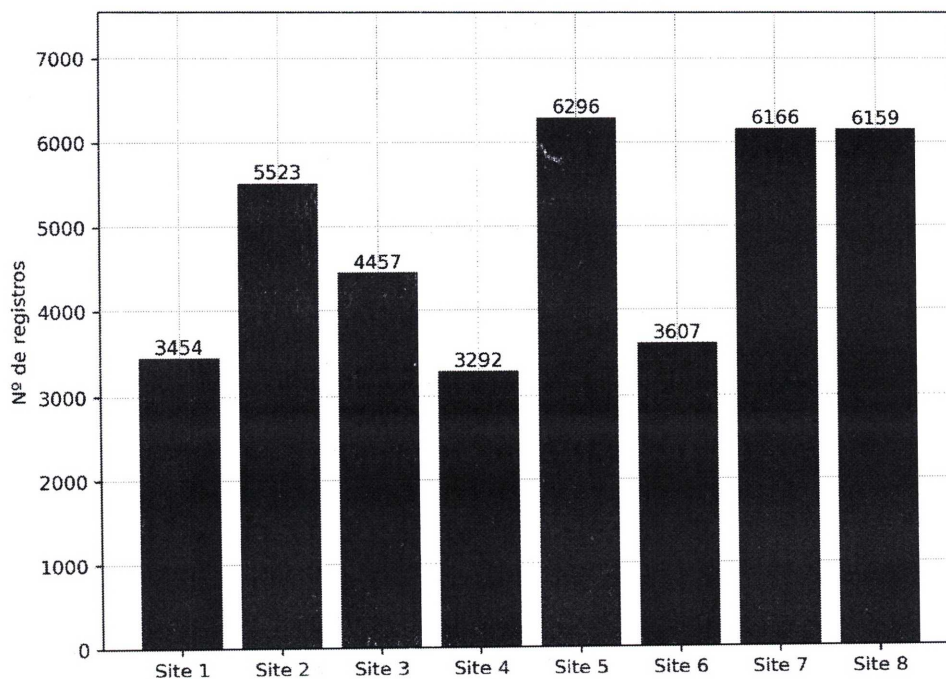




Figura 2.10: Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>22/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

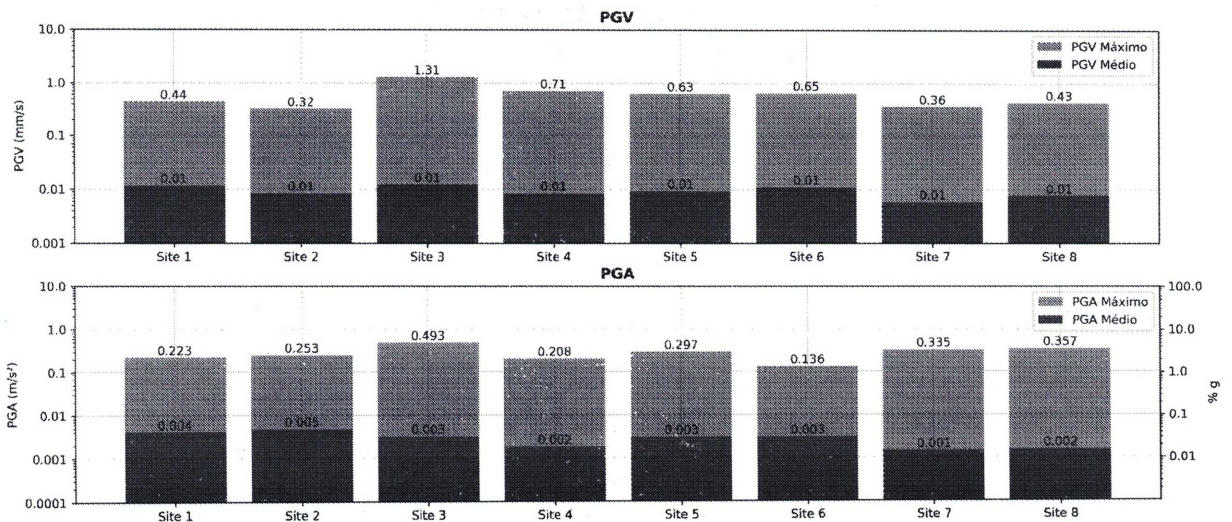




Figura 2.11: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>23/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



## 2.1.5 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS AMPLITUDES

### Forquilha I

O banco de dados que abrange o monitoramento realizado de 13/12/2021 a 12/01/2022 conta com 1.957 registros relacionados a 663 eventos distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,001050 mm/s e **0,323908 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,009347 mm/s, a mediana foi de 0,005123 mm/s e o desvio padrão foi de 0,018114 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000114 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,389479 m/s<sup>2</sup> (3,98% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,005872 m/s<sup>2</sup> (0,06% de g), a mediana foi de 0,000703 m/s<sup>2</sup> (0,007% de g) e o desvio padrão foi de 0,021007 m/s<sup>2</sup> (0,2% de g);
- 99,85% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.12 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para o período de monitoramento mensal. A distribuição dos valores de pico registrados de 13/12/2021 a 12/01/2022 estão apresentados na Figura 2.13.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>24/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

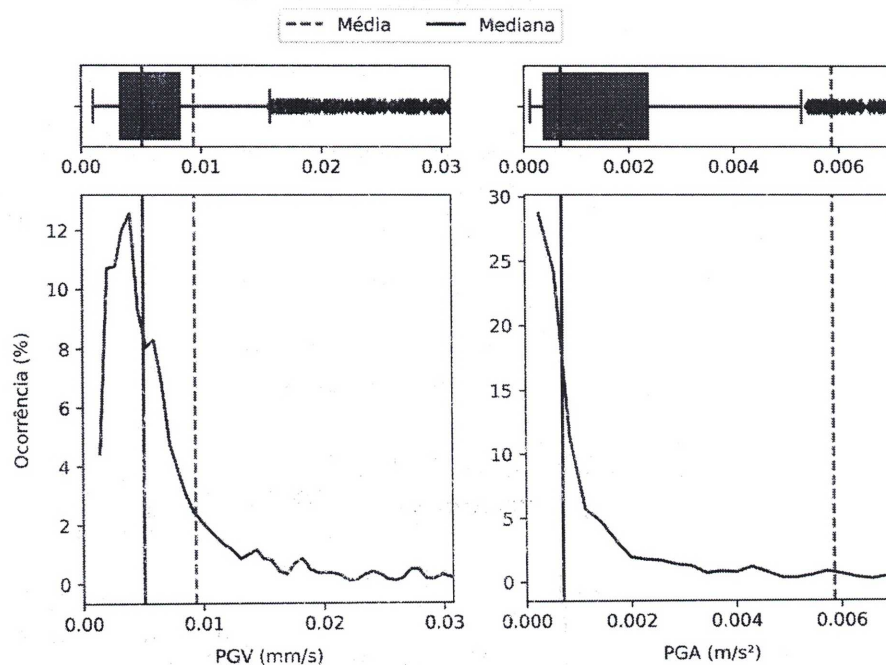


Figura 2.12: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>25/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12</b>	REV. <b>A</b>

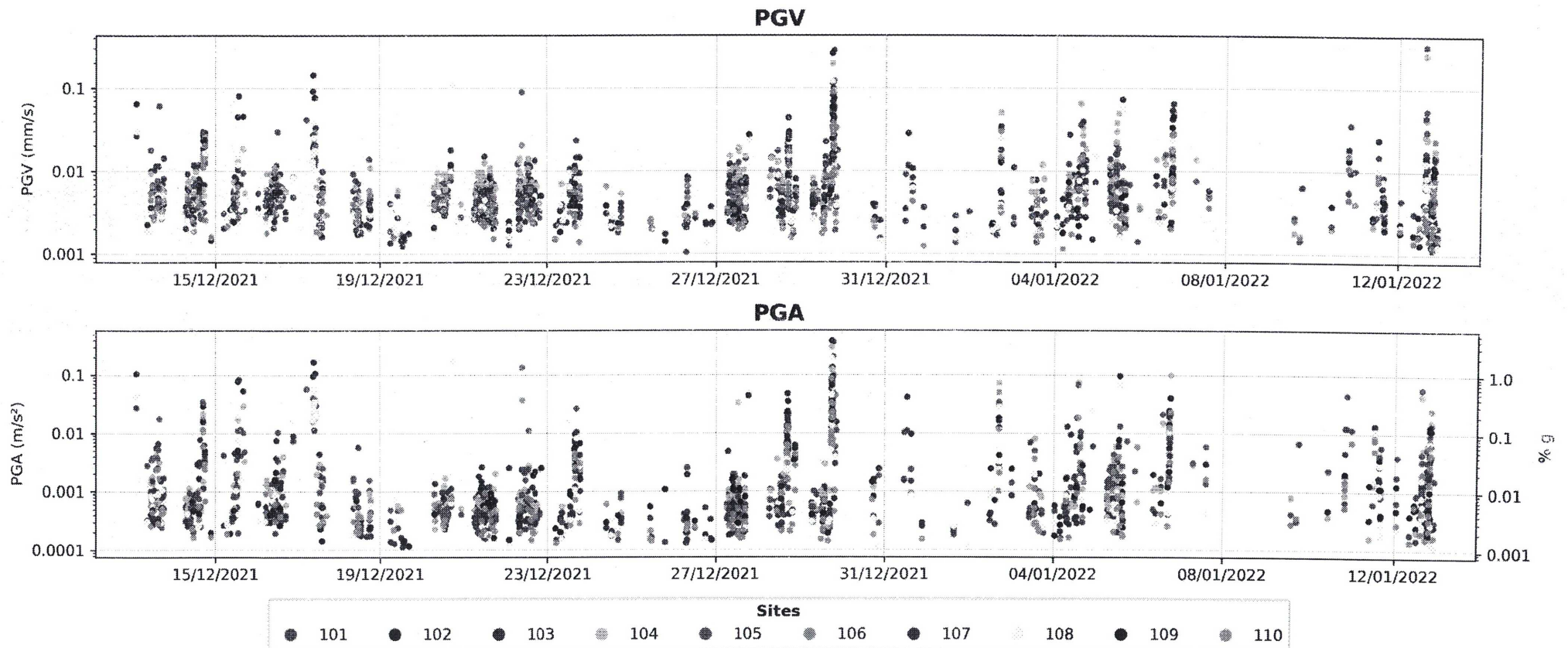




Figura 2.13: Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>26/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

No que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022), o banco de dados contém 102.566 registros, que correspondem a 34.847 eventos com horários distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,000217 mm/s e **0,841217 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,010783 mm/s, a mediana foi de 0,006376 mm/s e o desvio padrão foi de 0,015448 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000097 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,625451 m/s<sup>2</sup> (6,40% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,002287 m/s<sup>2</sup> (0,02% de g), a mediana foi de 0,000652 m/s<sup>2</sup> (0,007% de g) e o desvio padrão foi de 0,009828 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 99,98% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- Aproximadamente 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.14 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para todo o período de monitoramento. A distribuição dos valores de pico registrados de 10/03/2020 a 12/01/2022 estão apresentados na Figura 2.15.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>27/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>

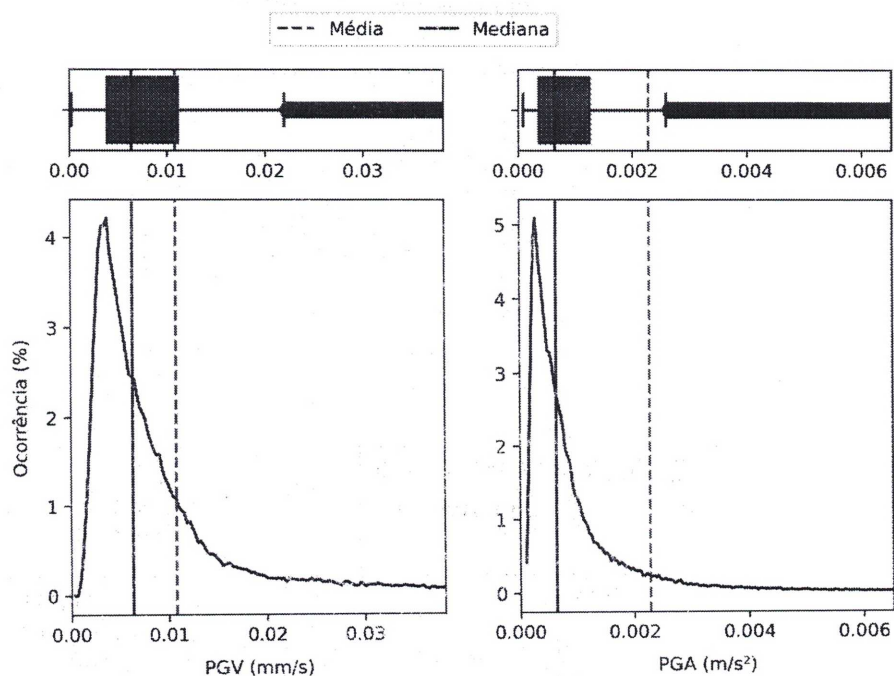


Figura 2.14: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I no período de 10/03/2020 a 12/01/2022.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>28/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

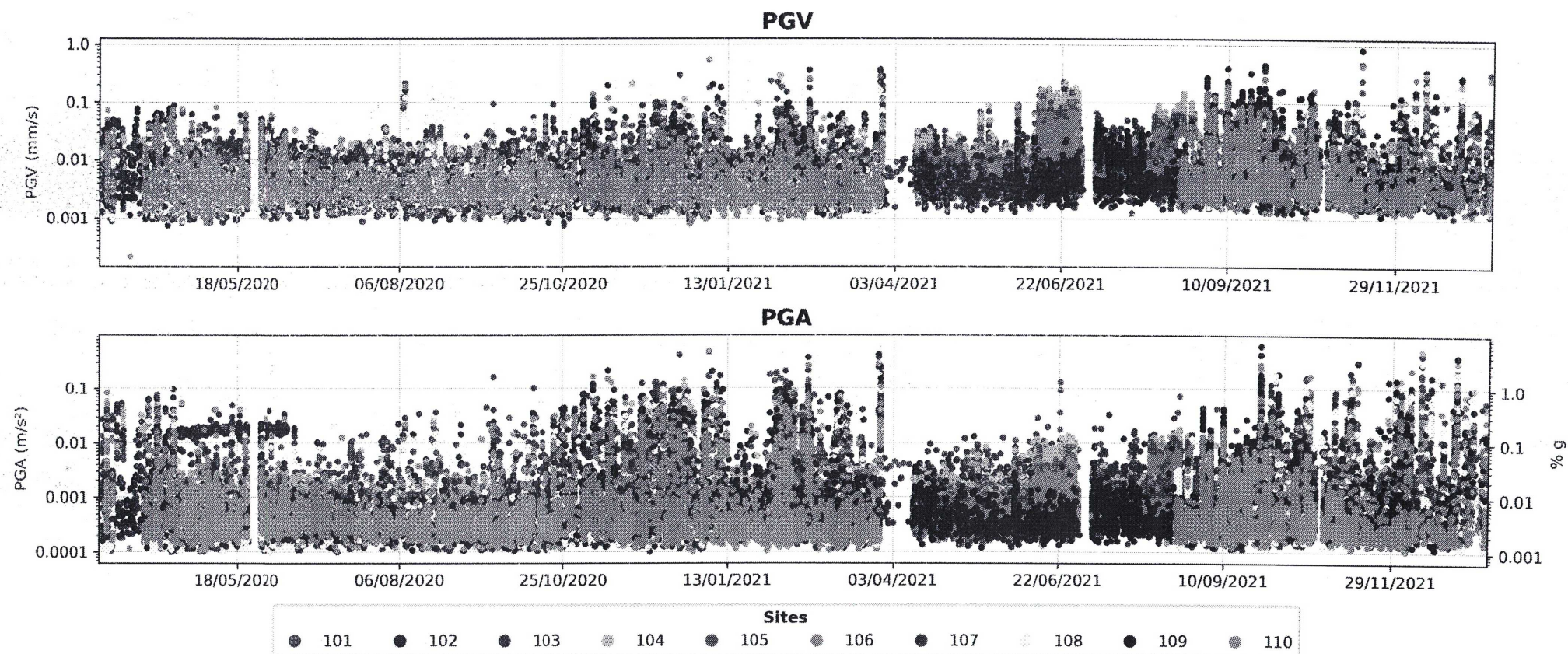




Figura 2.15: Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>29/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	

## Forquilha II

O banco de dados que abrange o monitoramento realizado de 13/12/2021 a 12/01/2022 conta com 1.076 registros relacionados a 430 eventos distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,001099 mm/s e **0,166770 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,008333 mm/s, a mediana foi de 0,004938 mm/s e o desvio padrão foi de 0,012225 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000113 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,135935 m/s<sup>2</sup> (1,39% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,004489 m/s<sup>2</sup> (0,05% de g), a mediana foi de 0,000687 m/s<sup>2</sup> (0,007% de g) e o desvio padrão foi de 0,012695 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).

A Figura 2.16 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para o período de monitoramento mensal. As distribuições dos valores de pico registrados de 13/12/2021 a 12/01/2022 estão apresentadas na Figura 2.17.

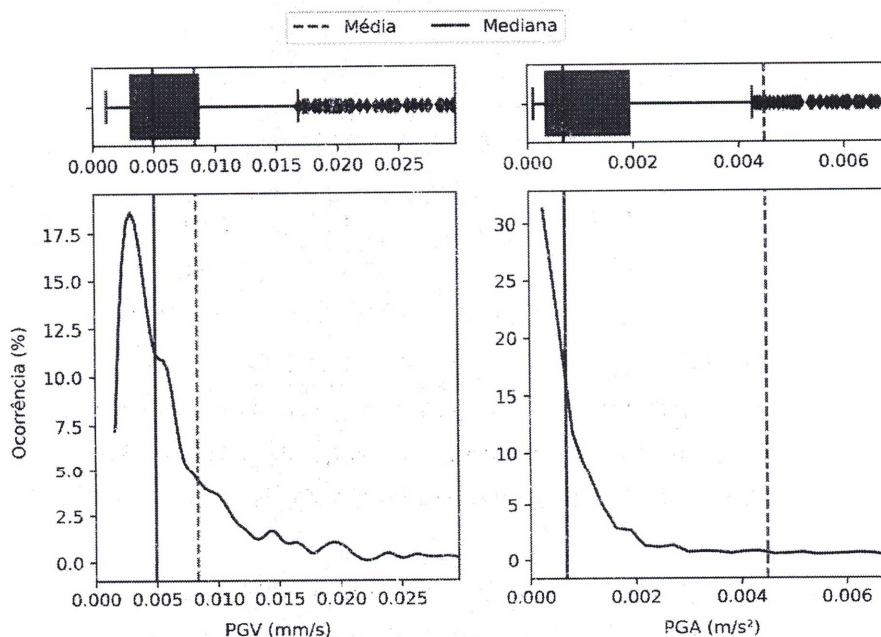


Figura 2.16: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>30/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

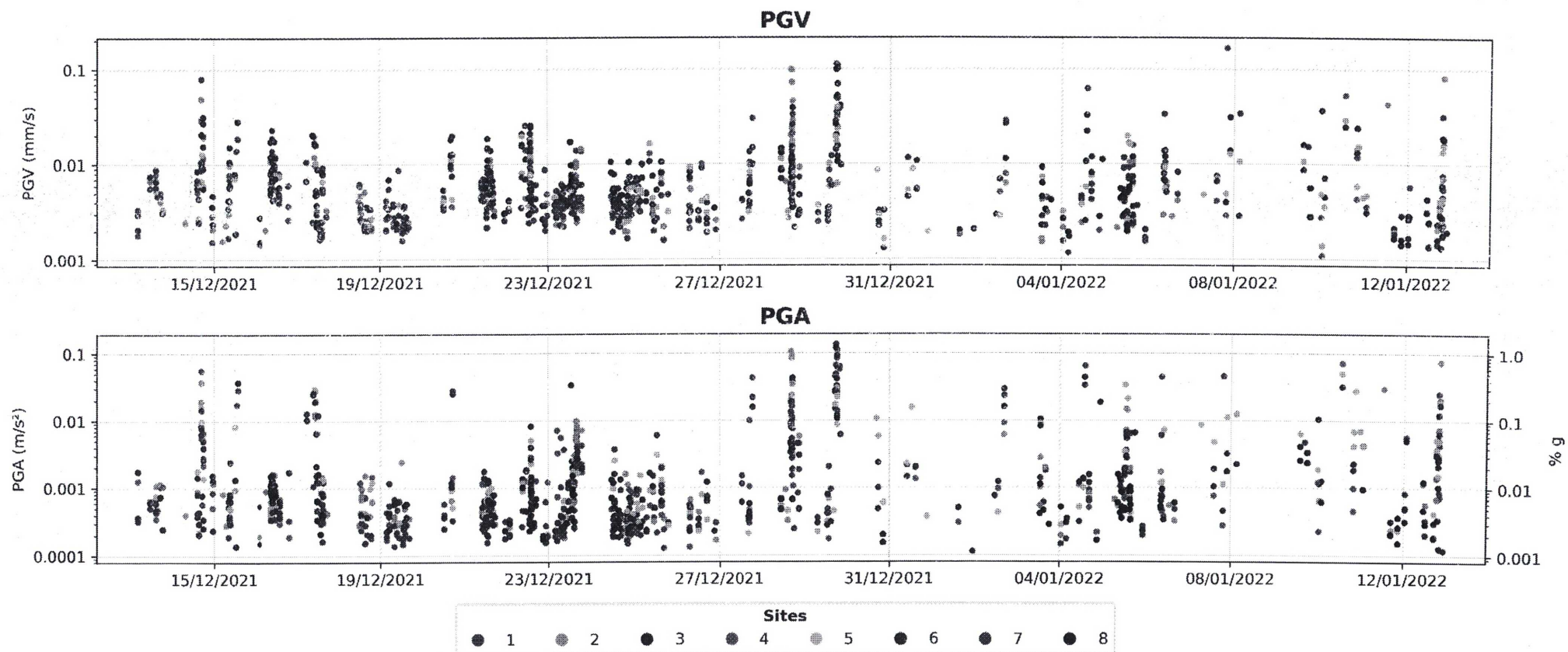




Figura 2.17: Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>31/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

No que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022), o banco de dados contém 38.954 registros, que correspondem a 16.850 eventos com horários distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,000399 mm/s e **1,307680 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,009088 mm/s, a mediana foi de 0,006554 mm/s e o desvio padrão foi de 0,015604 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000104 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,493177 m/s<sup>2</sup> (5,04% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,002829 m/s<sup>2</sup> (0,03% de g), a mediana foi de 0,000586 m/s<sup>2</sup> (0,006% de g) e o desvio padrão foi de 0,010682 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 99,99% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- Aproximadamente 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.18 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para todo o período de monitoramento. As distribuições dos valores de pico registrados de 10/03/2020 a 12/01/2022 estão apresentadas na Figura 2.19.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>32/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

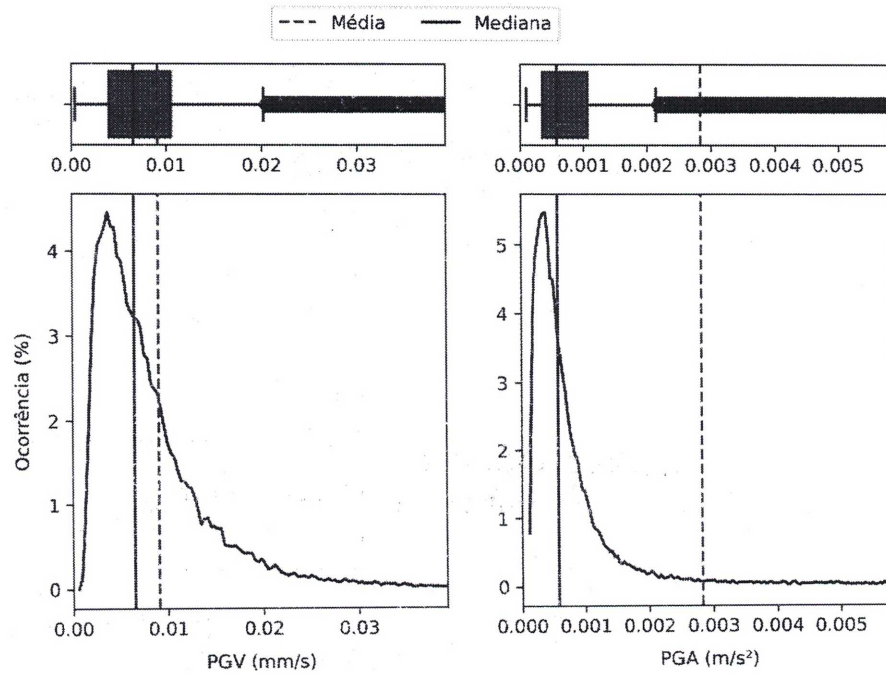
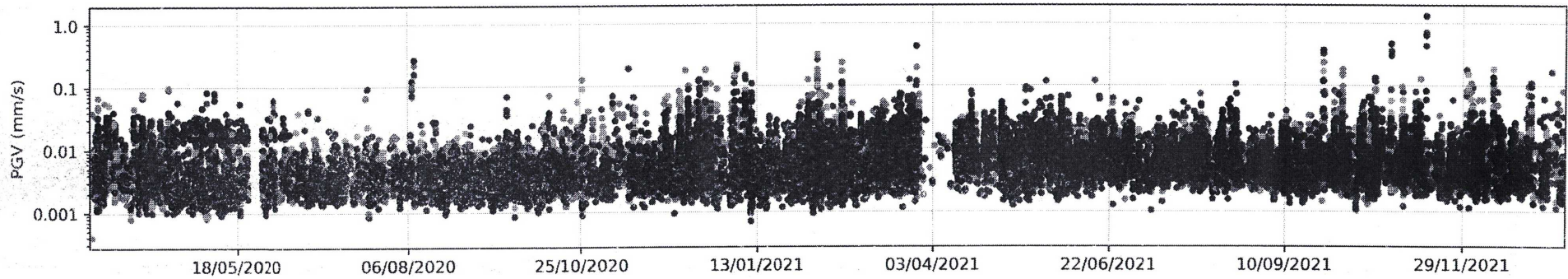


Figura 2.18: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II no período de 10/03/2020 a 12/01/2022.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>33/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

**PGV**



**PGA**

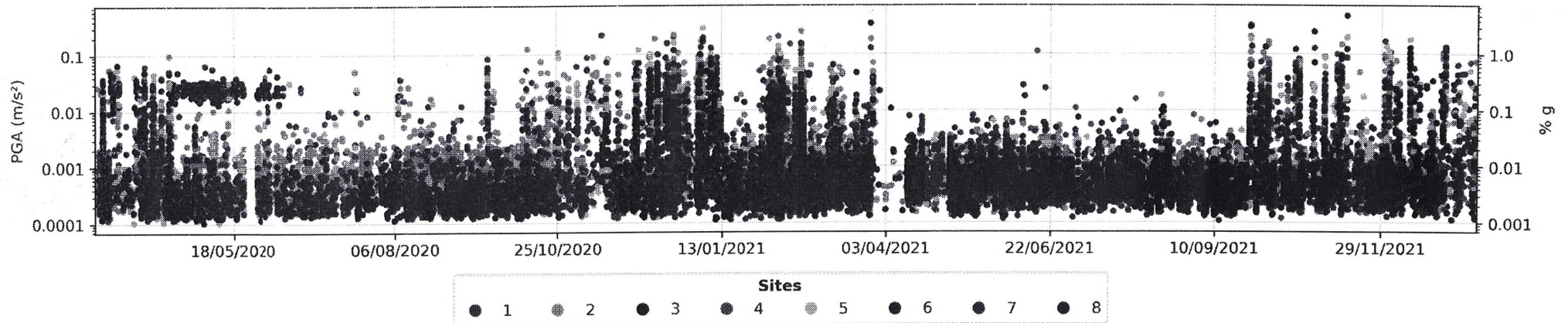




Figura 2.19: Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/01/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>34/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### 2.1.6 DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS

De forma a complementar as amplitudes de vibração observadas, as Figuras 2.20 e 2.21 apresentam, para Forquilha I, os valores de frequência dominante associados aos registros de PGV e PGA, no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 e ao longo de todo o monitoramento, respectivamente. Igualmente, as Figuras 2.22 e 2.23 apresentam as mesmas informações para Forquilha II.

Nessas figuras, nota-se uma maior quantidade de registros associados a frequências mais altas, próximas ou acima de 100 Hz, nos últimos três e primeiros quatro meses de cada ano, aproximadamente. Ao mesmo tempo, observa-se na Figura 2.3, no item 2.1.3, um aumento no número de descargas atmosféricas, associadas ao período chuvoso. Dessa forma, registros com frequências mais elevadas no período indicado podem estar associadas a trovões, que são decorrentes das descargas atmosféricas.

A Figura 2.24 apresenta a relação entre as frequências e os valores de amplitude registrados para o 13/12/2021 a 12/01/2022, de modo que se possa associar a frequência predominante durante a atividade que gerou as amplitudes naquele momento.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>35/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12</b>	REV. <b>A</b>

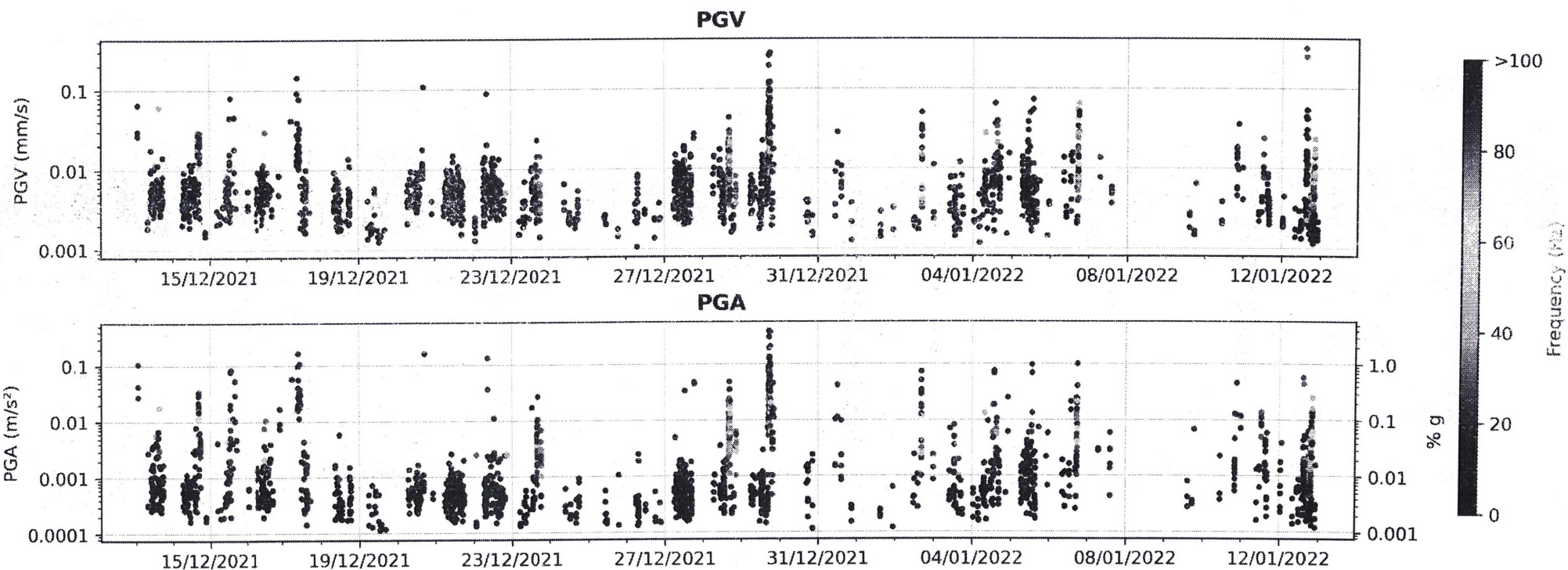


Figura 2.20: Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>36/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

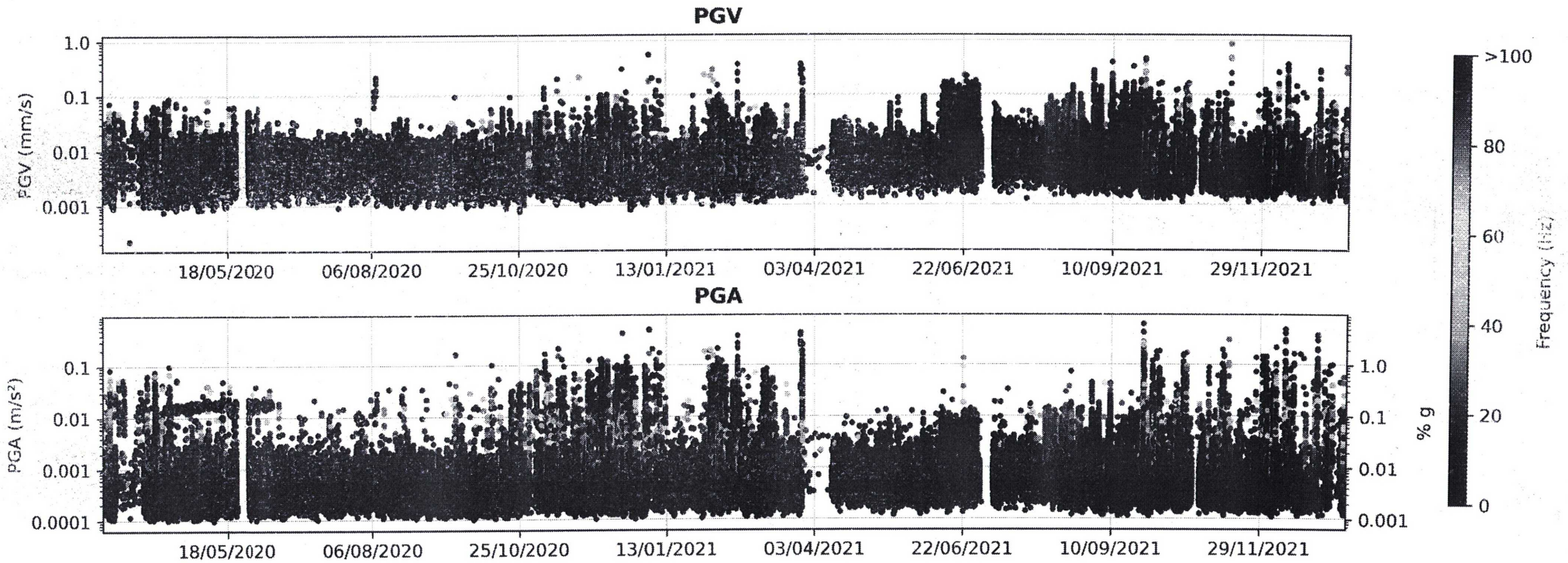


Figura 2.21: Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022) em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>37/65</b>
<b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>

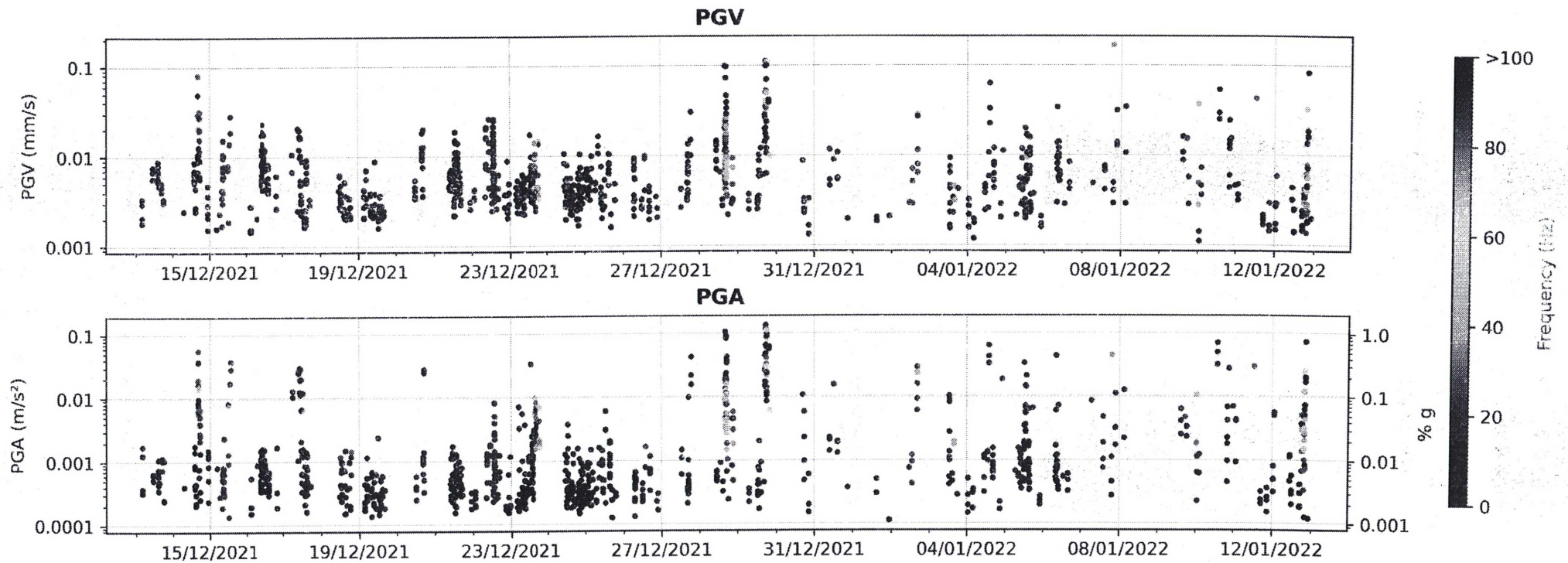


Figura 2.22: Valores de PGV e PGA no período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.





CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

# PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22

Nº VALE

PÁGINA

38/65

Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2021.12

REV.

A

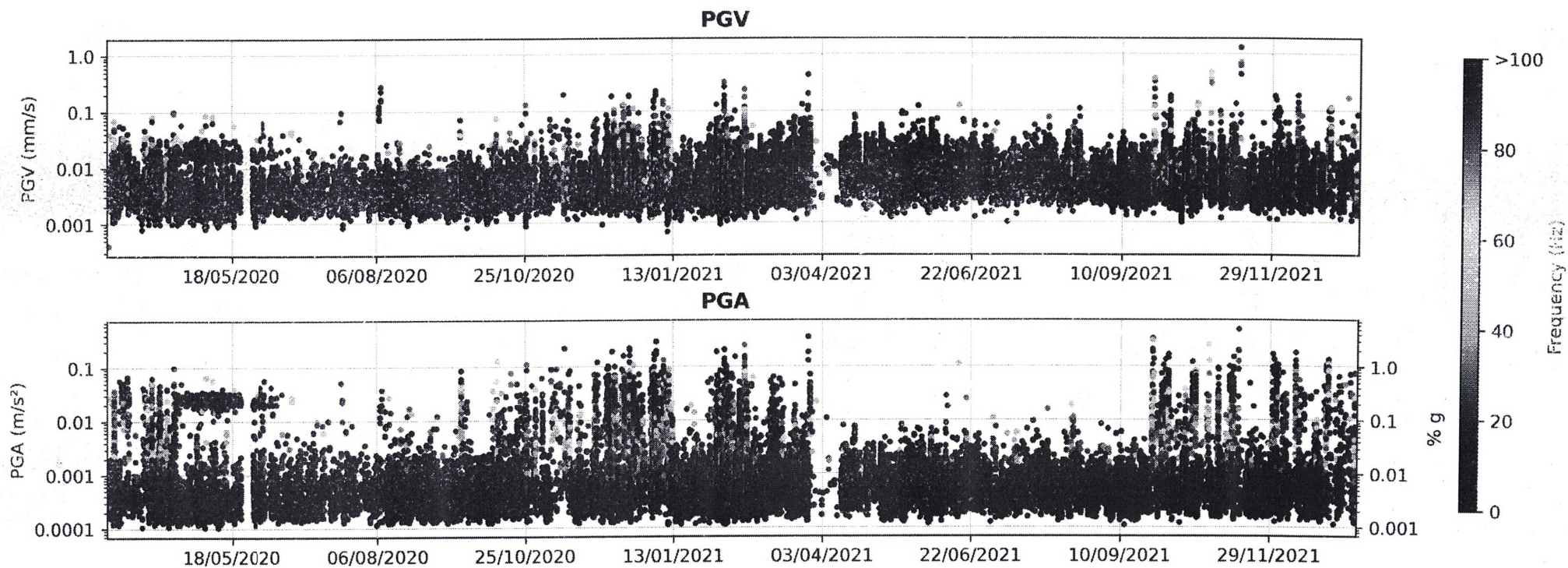


Figura 2.23: Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/01/2022) em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>39/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

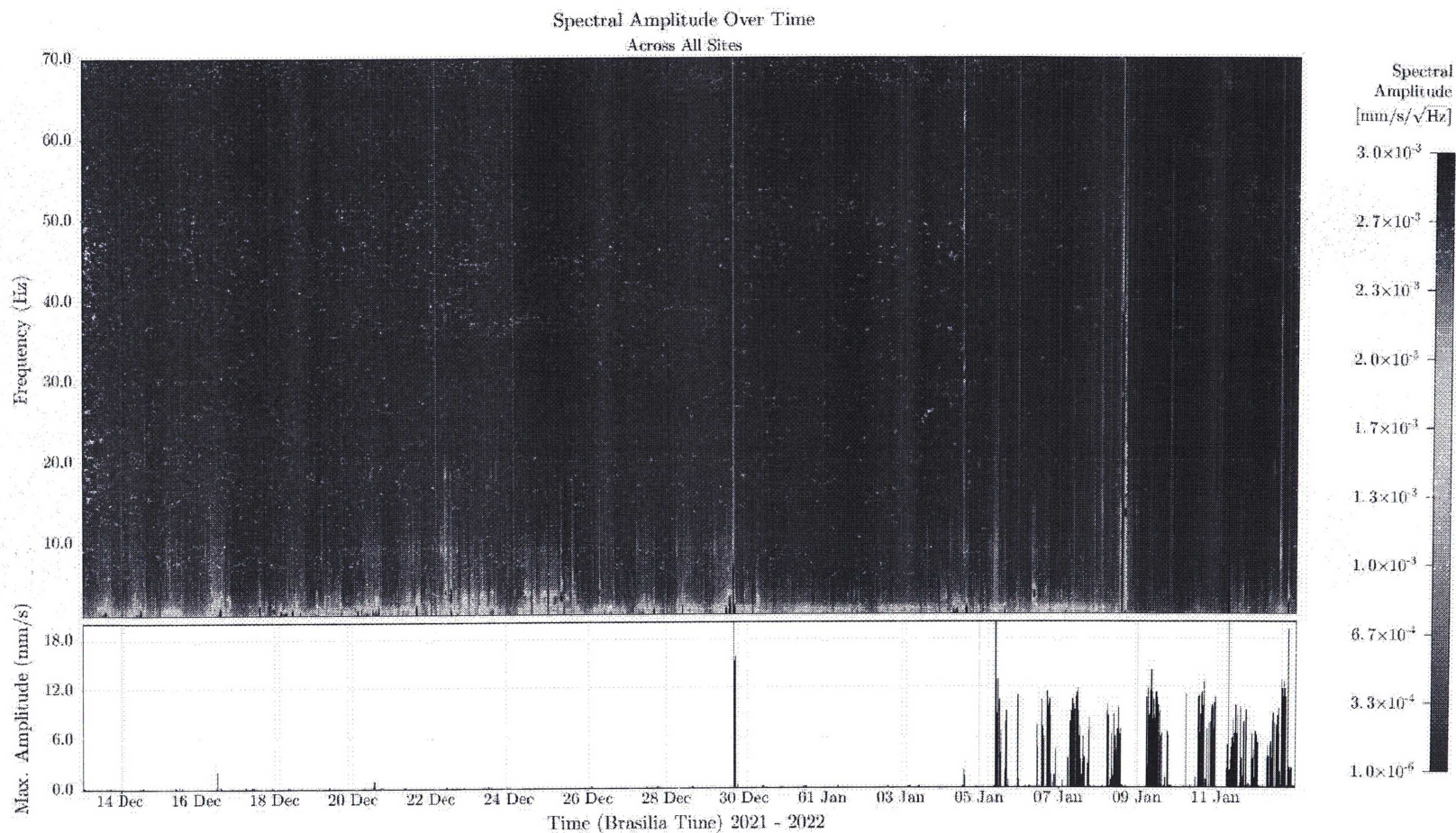


Figura 2.24: Espectro de frequências e amplitudes para período de monitoramento.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>40/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.7 SISMOS E DETONAÇÕES

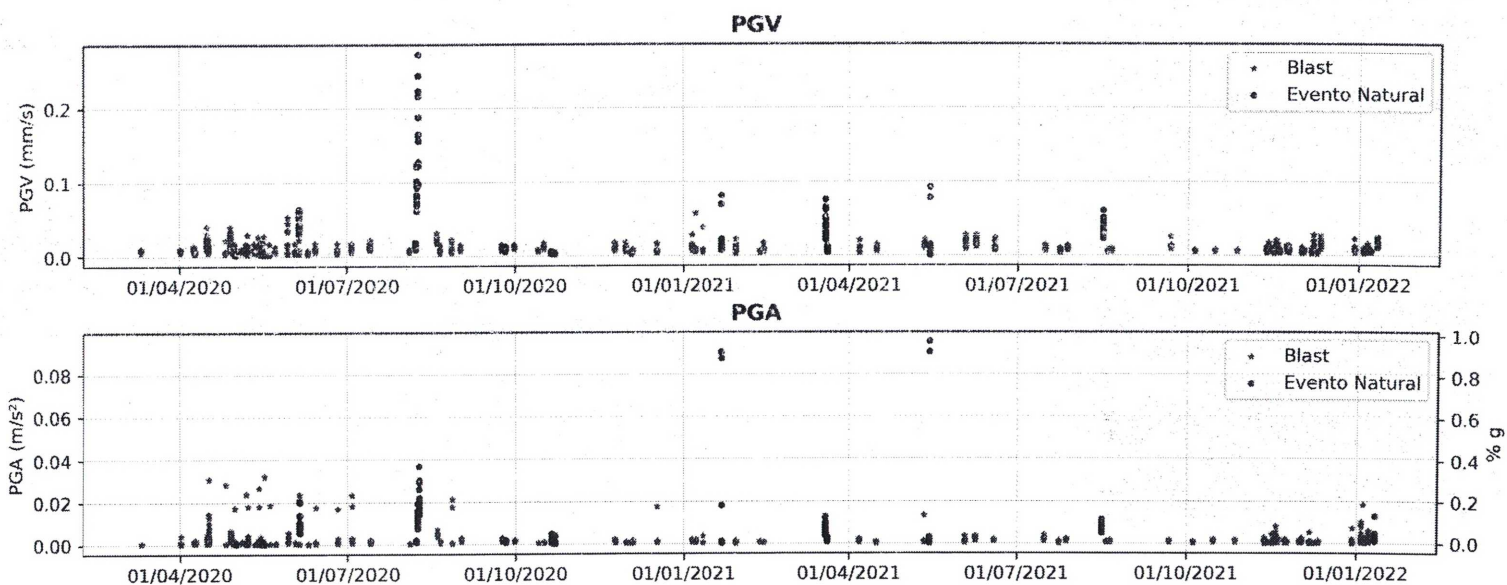




Figura 2.25: Valores de PGV e PGA no período de março de 2020 a janeiro de 2022, associados à eventos manualmente processados e caracterizados como evento sísmico natural ou *blast*.

- Para o período de análise, foram detectados 7 *blasts* e 1 evento sísmico natural.
- Para todo o período de monitoramento, foram identificados 103 *blasts* e 15 eventos sísmicos naturais.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>41/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.8 NORMA DIN 4150

A norma alemã de vibrações, amplamente aceita em vários países do mundo, tem foco no grau de segurança das estruturas frente aos efeitos de vibração, independente se essas se localizam dentro ou fora de empreendimento minerário.

O Nível L3 indica estruturas consideradas delicadas, como monumentos e construções históricas. Para fins de se obter um limite máximo de referência de vibrações, a Tetra Tech considera estruturas geotécnicas como sendo uma estrutura L3 (delicada), a não ser que limites mais restritivos sejam sugeridos pela VALE.

- **L1:** Estruturas reforçadas (edifícios industriais, por exemplo);
- **L2:** Estruturas moderadas (residências e prédios comuns); e
- **L3:** Estruturas consideradas delicadas (monumentos e construções históricas).

As Figuras 2.26 e 2.27 apresentam os valores de PGV do período de 13/12/2021 a 12/01/2022, de acordo com os limites da Norma DIN 4150.

A partir dos dados exibidos, nenhum evento ultrapassou o limite L3 da Norma.

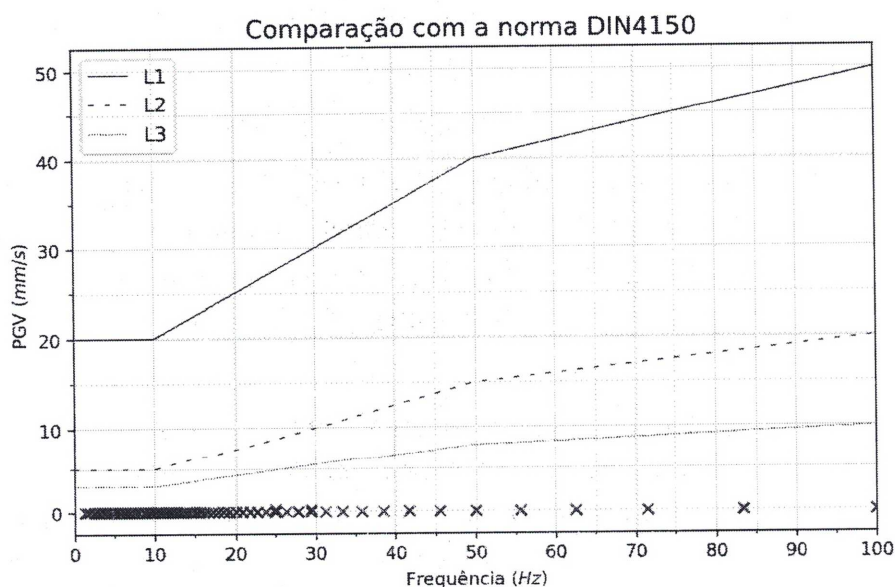




Figura 2.26: Registros de vibração em Forquilha I para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em relação a Norma DIN 4150.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>42/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

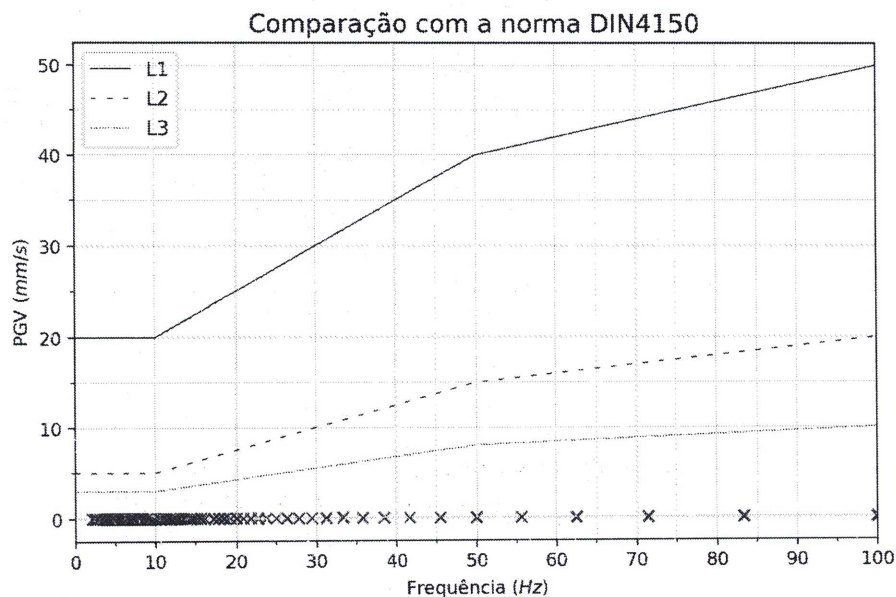




Figura 2.27: Registros de vibração em Forquilha II para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022 em relação a Norma DIN 4150.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22			Nº VALE	PÁGINA 43/65
			Nº TETRA TECH 19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12	REV. A

## 2.1.9 ANÁLISE DOS PICOS DE VELOCIDADE



### Pico histórico (10/03/2020 a 12/01/2022)

A Tabela 2.1 apresenta os registros e a Figura 2.28 o mapa com as amplitudes do maior PGV observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.1: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
12/11/2021 08:38:29	3	<b>1,30768</b>	0,493177	5,043
12/11/2021 08:38:29	102	0,841217	0,312638	3,197
12/11/2021 08:38:29	4	0,710152	0,203757	2,083
12/11/2021 08:38:29	6	0,653044	0,12494	1,278
12/11/2021 08:38:29	5	0,632298	0,197782	2,022
12/11/2021 08:38:29	103	0,479031	0,105201	1,076
12/11/2021 08:38:29	104	0,456714	0,093582	0,957
12/11/2021 08:38:29	106	0,454236	0,107743	1,102
12/11/2021 08:38:29	1	0,438956	0,087285	0,892
12/11/2021 08:38:29	105	0,247241	0,059257	0,606
12/11/2021 08:38:29	101	0,15994	0,010531	0,108
12/11/2021 08:38:29	8	0,083969	0,010463	0,107
12/11/2021 08:38:29	108	0,073856	0,016024	0,164
12/11/2021 08:38:29	107	0,067371	0,008307	0,085
12/11/2021 08:38:29	7	0,060486	0,007152	0,073
12/11/2021 08:38:29	110	0,035363	0,002418	0,025
12/11/2021 08:38:29	109	0,032812	0,003998	0,041
12/11/2021 08:38:29	2	0,031093	0,005693	0,058



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>44/65</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

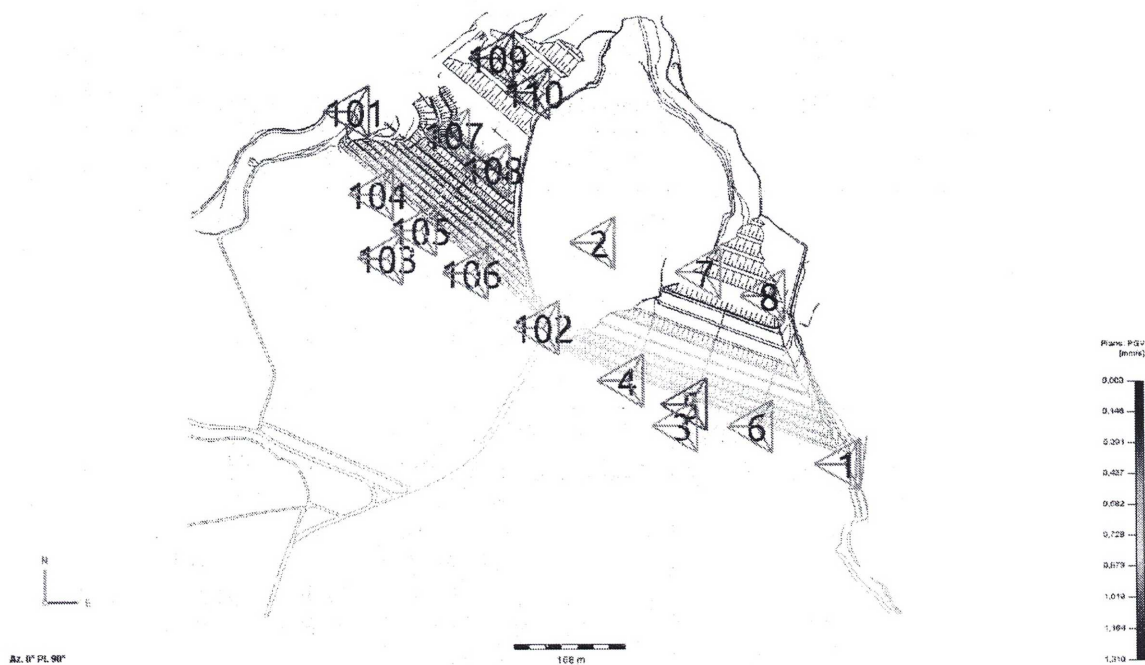


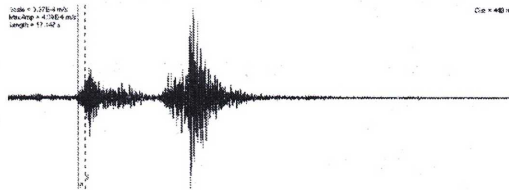


Figura 2.28: Mapa de *Peak Ground Velocity* do evento registrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.

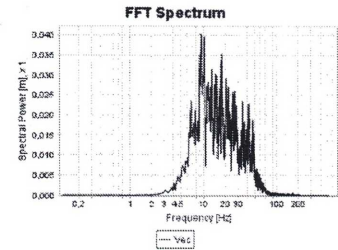
O registro medido no dia 12/11/2021, às 08:38:29, representa o maior registro de PGV do sistema de monitoramento microssísmico das barragens Forquilha I e Forquilha II. A vibração foi percebida por todos os geofones, dispersos ao longo das duas estruturas, e foi causado devido à queda das torres do *Rope Way*, conforme pode ser verificado na Nota Técnica **O21617-ITG-MOVIC-FAB-NT01**.

As Figuras 2.29 e 2.30 apresentam os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.

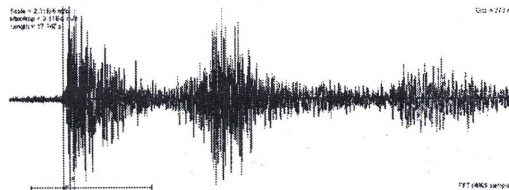
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>



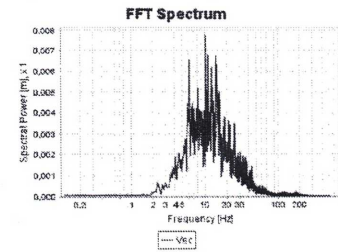
(a) Sismograma - Site 1



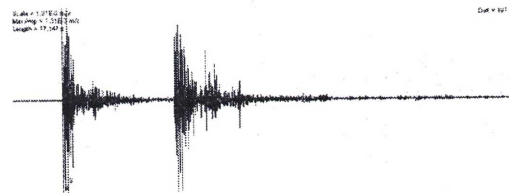
(b) Espectro de Frequência - Site 1



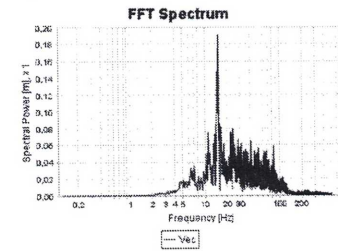
(c) Sismograma - Site 2



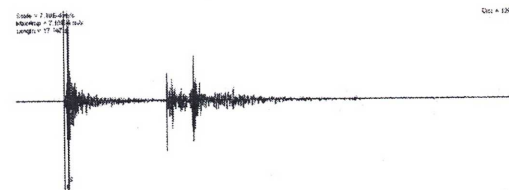
(d) Espectro de Frequência - Site 2



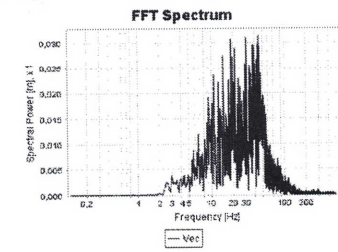
(e) Sismograma - Site 3



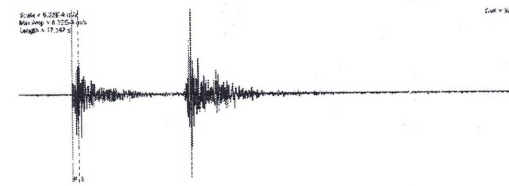
(f) Espectro de Frequência - Site 3



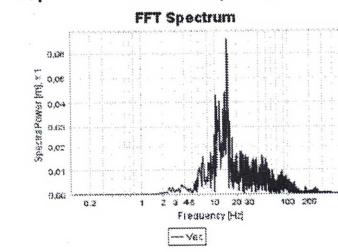
(g) Sismograma - Site 4





(h) Espectro de Frequência - Site 4

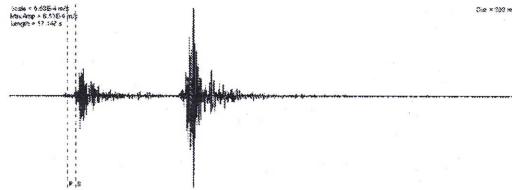


(i) Sismograma - Site 5

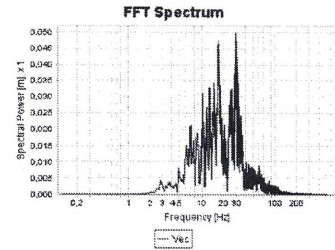


(j) Espectro de Frequência - Site 5

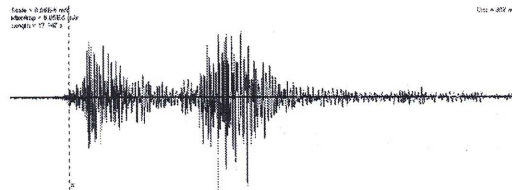
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>46/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



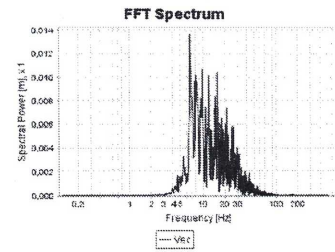
(k) Sismograma - Site 6



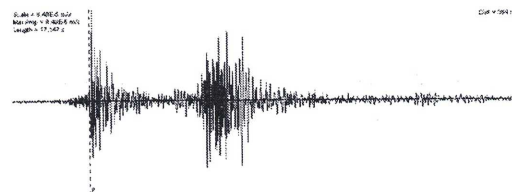
(l) Espectro de Frequência - Site 6



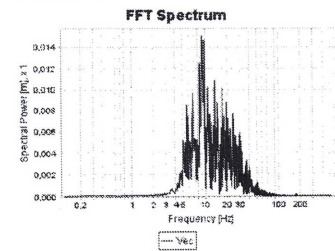
(m) Sismograma - Site 7



(n) Espectro de Frequência - Site 7



(o) Sismograma - Site 8

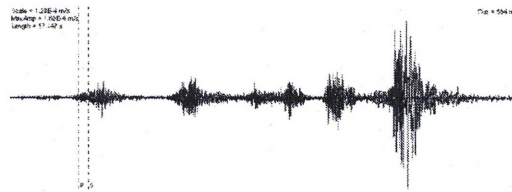


(p) Espectro de Frequência - Site 8

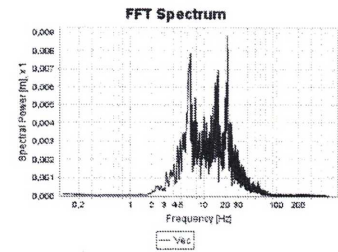
Figura 2.29: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>47/65</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



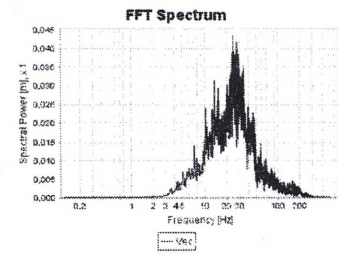
(a) Sismograma - Site 101



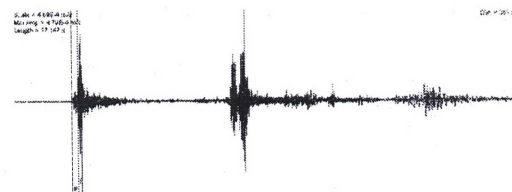
(b) Espectro de Frequência - Site 101



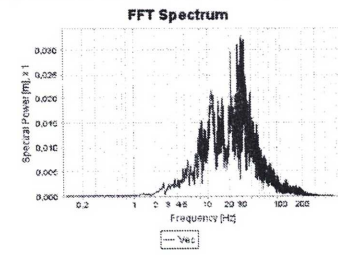
(c) Sismograma - Site 102



(d) Espectro de Frequência - Site 102



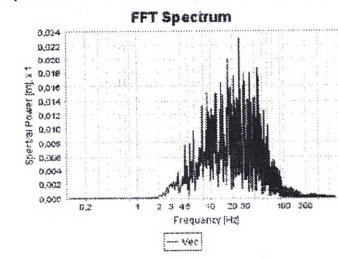
(e) Sismograma - Site 103



(f) Espectro de Frequência - Site 103



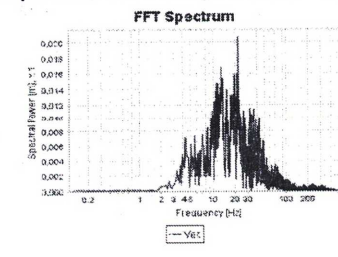
(g) Sismograma - Site 104





(h) Espectro de Frequência - Site 104

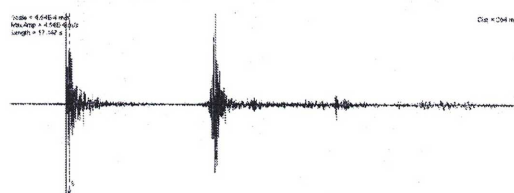


(i) Sismograma - Site 105

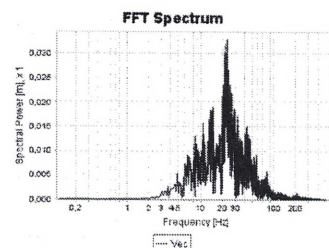


(j) Espectro de Frequência - Site 105

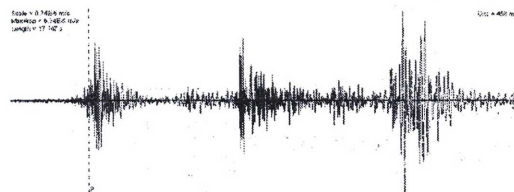
 VALE	 TETRA TECH	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>48/65</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



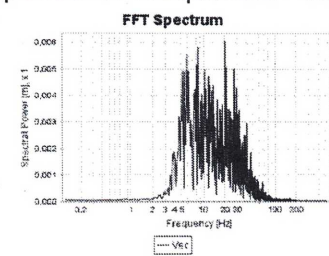
(k) Sismograma - Site 106



(l) Espectro de Frequência - Site 106



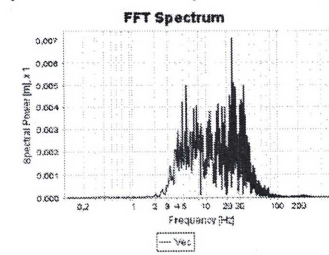
(m) Sismograma - Site 107



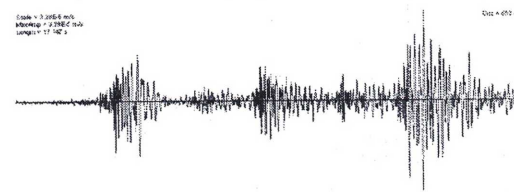
(n) Espectro de Frequência - Site 107



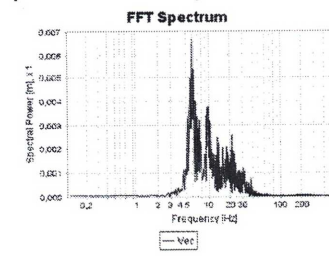
(o) Sismograma - Site 108



(p) Espectro de Frequência - Site 108



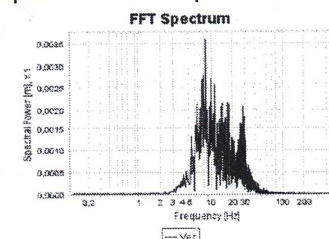
(q) Sismograma - Site 109



(r) Espectro de Frequência - Site 109





(s) Sismograma - Site 110



(t) Espectro de Frequência - Site 110

Figura 2.30: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22			Nº VALE	PÁGINA 49/65
			Nº TETRA TECH 19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12	REV. A

### Pico do Período Monitorado (13/12/2021 a 12/01/2022)

A Tabela 2.2 apresenta os registros e a Figura 2.31 o mapa com as amplitudes do maior PGV observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.2: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/01/2022, às 15:00:44.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
12/01/2022 15:00:44	105	<b>0,323908</b>	0,057581	0,589
12/01/2022 15:00:44	104	0,026777	0,003305	0,034
12/01/2022 15:00:44	108	0,007158	0,000818	0,008

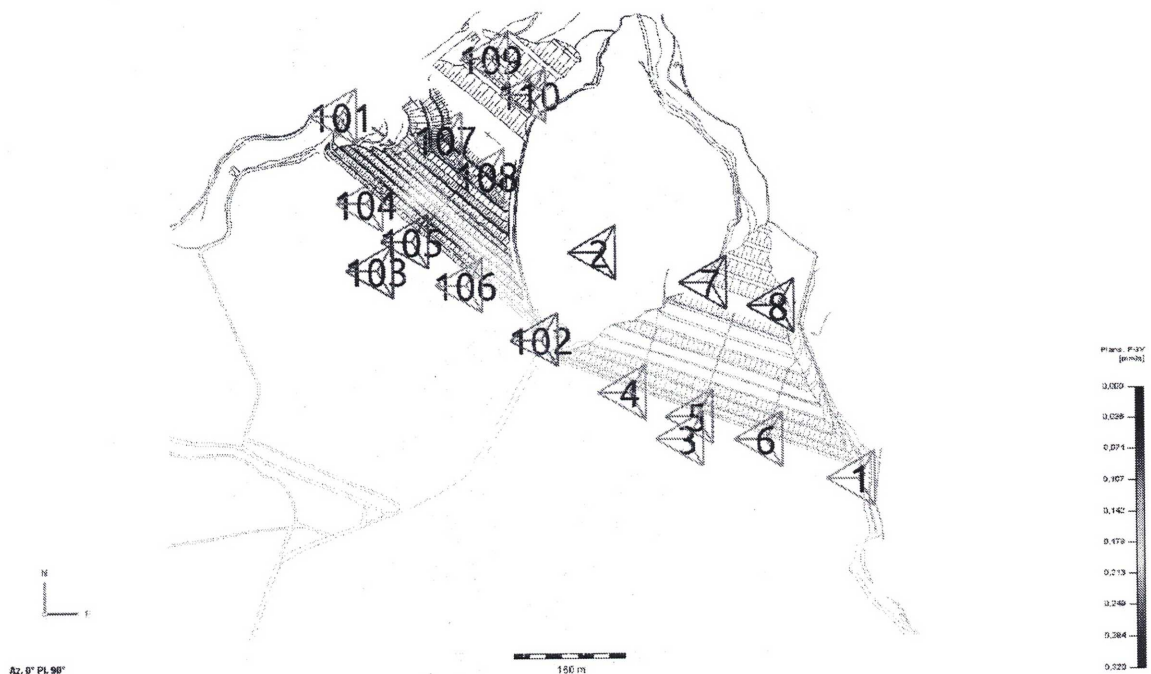




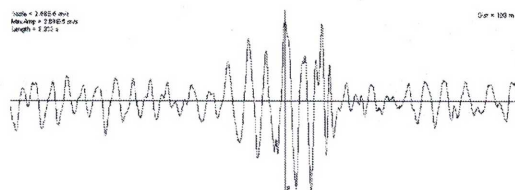
Figura 2.31: Mapa de *Peak Ground Velocity* do evento registrado no dia 12/01/2022, às 15:00:44.

A vibração foi percebida pelos geofones, engatilhando os sensores 104, 105 e 108, dispersos em Forquilha I. De acordo com o relatório **ITG-MOVIC-FQA1-RCD24**, havia atividade com o ICUT no momento, sendo essa a provável causa das ondas registradas.

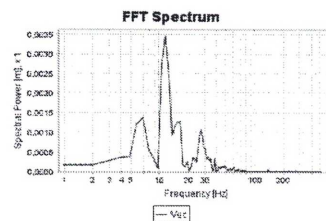


 VALE	 TETRA TECH	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>50/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

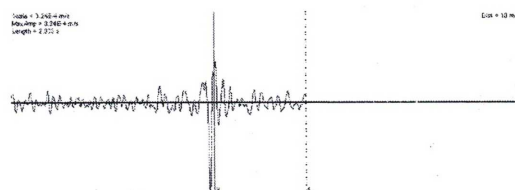
A Figura 2.32 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



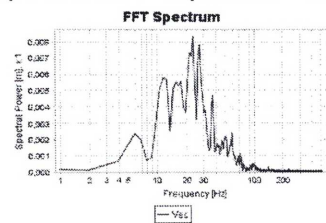
(a) Sismograma - Site 104



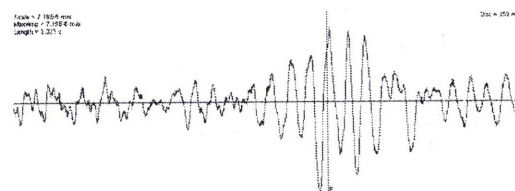
(b) Espectro de Frequência - Site 104



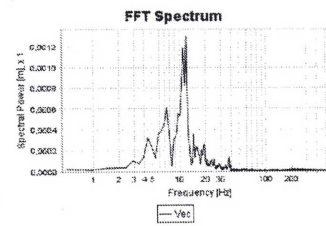
(c) Sismograma - Site 105



(d) Espectro de Frequência - Site 105





(e) Sismograma - Site 108



(f) Espectro de Frequência - Site 108

Figura 2.32: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 104, 105 e 108, respectivamente.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22			Nº VALE	PÁGINA <b>51/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>



## 2.1.10 ANÁLISE DOS PICOS DE ACELERAÇÃO

### Pico histórico (10/03/2020 a 12/01/2022)

A Tabela 2.3 apresenta os registros e a Figura 2.33 o mapa com as amplitudes do maior PGA observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.3: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
27/09/2021 00:25:13	109	0,426551	<b>0,625451</b>	<b>6,395</b>
27/09/2021 00:25:13	105	0,422992	0,434817	4,446
27/09/2021 00:25:13	7	0,332403	0,335381	3,429
27/09/2021 00:25:13	8	0,370675	0,310645	3,176
27/09/2021 00:25:13	106	0,255565	0,281308	2,876
27/09/2021 00:25:13	103	0,365327	0,27024	2,763
27/09/2021 00:25:13	110	0,260794	0,238696	2,441
27/09/2021 00:25:13	104	0,185841	0,220388	2,253
27/09/2021 00:25:13	107	0,262785	0,216419	2,213
27/09/2021 00:25:13	108	0,2313	0,208745	2,134
27/09/2021 00:25:13	5	0,168942	0,188145	1,924
27/09/2021 00:25:13	101	0,144119	0,089663	0,917

 VALE	 TETRA TECH	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>52/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

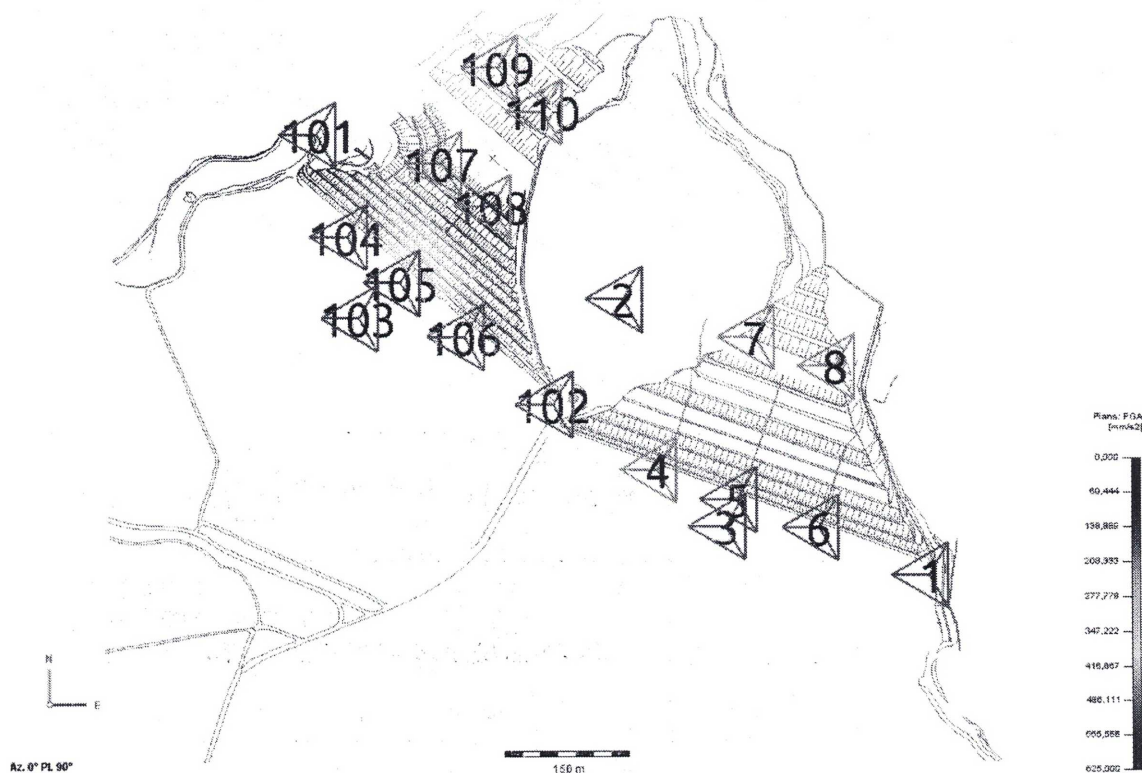




Figura 2.33: Mapa de *Peak Ground Acceleration* do evento registrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.

O registro medido no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas, representa o maior registro de PGA do sistema de monitoramento microssísmico das barragens Forquilha I e Forquilha II. A vibração foi percebida pelos geofones, engatilhando os sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, dispersos ao longo das duas estruturas. **A origem do evento está associada a um trovão.**

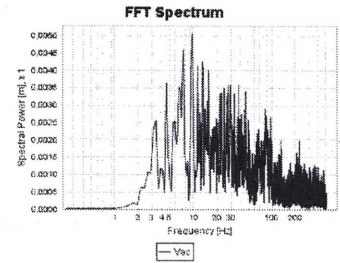
A Figura 2.34 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



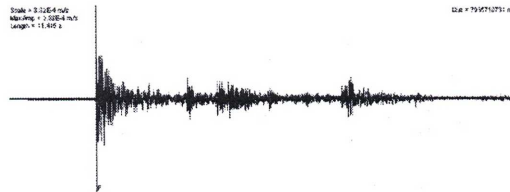
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE  Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	PÁGINA <b>53/65</b>  REV. <b>A</b>



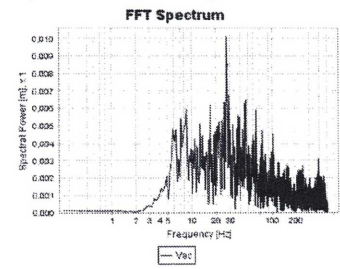
(a) Sismograma - Site 5



(b) Espectro de Frequência - Site 5



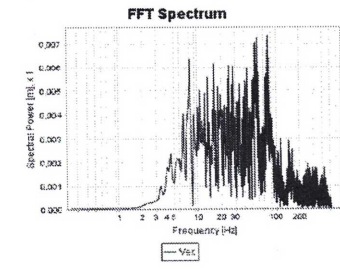
(c) Sismograma - Site 7



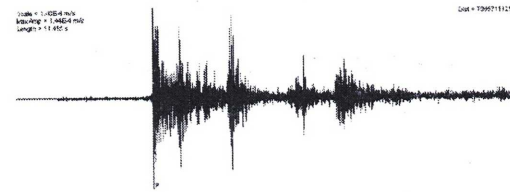
(d) Espectro de Frequência - Site 7



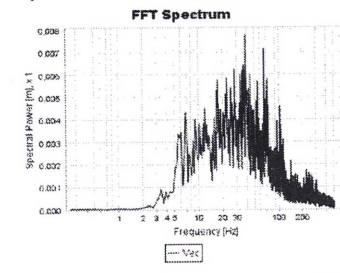
(e) Sismograma - Site 8



(f) Espectro de Frequência - Site 8



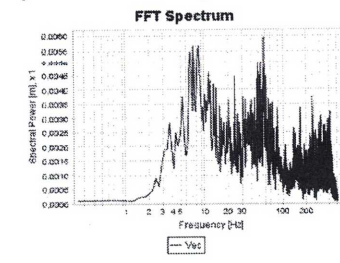
(g) Sismograma - Site 101



(h) Espectro de Frequência - Site 101



(i) Sismograma - Site 103



(j) Espectro de Frequência - Site 103



CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

**PROJETO DE MONITORAMENTO  
MICROSSÍSMICO DE  
BARRAGENS**

**PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E  
FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22**

Nº VALE

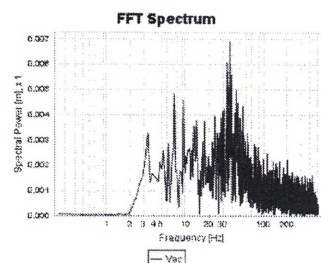
PÁGINA  
**54/65**

Nº TETRA TECH  
**19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2021.12**

REV.  
**A**



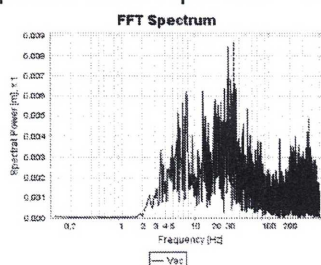
(k) Sismograma - Site 104



(l) Espectro de Frequência - Site 104



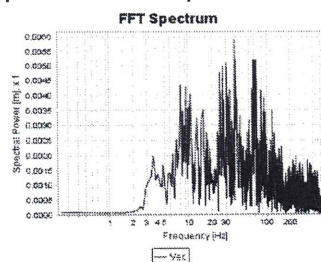
(m) Sismograma - Site 105



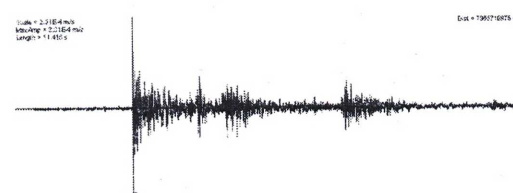
(n) Espectro de Frequência - Site 105



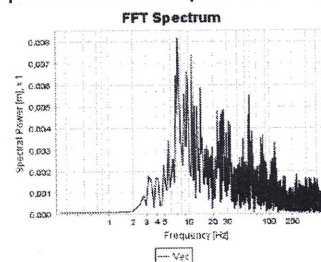
(o) Sismograma - Site 106



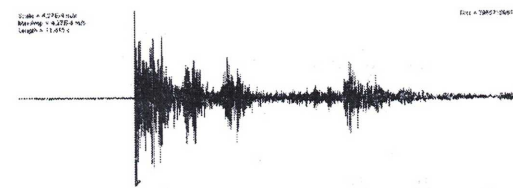
(p) Espectro de Frequência - Site 106



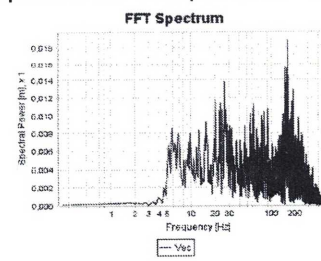
(q) Sismograma - Site 108





(r) Espectro de Frequência - Site 108



(s) Sismograma - Site 109

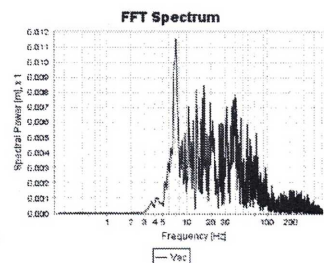


(t) Espectro de Frequência - Site 109

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>		Nº VALE	
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>





(u) Sismograma - Site 110



(v) Espectro de Frequência - Site 110

Figura 2.34: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos respectivamente aos sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110 respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
			Nº VALE	PÁGINA <b>56/65</b>
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### Pico do Período Monitorado (13/12/2021 a 12/01/2022)

A Tabela 2.4 apresenta os registros e a Figura 2.35 o mapa com as amplitudes do maior PGA observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.4: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 29/12/2021, às 17:47:20.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
29/12/2021 17:47:20	109	0,263856	<b>0,389479</b>	<b>3,982</b>
29/12/2021 17:47:20	104	0,197107	0,306078	3,13
29/12/2021 17:47:20	108	0,121386	0,195385	1,998
29/12/2021 17:47:20	101	0,113287	0,135396	1,384
29/12/2021 17:47:20	110	0,090297	0,087315	0,893
29/12/2021 17:47:20	107	0,08202	0,076953	0,787

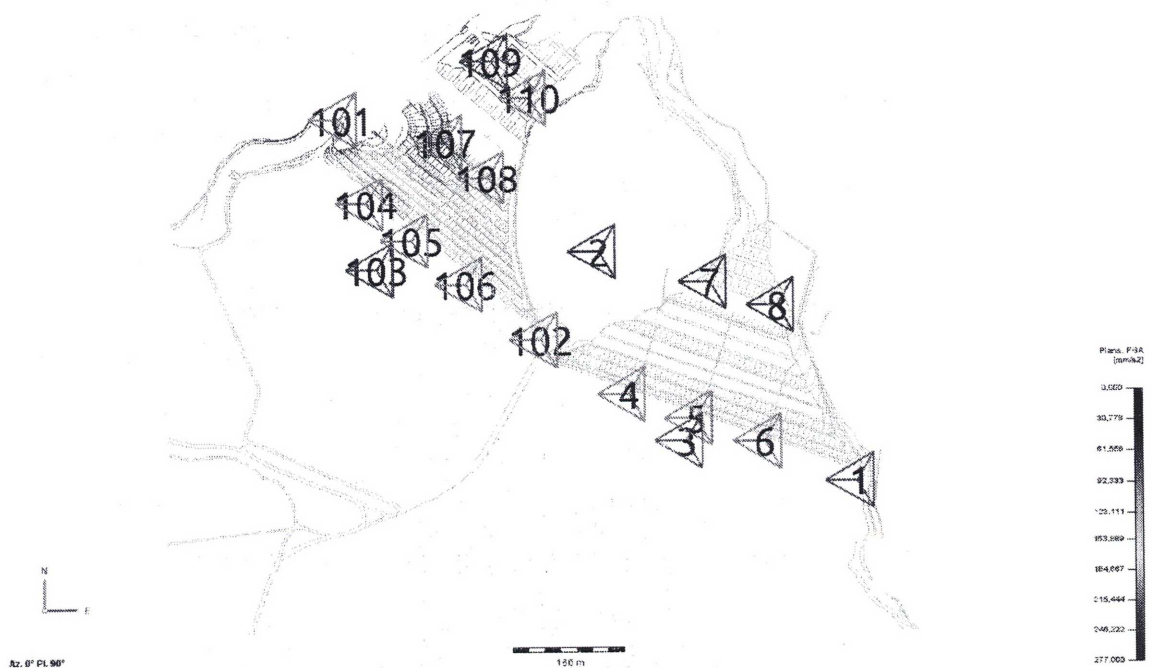


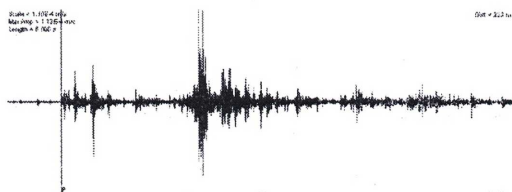


Figura 2.35: Mapa de *Peak Ground Acceleration* do evento registrado no dia 29/12/2021, às 17:47:20.

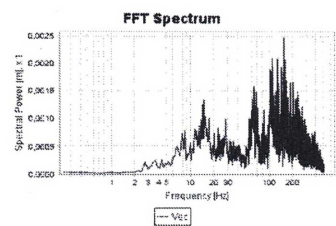
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE  Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	PÁGINA <b>57/65</b>
			REV. <b>A</b>	

A vibração foi percebida pelos geofones, engatilhando os sensores 101, 104, 107, 108, 109 e 110, dispersos ao longo de Forquilha I. A origem do evento está associada a um trovão.

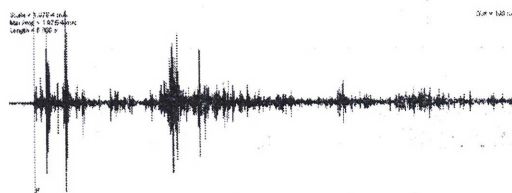
A Figura 2.36 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



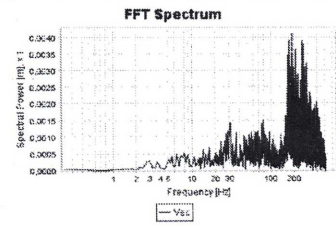
(a) Sismograma - Site 101



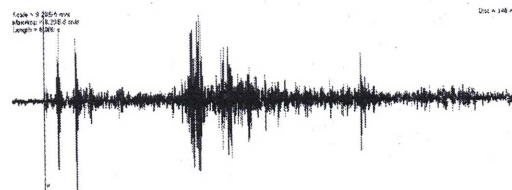
(b) Espectro de Frequência - Site 101



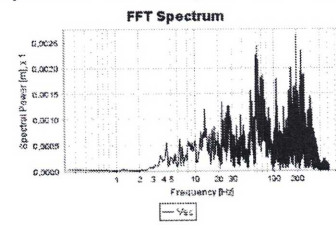
(c) Sismograma - Site 104



(d) Espectro de Frequência - Site 104



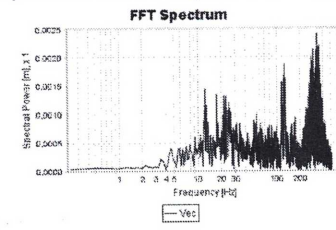
(e) Sismograma - Site 107





(f) Espectro de Frequência - Site 107



(g) Sismograma - Site 108

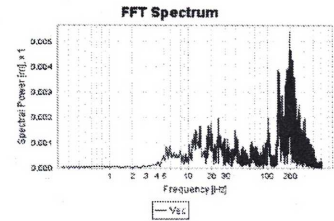


(h) Espectro de Frequência - Site 108

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>58/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>



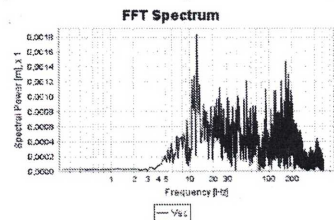
(i) Sismograma - Site 109



(j) Espectro de Frequência - Site 109



(k) Sismograma - Site 110



(l) Espectro de Frequência - Site 110

Figura 2.36: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 104, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>59/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12</b>	REV. <b>A</b>

## 2.2 MONITORAMENTO INTERFEROMÉTRICO

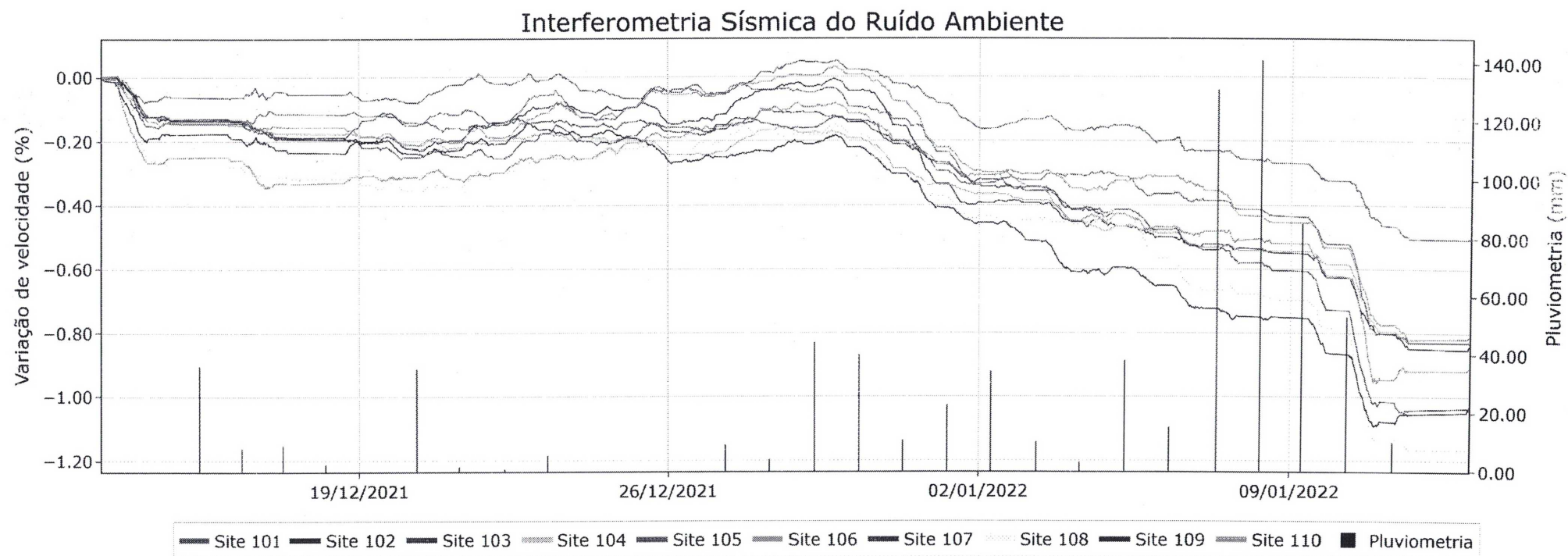


Figura 2.37: Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha I, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022.

Para o período de análise desse relatório (13/12/2021 a 12/01/2022), em Forquilha I, houve um intervalo de variação de velocidade de 1,15%, com mínimo de -1,10% no sensor 109, no dia 10/01/2022, e pico de 0,05% no sensor 101, no dia 29/12/2021. Foram adicionadas aos gráficos de interferometria do período as medidas de pluviometria a partir de dados fornecidos pela VALE.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>60/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

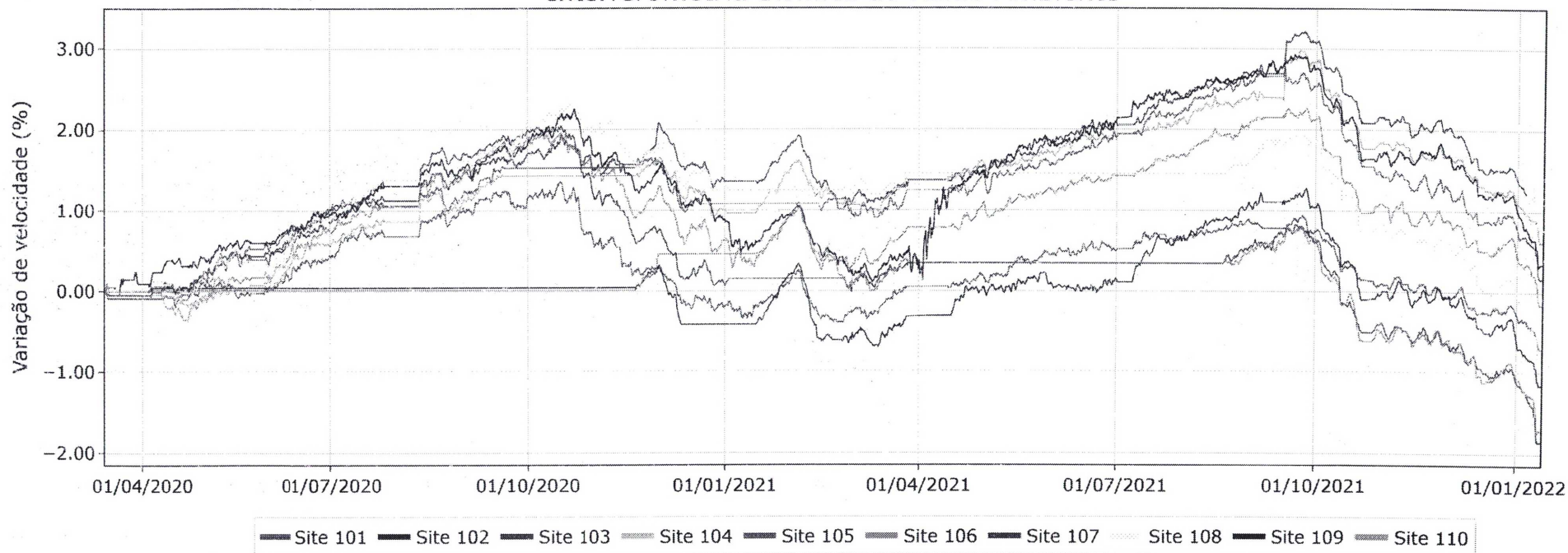


Figura 2.38: Histórico (10/03/2020 a 12/01/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.

Para a todo o período monitorado de Forquilha I, foi observado um intervalo de variação de velocidade de 5,98%, com valores entre -1,86% no sensor 107, no dia 11/01/2022 e 3,21% no sensor 103, no dia 23/09/2021.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>61/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

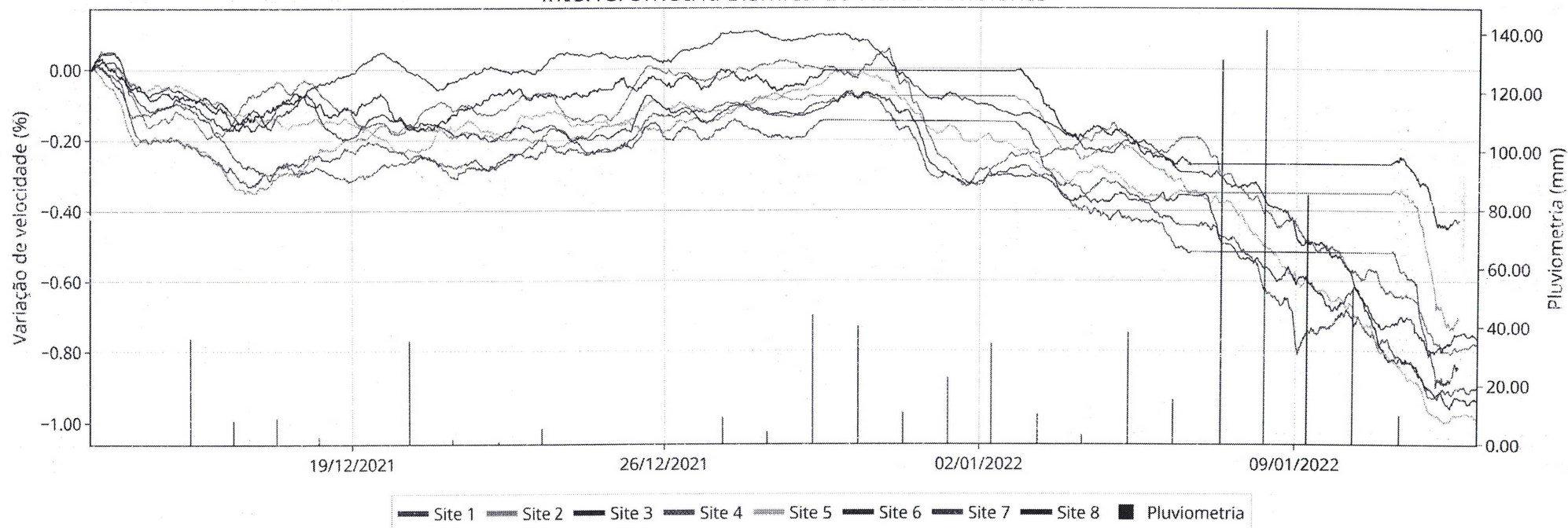


Figura 2.39: Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha II, para o período de 13/12/2021 a 12/01/2022.

Para o período de análise desse relatório (13/12/2021 a 12/01/2022), em Forquilha II, houve um intervalo de variação de velocidade de 1,11%, com mínimo de -1,00% no sensor 5, no dia 12/01/2022, e pico de 0,11% no sensor 3, no dia 28/12/2021. Foram adicionadas aos gráficos de interferometria do período as medidas de pluvimetria a partir de dados fornecidos pela VALE.





CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

## PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22

Nº VALE

PÁGINA

62/65

Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2021.12

REV.

A

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

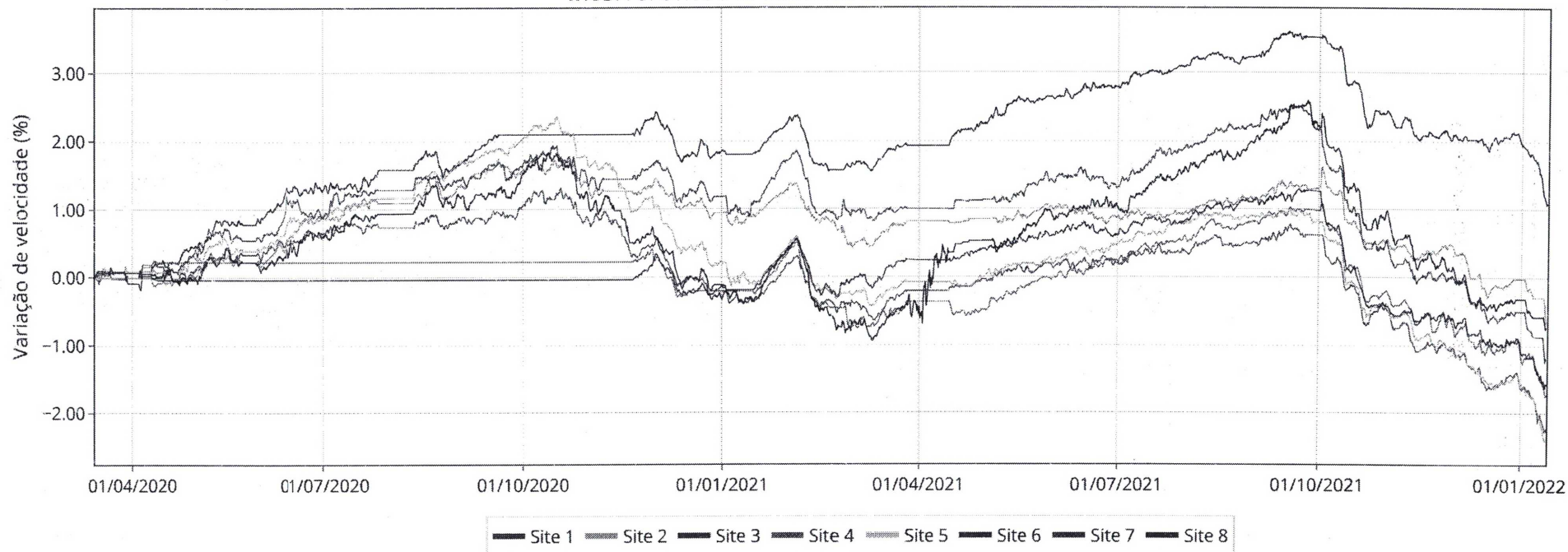
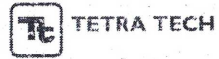


Figura 2.40: Histórico (10/03/2020 a 12/01/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.

Para a todo o período monitorado de Forquilha II, foi observado um intervalo de variação de velocidade 6,02%, com valores entre -2,41% no sensor 5, no dia 12/01/2022 e 3,61% no sensor 3, no dia 17/09/2021.



CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

# PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO - FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL - JANEIRO/22

Nº VALE  
Nº TETRA-TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2021.12

PAGINA  
63/65  
REV.  
A

Velocity Changes

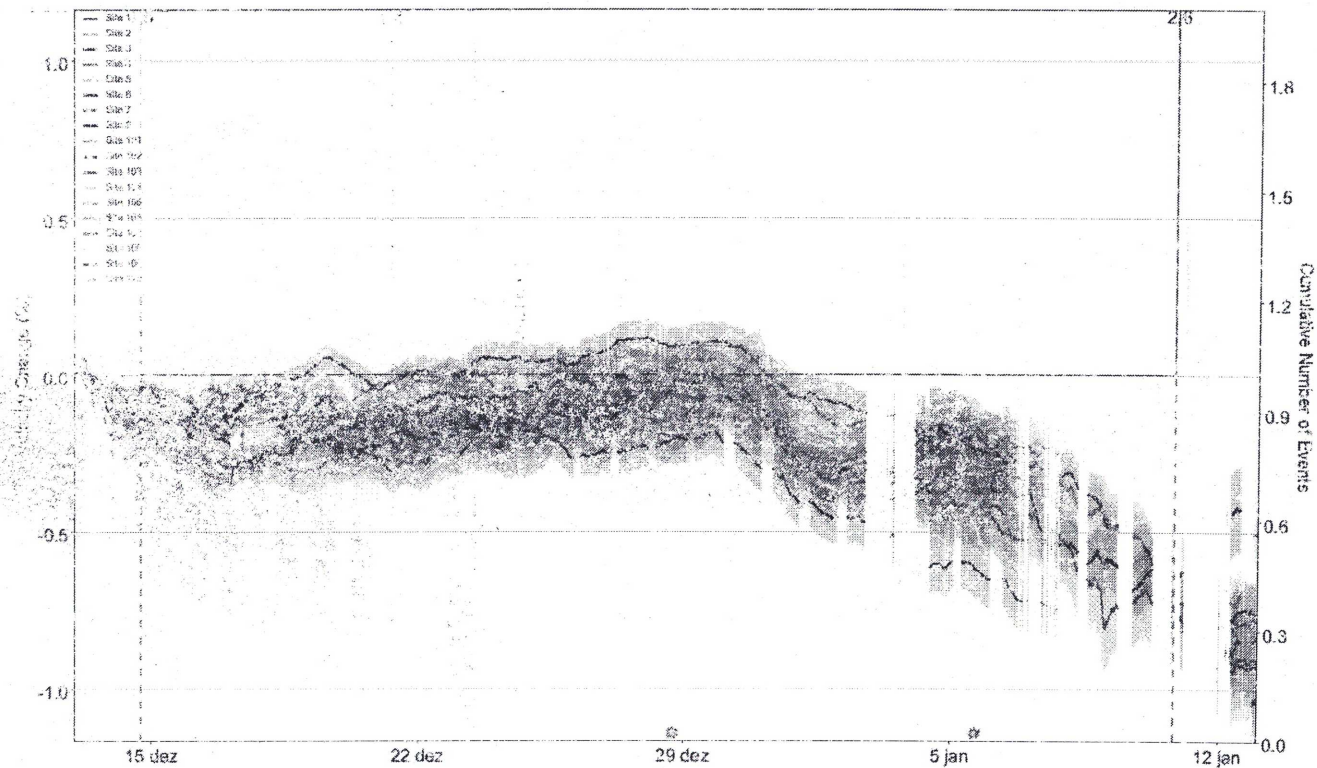




Figura 2.41: Indicação do erro associado ao cálculo da interferometria. A zona sombreada ao redor das curvas indica o erro associado aos dados.







 VALE	 TETRA TECH	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>				
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			<table border="1"> <tr> <td data-bbox="931 261 1356 340"> Nº VALE </td> <td data-bbox="1356 261 1469 340"> PÁGINA <b>64/65</b> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="931 340 1356 433"> Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b> </td> <td data-bbox="1356 340 1469 433"> REV. <b>A</b> </td> </tr> </table>	Nº VALE	PÁGINA <b>64/65</b>	Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>
Nº VALE	PÁGINA <b>64/65</b>						
Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>						

### 3.0 CONSIDERAÇÕES

- O sistema já apresentava problemas no sensor 3 (componente X) de Forquilha II. O sensor 103, de Forquilha I, passou a apresentar problemas a partir do dia 05/01/2022, do dia 10/01/2022, em que a estação 2 de Forquilha II esteve *offline*. A média do *status* operacional foi de 87,7% e a saúde média foi de 75,6%;
- A estatística de gatilhos dos dados brutos indicou que a grande maioria dos registros contém amplitudes na faixa entre 0,001 e 0,1 mm/s, em todos os sensores. Em ambos os sistemas, todos os sensores apresentaram amplitude superiores a 0,1 mm/s no horário operacional da mina. Em Forquilha I, nos sensores 101, 102, 104, 106 e 108 foram observadas amplitudes superiores a 1 mm/s, e em Forquilha II, os sensores 1, 3 e 4 apresentaram amplitudes superiores a 1 mm/s, em ambos os casos, no final da tarde, o que pode estar associado à fenômenos das chuvas, como descargas atmosféricas e trovões;
- Para o período em análise, foram detectados 7 *blasts* e 1 evento sísmico natural;
- Em Forquilha I, o maior PGV foi de 0,323908 mm/s, e o maior PGA foi de 0,389479 m/s<sup>2</sup> (3,98% de g), nos sensores 101 e 109 respectivamente;
- Em Forquilha II, o maior PGV foi de 0,16677 mm/s, e o maior PGA foi de 0,135935 m/s<sup>2</sup> (1,39% de g), ambos no sensor 1;
- **Dois eventos apresentaram acelerações superiores a 3% de g, associados à trovões, no dia 29/12/2021 no final da tarde;**
- Em Forquilha I, para o período de análise desse relatório (13/12/2021 a 12/01/2022) houve um intervalo de variação de velocidade de 1,15%, com mínimo de -1,10% no sensor 109, no dia 10/01/2022, e pico de 0,05% no sensor 101, no dia 29/12/2021. Para a todo o período monitorado, foi observado um intervalo de variação de velocidade de 5,98%, com valores entre -1,86% no sensor 107, no dia 11/01/2022 e 3,21% no sensor 103, no dia 23/09/2021;
- Em Forquilha II, para o período de análise desse relatório (13/12/2021 a 12/01/2022) houve um intervalo de variação de velocidade de 1,11%, com mínimo de -1,00% no sensor 5, no dia 12/01/2022, e pico de 0,11% no sensor 3, no dia 28/12/2021. Para

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – JANEIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>65/65</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2021.12</b>	REV. <b>A</b>

a todo o período monitorado, foi observado um intervalo de variação de velocidade 6,02%, com valores entre -2,41% no sensor 5, no dia 12/01/2022 e 3,61% no sensor 3, no dia 17/09/2021;

- A partir da observação dos dados de variação de velocidade e pluviometria, para o mês de janeiro, nota-se uma correlação entre aumento da pluviosidade e diminuição da velocidade de propagação das ondas no meio. **Importante ressaltar que as variações de velocidade podem ser influenciadas por outros fatores, podendo haver outras condicionantes além dos altos índices pluviométricos;**
- Com base nos resultados apresentados, obtidos a partir da abordagem da interferometria sísmica do ruído ambiente, chama a atenção a diminuição de velocidade em todos os sensores que compõem o arranjo microssísmico de ambas as estruturas a partir de outubro de 2021. Dessa forma, recomenda-se a realização de investigações nas estruturas a fim de avaliar os possíveis fatores que podem estar condicionando os resultados observados.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>2/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

21/02/2022


VALE

**Atenção: Luciano Assis**

**Relatório Técnico**


**Autores**

<b>Sigla</b>	<b>Profissional</b>	<b>Função</b>	<b>Atividade principal</b>
BF	Bruno Ferreira	Geofísico	Elaboração do relatório
JDG	Juliana Gonçalves	Consultora Técnica	Verificação do relatório
TA	Tiago de Almeida	Consultor Técnico Sr.	Verificação do relatório
LAO	Lorena Oliveira	Gerente de projetos	Aprovação do relatório
LA	Luciano Assis	Gestor Vale	Autorização do relatório

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>3/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1.0</b>	<b>SISTEMA DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DAS BARRAGENS FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>	<b>8</b>
1.1	ARRANJO DO SISTEMA	8
1.2	SAÚDE DO SISTEMA	10
<b>2.0</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS PELOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO</b>	<b>11</b>
2.1	MONITORAMENTO CONVENCIONAL	11
2.1.1	ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA I	11
2.1.2	ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA II	13
2.1.3	REGISTROS OCASIONADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	15
2.1.4	DISTRIBUIÇÃO DAS AMPLITUDES	16
2.1.5	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS AMPLITUDES	24
2.1.6	DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS	33
2.1.7	SISMOS E DETONAÇÕES	39
2.1.8	NORMA DIN 4150	40
2.1.9	ANÁLISE DOS PICOS DE VELOCIDADE	42
2.1.10	ANÁLISE DOS PICOS DE ACELERAÇÃO	51
2.2	MONITORAMENTO INTERFEROMÉTRICO	60
<b>3.0</b>	<b>CONSIDERAÇÕES</b>	<b>65</b>

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>4/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.1	Mapa de localização dos geofones do sistema de monitoramento microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II.	9
Figura 1.2	Histórico da saúde do sistema no período de 13/01/2022 a 12/02/2022.	10
Figura 2.1	PGV de todos os <i>triggers</i> dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 – sensores 101 (a) a 110 (j), respectivamente, por hora do dia.	12
Figura 2.2	PGV de todos os <i>triggers</i> dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 – sensores 1 (a) a 8 (h), respectivamente, por hora do dia.	14
Figura 2.3	Distribuição das descargas atmosféricas observadas pelo sistema instalado nas Barragens Forquilha I e Forquilha II durante todo o período de monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022).	15
Figura 2.4	Número de registros por sensor para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I.	16
Figura 2.5	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I.	17
Figura 2.6	Número de registros por sensor para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II.	18
Figura 2.7	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II.	19
Figura 2.8	Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I.	20
Figura 2.9	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I.	21
Figura 2.10	Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II.	22
Figura 2.11	Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II.	23
Figura 2.12	Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I.	25
Figura 2.13	Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.	26





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>5/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

Figura 2.14 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I no período de 10/03/2020 a 12/02/2022.	27
Figura 2.15 Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.	28
Figura 2.16 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II.	29
Figura 2.17 Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.	30
Figura 2.18 Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II no período de 10/03/2020 a 12/02/2022.	31
Figura 2.19 Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.	32
Figura 2.20 Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.	34
Figura 2.21 Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022) em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.	35
Figura 2.22 Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.	36
Figura 2.23 Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022) em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.	37
Figura 2.24 Espectro de frequências e amplitudes para período de monitoramento.	38
Figura 2.25 Valores de PGV e PGA no período de março de 2020 a fevereiro de 2022, associados à eventos manualmente processados e caracterizados como evento sísmico natural ou <i>blast</i> .	39
Figura 2.26 Registros de vibração em Forquilha I para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em relação a Norma DIN 4150.	41
Figura 2.27 Registros de vibração em Forquilha II para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em relação a Norma DIN 4150.	41
Figura 2.28 Mapa de <i>Peak Ground Velocity</i> do evento registrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.	43




		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>6/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



Figura 2.29 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente.	45
Figura 2.30 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.	47
Figura 2.31 Mapa de <i>Peak Ground Velocity</i> do evento registrado no dia 13/01/2022, às 15:22:42.	49
Figura 2.32 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 105 107 e 108, respectivamente.	50
Figura 2.33 Mapa de <i>Peak Ground Acceleration</i> do evento registrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.	52
Figura 2.34 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos respectivamente aos sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110 respectivamente.	55
Figura 2.35 Mapa de <i>Peak Ground Acceleration</i> do evento registrado no dia 19/01/2022, às 17:09:17.	57
Figura 2.36 Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 7, 8, 101, 104, 105 e 109, respectivamente.	59
Figura 2.37 Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha I, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022.	60
Figura 2.38 Histórico (10/03/2020 a 12/02/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha I.	61
Figura 2.39 Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha II, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022.	62
Figura 2.40 Histórico (10/03/2020 a 12/02/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.	63
Figura 2.41 Indicação do erro associado ao cálculo da interferometria. A zona sombreada ao redor das curvas indica o erro associado aos dados.	64

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>7/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.	42
Tabela 2.2	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 13/01/2022, às 15:22:42.	48
Tabela 2.3	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.	51
Tabela 2.4	Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 19/01/2022, às 17:09:17.	56





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>8/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## 1.0 SISTEMA DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DAS BARRAGENS FORQUILHA I E FORQUILHA II

### 1.1 ARRANJO DO SISTEMA

Da concepção do arranjo microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II, optou-se por cobrir a maior parte do maciço, com exceção para os sensores 103 e 3 que se encontram na praia de rejeitos, prezando pela realização de pareamentos que amostrassem toda a estrutura.

Ao todo, o sistema de Forquilha I conta com 10 geofones, sendo 7 sensores uniaxiais (SMGU) e 3 sensores triaxiais (SMGT). Já o sistema de Forquilha II é composto por 8 geofones, sendo 5 sensores uniaxiais (SMGU) e 3 sensores triaxiais (SMGT), conforme exposto na Figura 1.1. Eles estão dispostos ao longo do maciço e das ombreiras de ambas as estruturas, conectados a quatro estações sísmicas alimentadas por energia solar. Dentre os sensores apresentados, os em cor vermelha correspondem aos geofones triaxiais e os em cor preta, aos uniaxiais.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>9/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

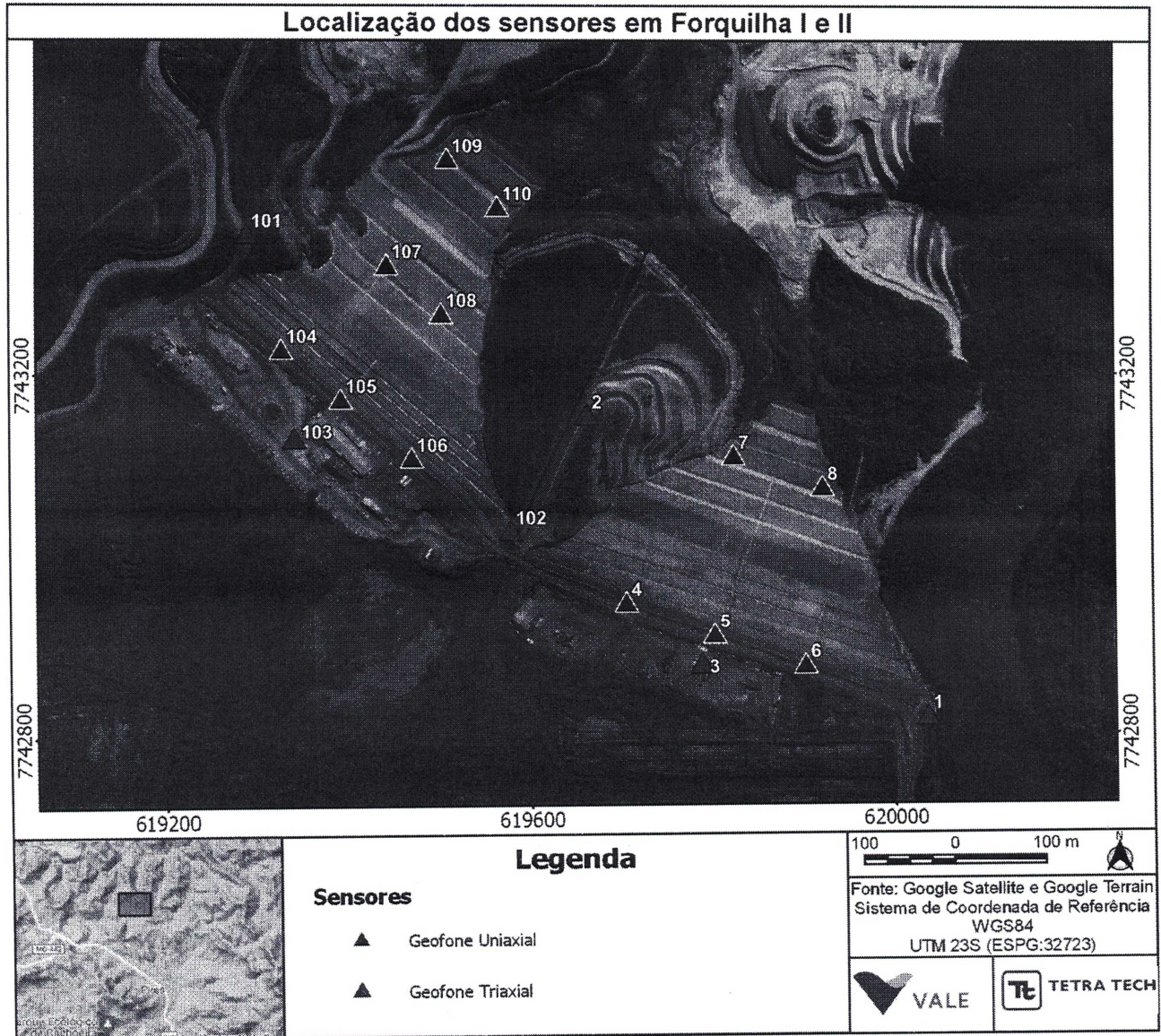




Figura 1.1: Mapa de localização dos geofones do sistema de monitoramento microssísmico das Barragens Forquilha I e Forquilha II.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>10/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## 1.2 SAÚDE DO SISTEMA

No período de análise deste relatório, o sensor 3 (componente X), de Forquilha II, e o sensor 103, de Forquilha I, estiveram danificados durante todo o período.

O sistema esteve majoritariamente *online* e transmitindo dados durante todo o período, com exceção dos dias 21/01/2022 e 22/01/2022 e entre os dias 29/01/2022 a 02/02/2022, em que a estação 1 de Forquilha II esteve *offline*.

Nesses dias houve prejuízo na coleta de dados. Para o restante dos sensores em funcionamento e *online*, não houve prejuízo para a coleta de dados nem para o cálculo da interferometria sísmica do ruído ambiente.

Uma síntese do *status* do sistema ao longo do período de análise está apresentada na Figura 1.2. A média do *status* operacional foi de 86,6% e a saúde média foi de 72,9%.

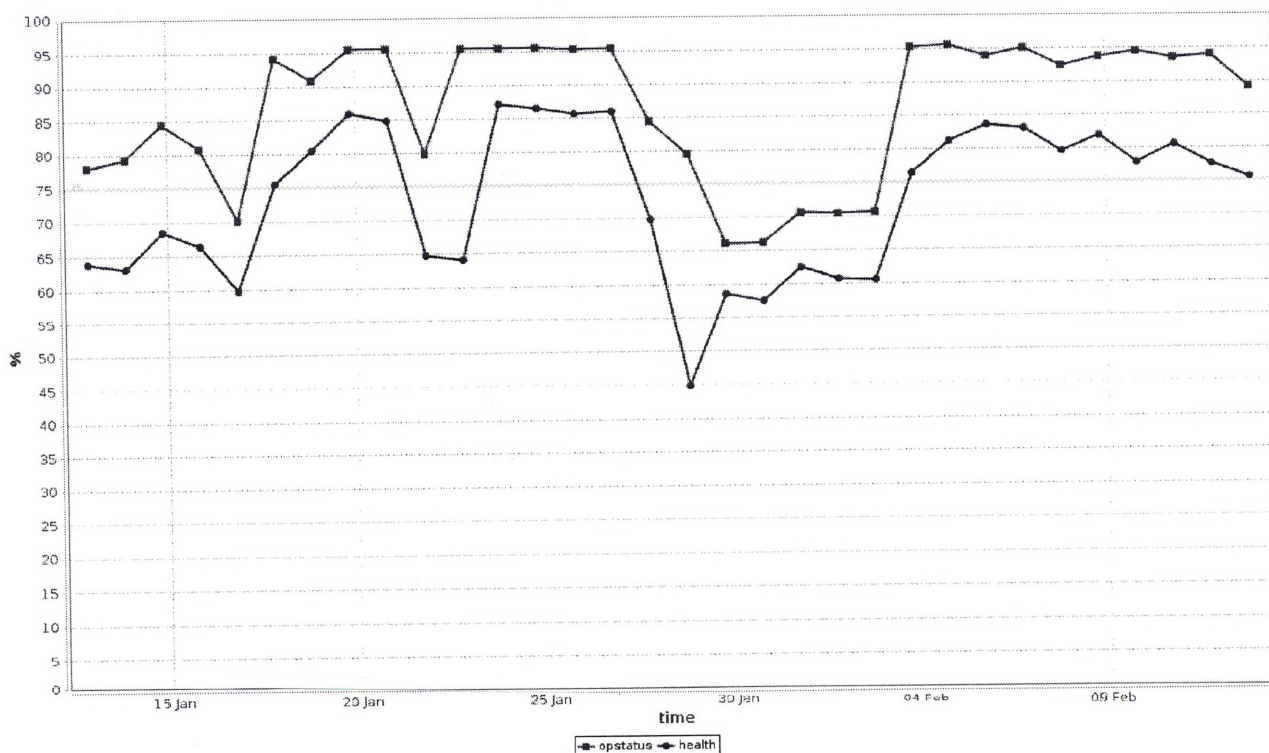




Figura 1.2: Histórico da saúde do sistema no período de 13/01/2022 a 12/02/2022.



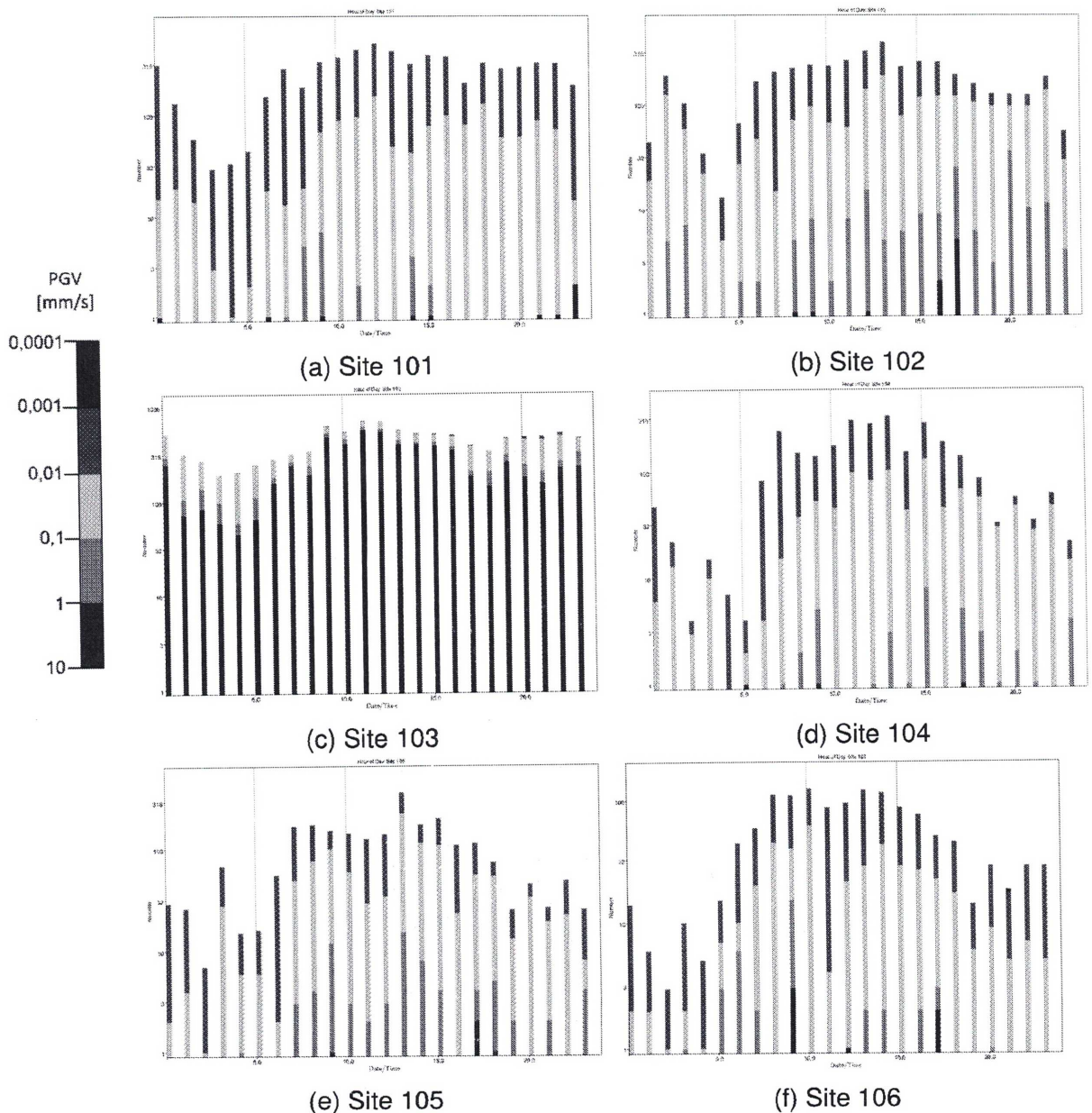
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>11/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



## 2.0 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS PELOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO

### 2.1 MONITORAMENTO CONVENCIONAL

#### 2.1.1 ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA I

As Figuras 2.1 e 2.2, de (a) a (j) e (a) a (h) apresentam as distribuições de PGV registrados de 13/01/2022 a 12/02/2022, por sensor e por hora, ao longo do dia para as Forquilha I e Forquilha II, respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>12/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

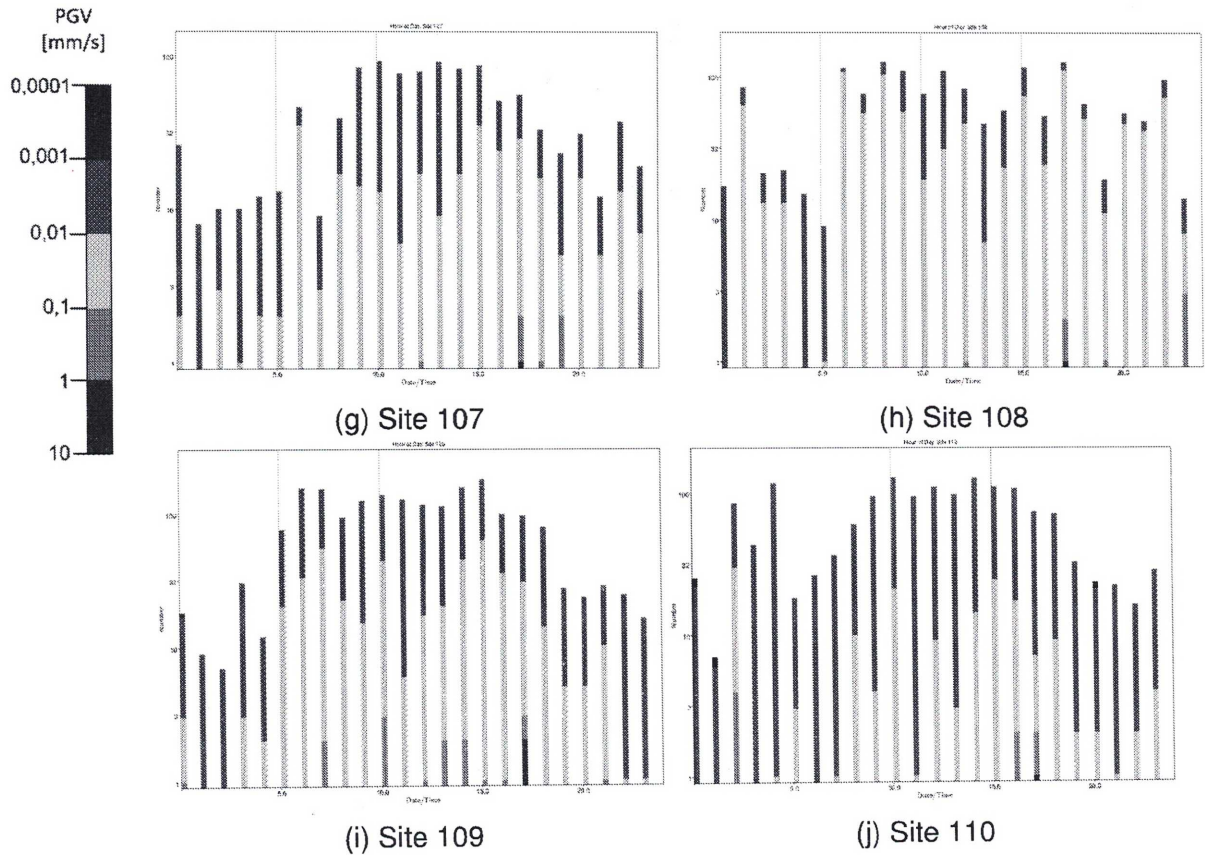


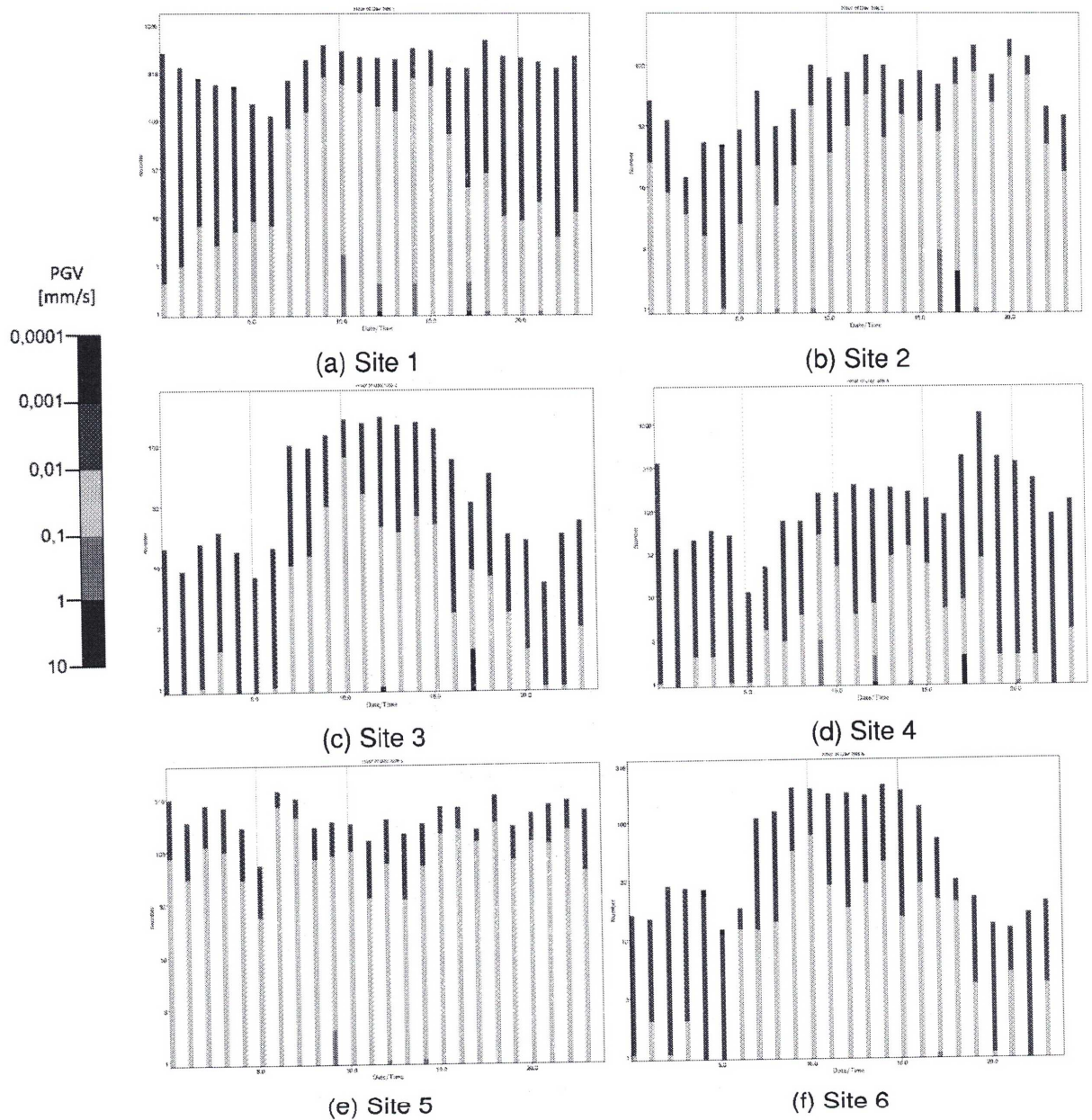


Figura 2.1: PGV de todos os *triggers* dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 – sensores 101 (a) a 110 (j), respectivamente, por hora do dia.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>13/66</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.2 ANÁLISE GERAL DOS REGISTROS - FORQUILHA II





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>14/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

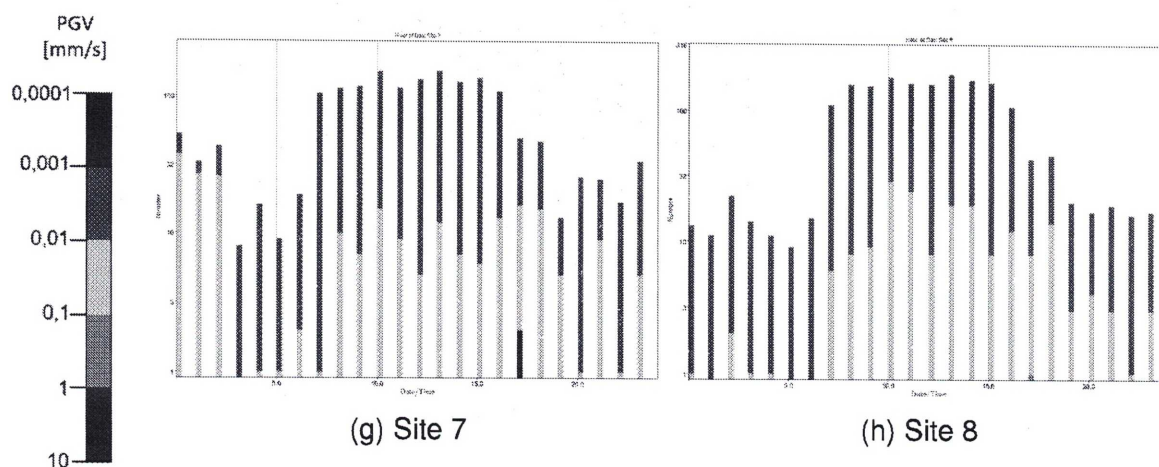




Figura 2.2: PGV de todos os *triggers* dos sensores na Barragem Forquilha I no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 – sensores 1 (a) a 8 (h), respectivamente, por hora do dia.

Em ambas as estruturas, a maioria dos registros contém amplitudes na faixa entre 0,001 e 0,1 mm/s, nas quais, de maneira geral, há um aumento da amplitude e no número de registros entre 07h e 17h, que corresponde também ao horário de operação da mina.

No sistema de Forquilha I (Figura 2.1), todos os sensores apresentaram pelo menos um registro de vibrações de amplitude superior a 1 mm/s. É perceptível um aumento do número de registro durante o horário operacional da mina, assim como o aumento das amplitudes registradas. Como o sensor 103 apresentou problemas, o reflexo disso pode observado em seu respectivo gráfico, a partir da grande quantidade de registros com PGV elevado.

No sistema de Forquilha II (Figura 2.2), assim como em Forquilha I, todos os sensores apresentaram vibrações de amplitude superior a 0,1 mm/s durante o horário operacional da mina. Nos sensores 1, 2, 3, 4 e 7 foram observadas amplitudes superiores a 1 mm/s, em especial no final da tarde.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>15/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### 2.1.3 REGISTROS OCACIONADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

De 10/03/2020 a 12/02/2022, dentre os registros do sistema de monitoramento microssísmico que opera em Forquilha I e Forquilha II, 1.442 registros associados a 472 eventos foram removidos do banco de dados por estarem, possivelmente, vinculados a descargas atmosféricas. A distribuição desses fenômenos ao longo do monitoramento está exibido na Figura 2.3.

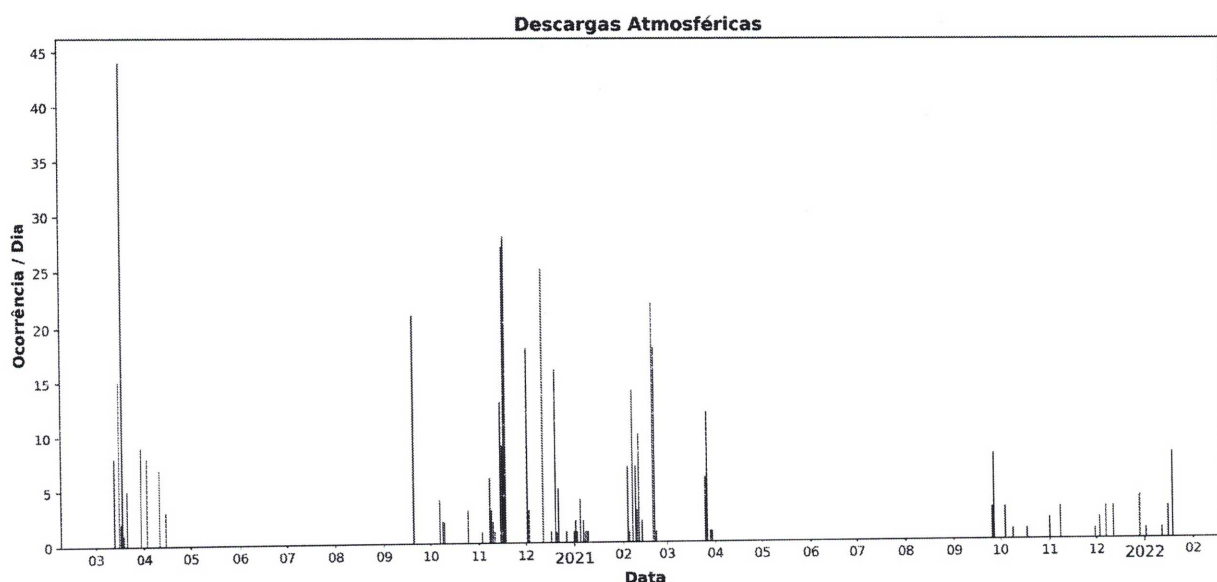




Figura 2.3: Distribuição das descargas atmosféricas observadas pelo sistema instalado nas Barragens Forquilha I e Forquilha II durante todo o período de monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022).

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>16/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

#### 2.1.4 DISTRIBUIÇÃO DAS AMPLITUDES

##### **Monitoramento Mensal - Forquilha I (13/01/2022 a 12/02/2022)**

As Figuras 2.4 e 2.5, referentes à Forquilha I, apresentam, respectivamente, para o período de análise deste relatório, a distribuição da quantidade de registros por sensor e os valores máximos de PGV e PGA bem como suas médias. O sensor 107, localizado no maciço da barragem, apresentou o maior número de registros. O sensor 105, localizado na crista, registrou o maior valor de PGV, enquanto o sensor 109, localizado próximo ao pé da barragem, registrou o maior valor de PGA.

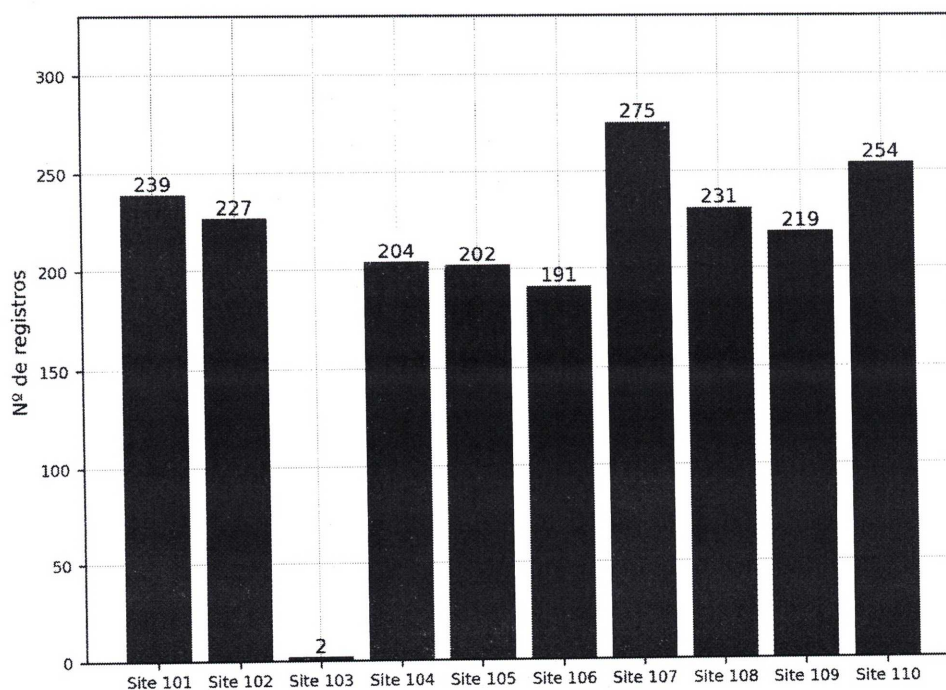




Figura 2.4: Número de registros por sensor para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>17/66</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

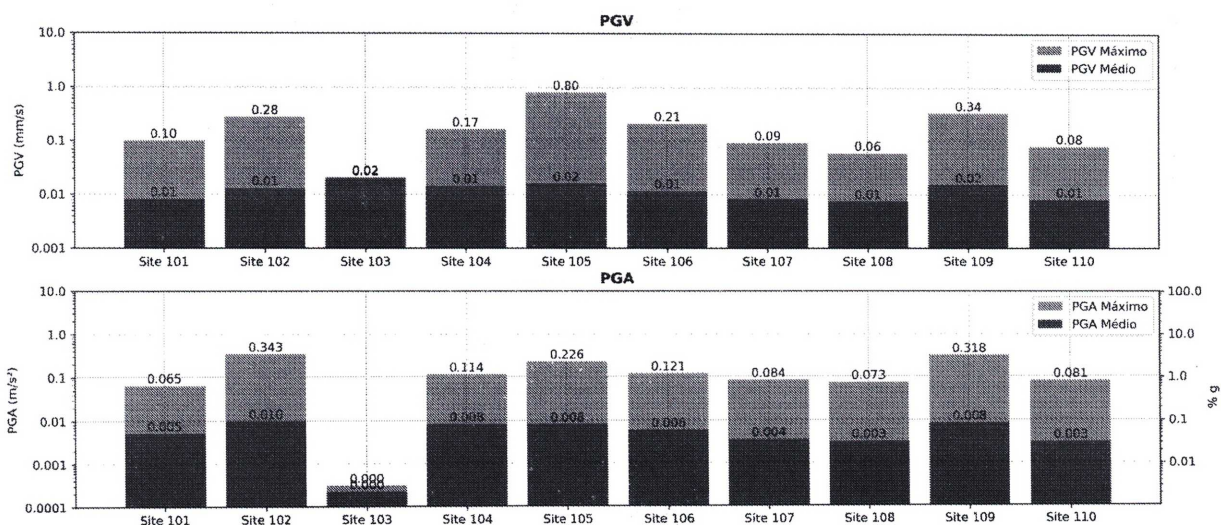




Figura 2.5: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>18/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Monitoramento Mensal - Forquilha II (13/01/2022 a 12/02/2022)

As Figuras 2.6 e 2.7, referentes à Forquilha II, apresentam, respectivamente, para o período de análise deste relatório, a distribuição da quantidade de registros por sensor e os valores máximos de PGV e PGA bem como suas médias. O sensor 8, localizado no maciço, apresentou o maior número de registros. Ainda, o sensor 2, localizado entre as barragens de Forquilha I e Forquilha II, registrou os maiores valores de PGV e PGA.

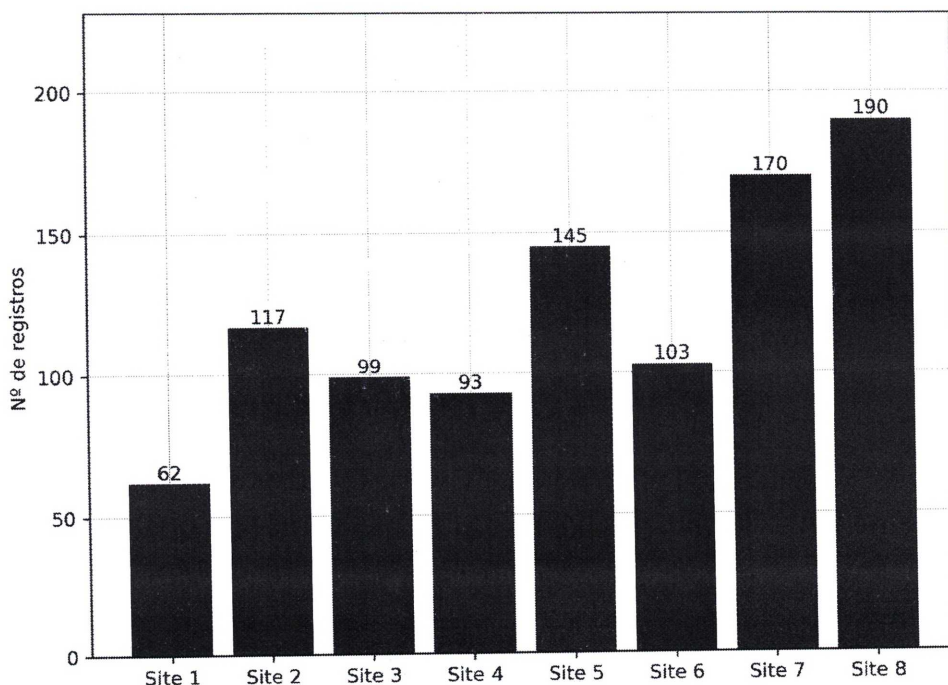




Figura 2.6: Número de registros por sensor para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>19/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

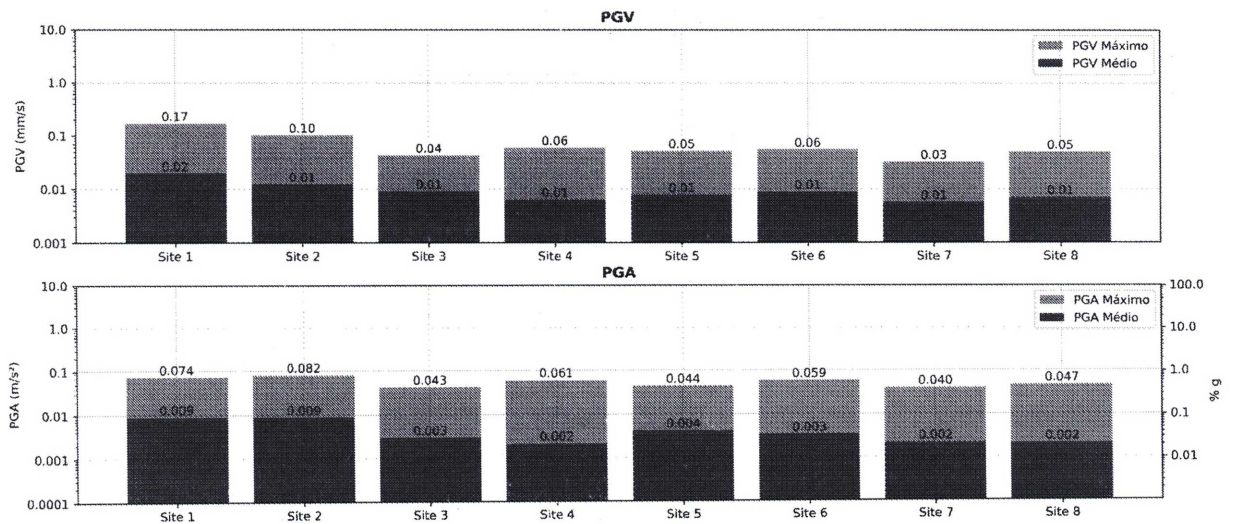




Figura 2.7: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>20/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Histórico de Monitoramento - Forquilha I (10/03/2020 a 12/02/2022)

Comparativamente, as Figuras 2.8 e 2.9 apresentam os valores de PGV e PGA registrados pelos sensores para todo o período de monitoramento para Forquilha I. O sensor 103, localizado no reservatório, apresenta o maior número de registros. As maiores amplitudes de vibração com relação ao PGV foram registradas pelo sensor 102, e ao PGA pelo sensor 109. O sensor 102 está localizado na ombreira direita, e o sensor 109 à jusante da crista.

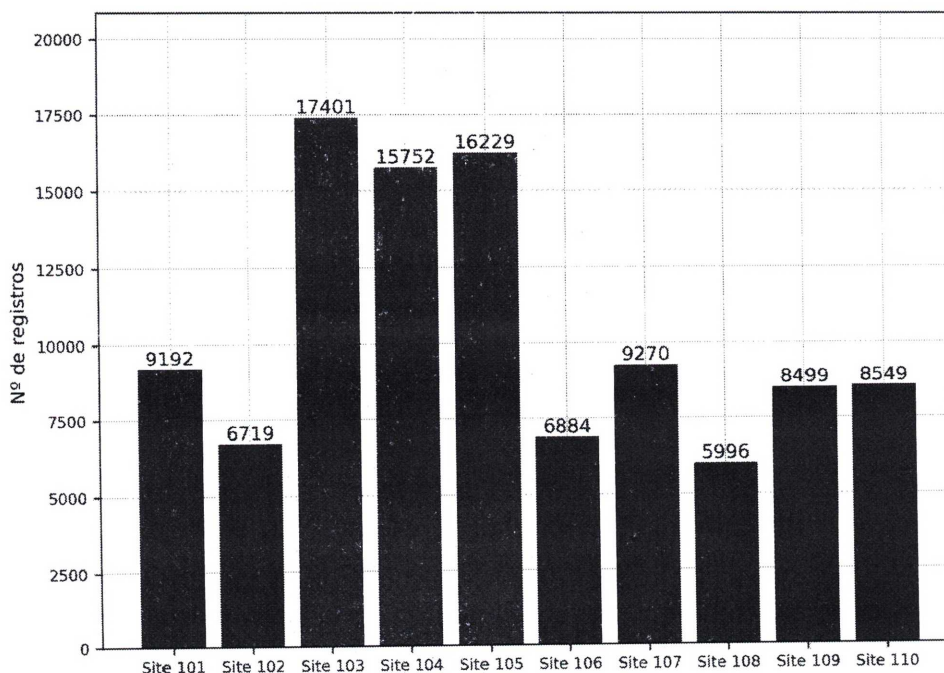




Figura 2.8: Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>21/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

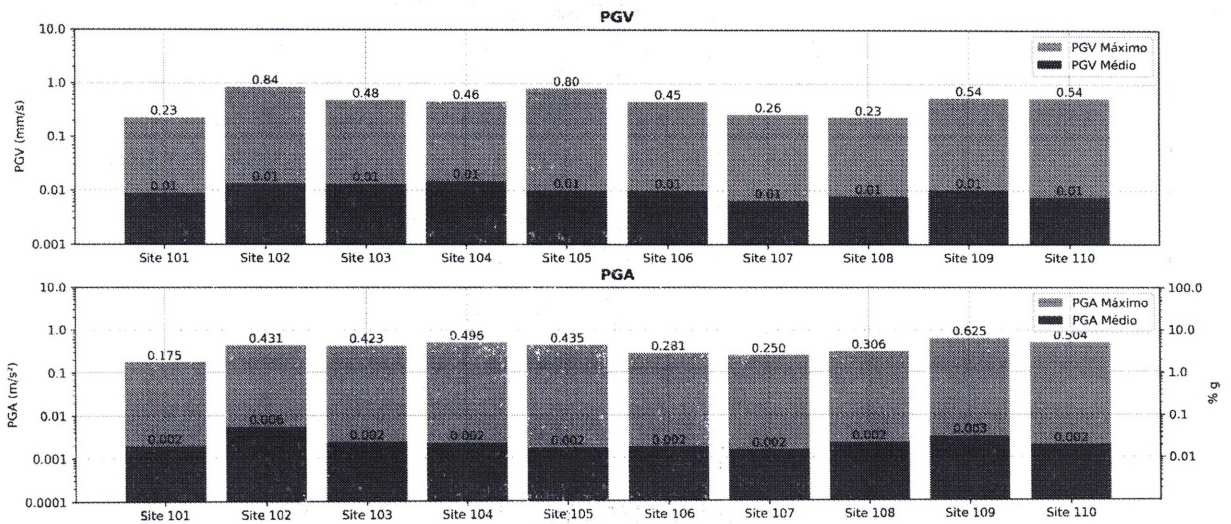




Figura 2.9: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>22/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Histórico de Monitoramento - Forquilha II (10/03/2020 a 12/02/2022)

Comparativamente, as Figuras 2.10 e 2.11 apresentam os valores de PGV e PGA registrados pelos sensores para todo o período de monitoramento. O sensor 5, localizado na crista, apresenta o maior número de registros. As maiores amplitudes de com relação ao PGV e PGA foram registradas pelo sensor 3, localizado no reservatório.

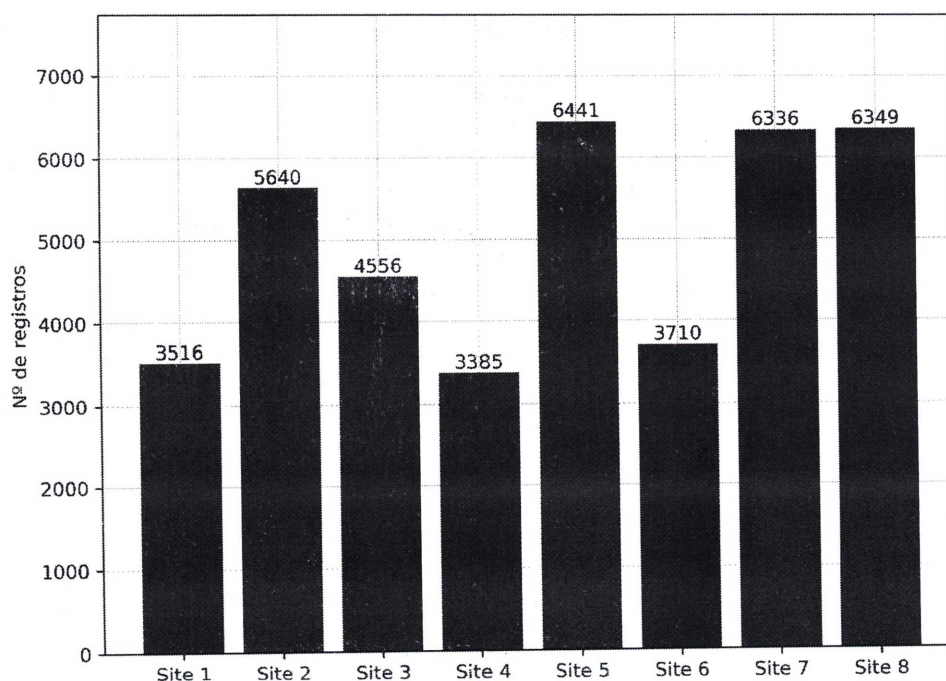




Figura 2.10: Número de registros por sensor para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>23/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

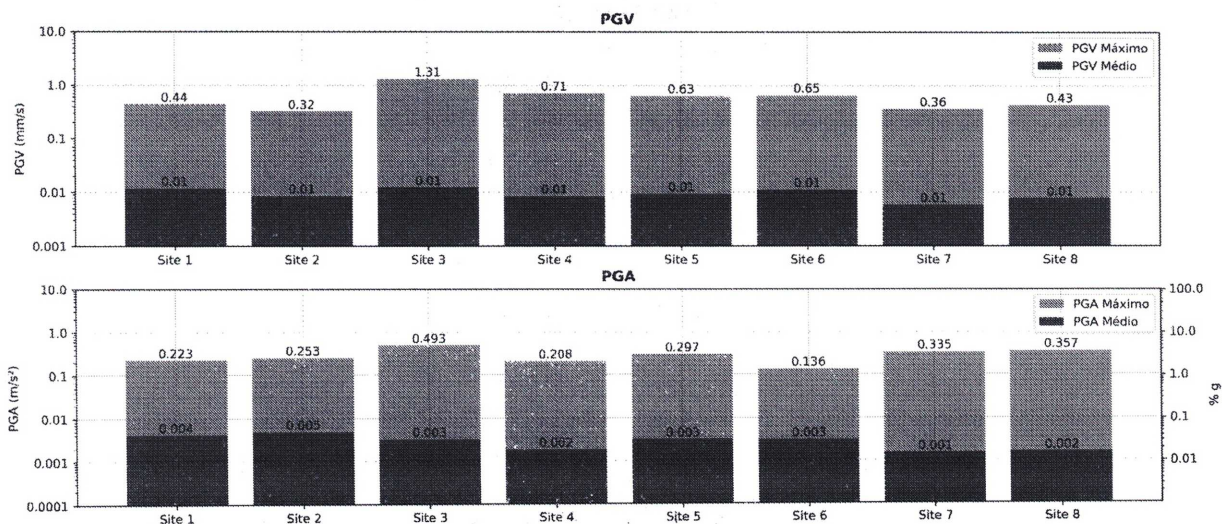




Figura 2.11: Valores máximos e médios das amplitudes de velocidade e aceleração por sensor, para o período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>24/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



## 2.1.5 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS AMPLITUDES

### Forquilha I

O banco de dados que abrange o monitoramento realizado de 13/01/2022 a 12/02/2022 conta com 2.044 registros relacionados a 749 eventos distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,000927 mm/s e **0,804855 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,011246 mm/s, a mediana foi de 0,005526 mm/s e o desvio padrão foi de 0,025690 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000112 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,343379 m/s<sup>2</sup> (3,51% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,006014 m/s<sup>2</sup> (0,06% de g), a mediana foi de 0,000824 m/s<sup>2</sup> (0,008% de g) e o desvio padrão foi de 0,019508 m/s<sup>2</sup> (0,2% de g);
- 99,90% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.12 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para o período de monitoramento mensal. A distribuição dos valores de pico registrados de 13/01/2022 a 12/02/2022 está apresentada na Figura 2.13.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>25/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

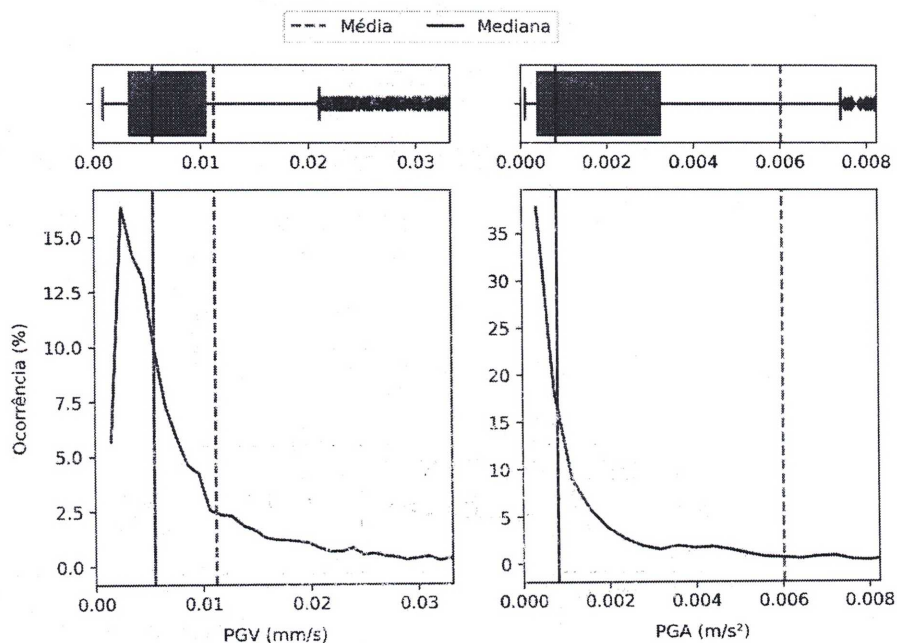
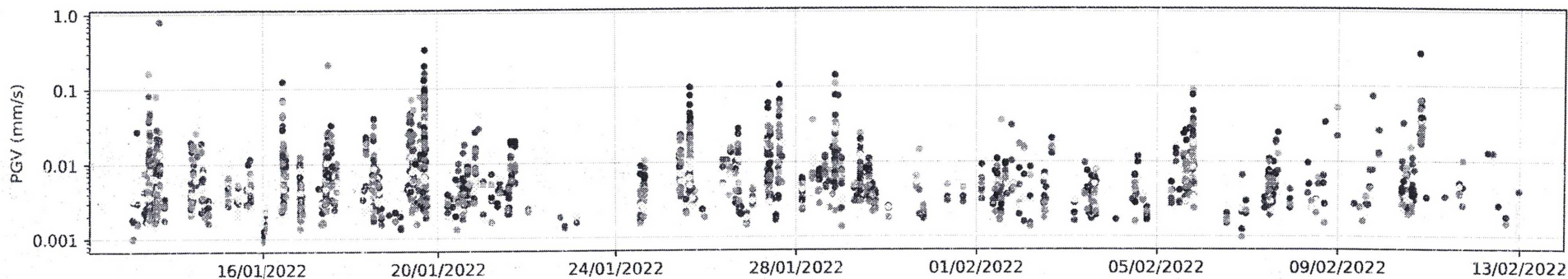


Figura 2.12: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>26/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

**PGV**



**PGA**

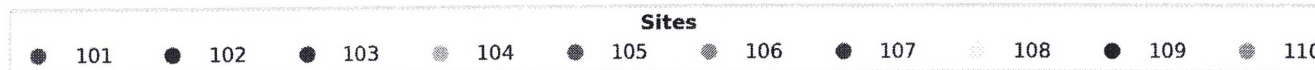
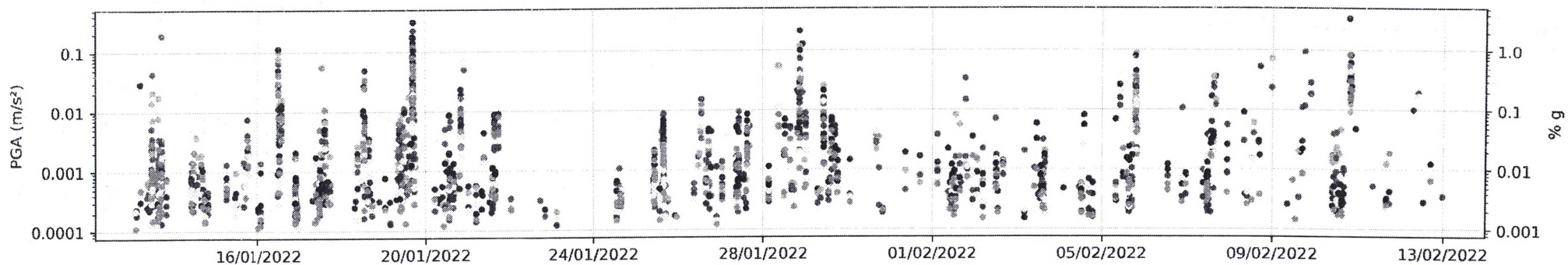




Figura 2.13: Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>27/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

No que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022), o banco de dados contém 104.610 registros, que correspondem a 35.527 eventos com horários distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,000217 mm/s e **0,841217 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,010790 mm/s, a mediana foi de 0,006365 mm/s e o desvio padrão foi de 0,015693 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000097 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,625451 m/s<sup>2</sup> (6,40% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,002350 m/s<sup>2</sup> (0,02% de g), a mediana foi de 0,000654 m/s<sup>2</sup> (0,007% de g) e o desvio padrão foi de 0,010052 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 99,98% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- 99,99% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.14 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para todo o período de monitoramento. A distribuição dos valores de pico registrados de 10/03/2020 a 12/02/2022 está apresentada na Figura 2.15.

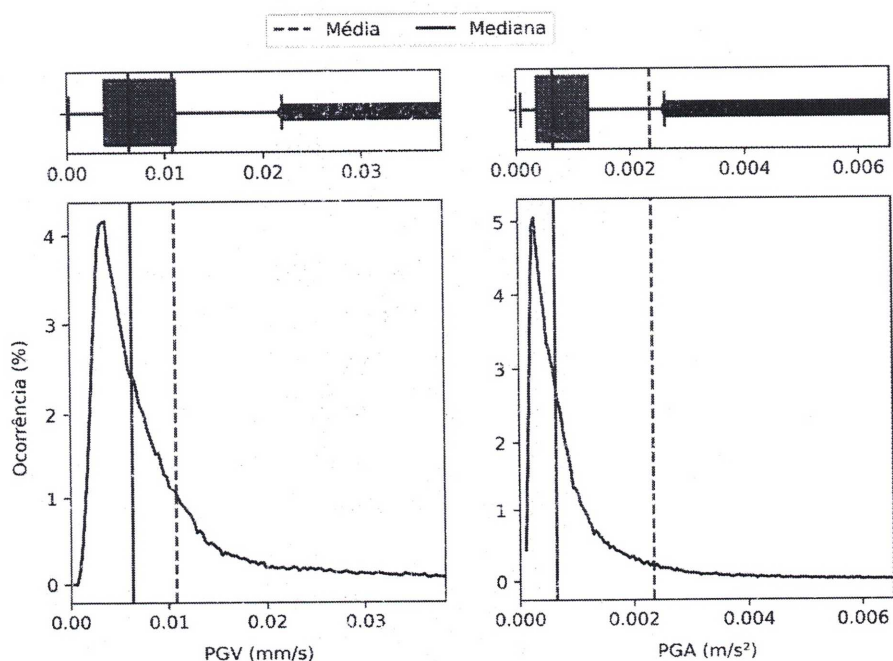


Figura 2.14: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha I no período de 10/03/2020 a 12/02/2022.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>28/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2022.02</b>	REV. <b>A</b>

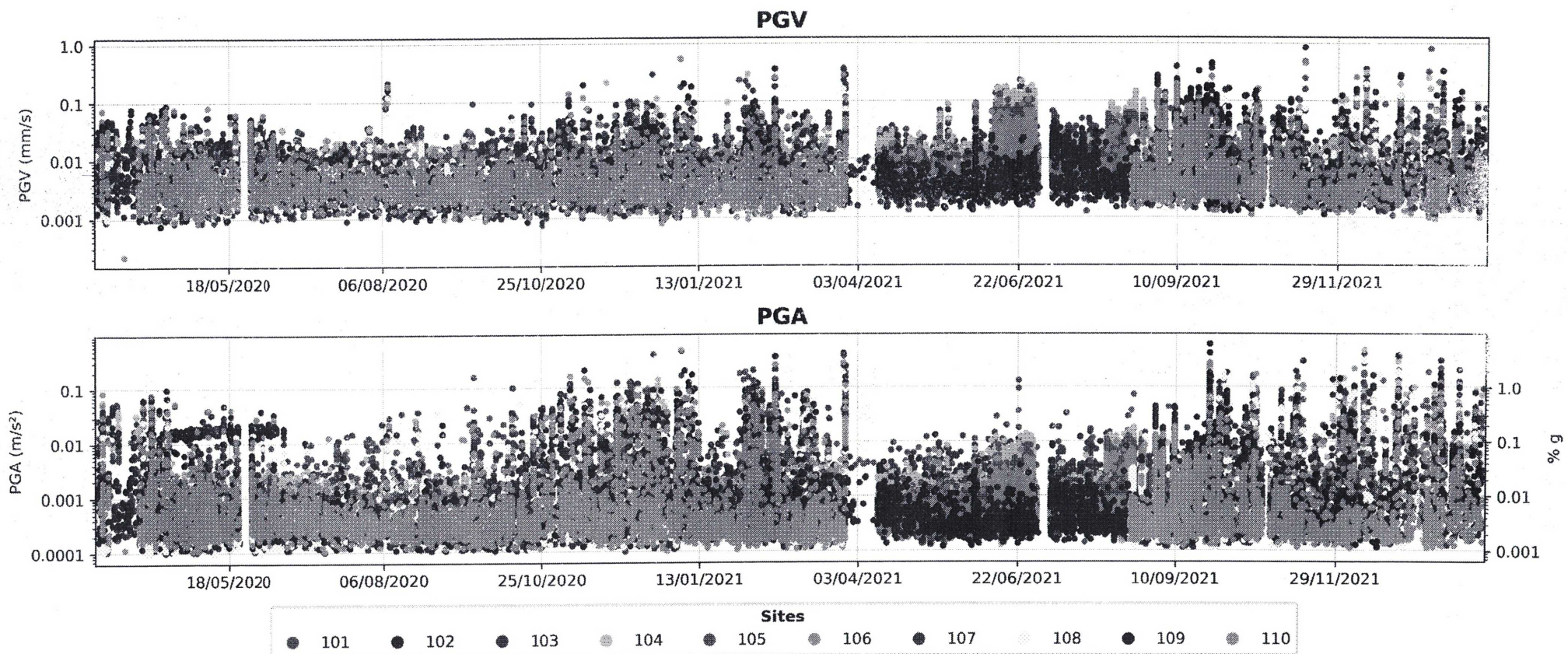




Figura 2.15: Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha I, discriminados por sensor.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## Forquilha II

O banco de dados que abrange o monitoramento realizado de 13/01/2022 a 12/02/2022 conta com 979 registros relacionados a 324 eventos distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,001091 mm/s e **0,170803 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,008727 mm/s, a mediana foi de 0,005327 mm/s e o desvio padrão foi de 0,013450 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000136 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,081629 m/s<sup>2</sup> (0,8% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,003900 m/s<sup>2</sup> (0,04% de g), a mediana foi de 0,000650 m/s<sup>2</sup> (0,007% de g) e o desvio padrão foi de 0,010236 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).

A Figura 2.16 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para o período de monitoramento mensal. As distribuições dos valores de pico registrados de 13/01/2022 a 12/02/2022 estão apresentadas na Figura 2.17.

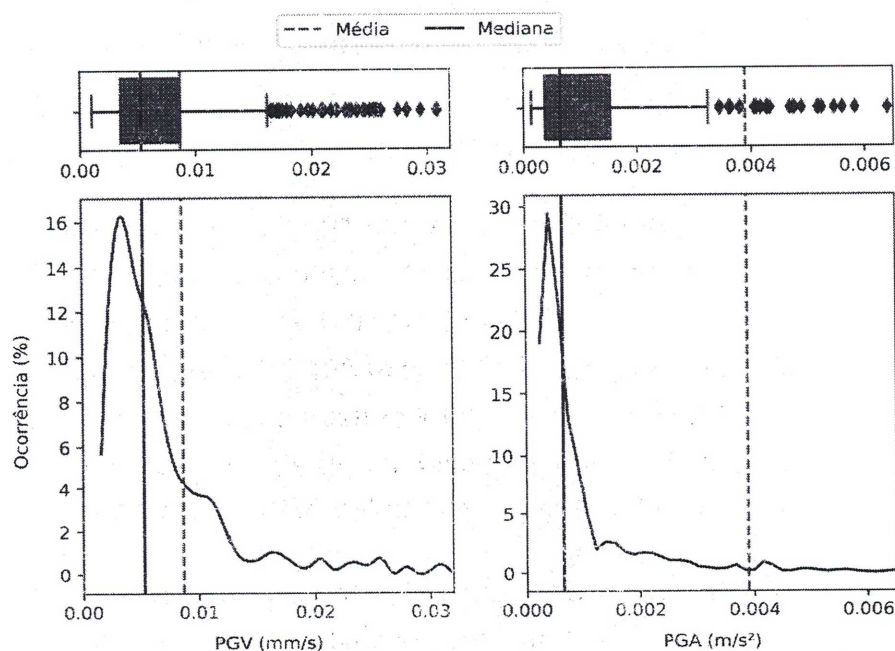
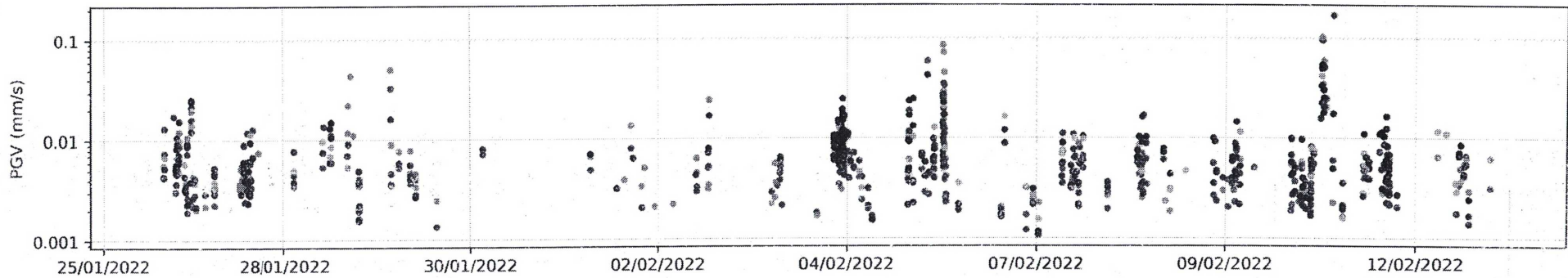


Figura 2.16: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>30/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-</b> <b>2022.02</b>	REV. <b>A</b>

**PGV**



**PGA**

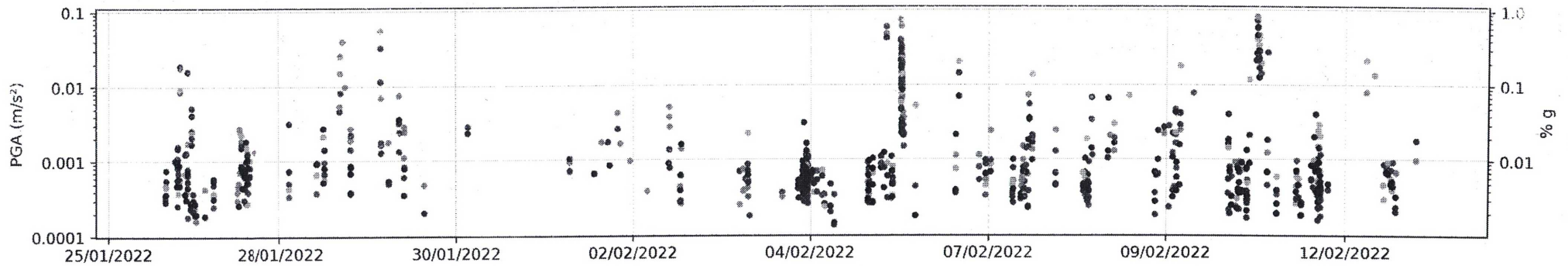




Figura 2.17: Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>31/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

No que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022), o banco de dados contém 39.933 registros, que correspondem a 17.174 eventos com horários distintos. Para esses registros, tem-se que:

- Os PGV variaram entre 0,000399 mm/s e **1,307680 mm/s**;
- Para os PGV, a média das amostras foi de 0,009067 mm/s, a mediana foi de 0,006538 mm/s e o desvio padrão foi de 0,015511 mm/s;
- Os PGA variaram entre 0,000104 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e **0,493177 m/s<sup>2</sup> (5,04% de g)**;
- Para os PGA, a média das amostras foi de 0,002832 m/s<sup>2</sup> (0,03% de g), a mediana foi de 0,000587 m/s<sup>2</sup> (0,006% de g) e o desvio padrão foi de 0,010640 m/s<sup>2</sup> (0,1% de g);
- 99,99% dos registros de PGA estão abaixo de 0,293 m/s<sup>2</sup> (3% de g).
- 100,00% dos registros de PGA estão abaixo de 0,489 m/s<sup>2</sup> (5% de g).

A Figura 2.18 apresenta a distribuição dos registros no diagrama de caixa, a partir de divisões percentuais, e da distribuição estimada de frequência dos registros em porcentagem de ocorrência para todo o período de monitoramento. As distribuições dos valores de pico registrados de 10/03/2020 a 12/02/2022 estão apresentadas na Figura 2.19.

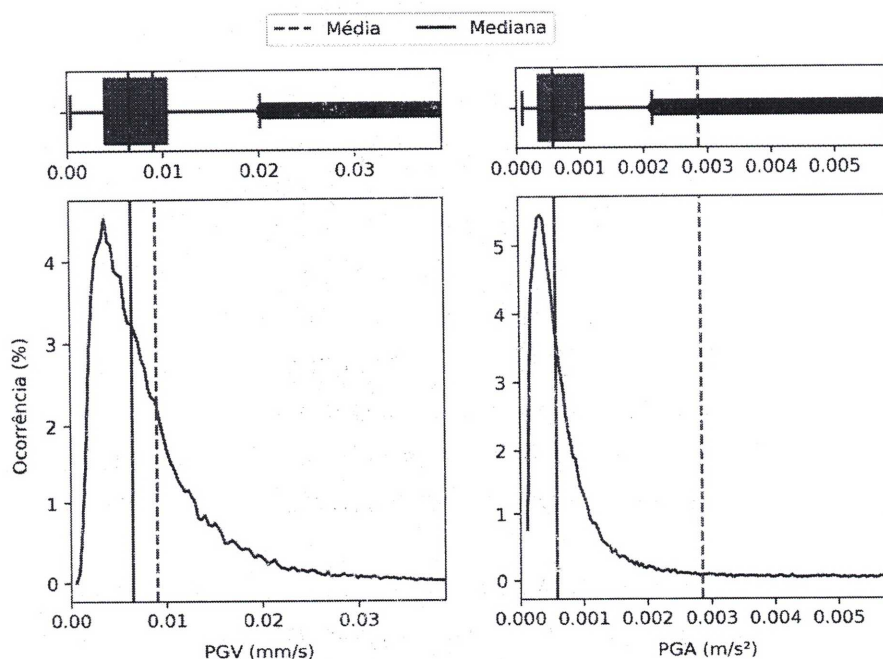
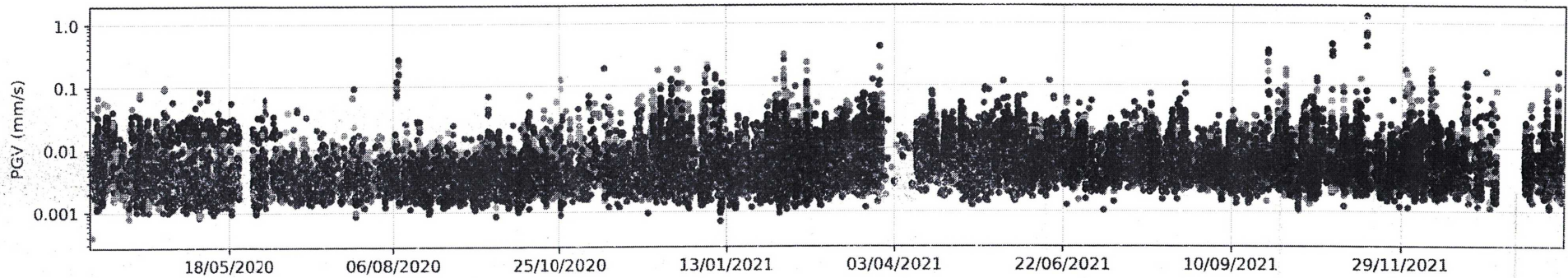


Figura 2.18: Diagrama de caixa e distribuição das frequências de ocorrência dos registros de PGV e PGA em Forquilha II no período de 10/03/2020 a 12/02/2022.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>32/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

**PGV**



**PGA**

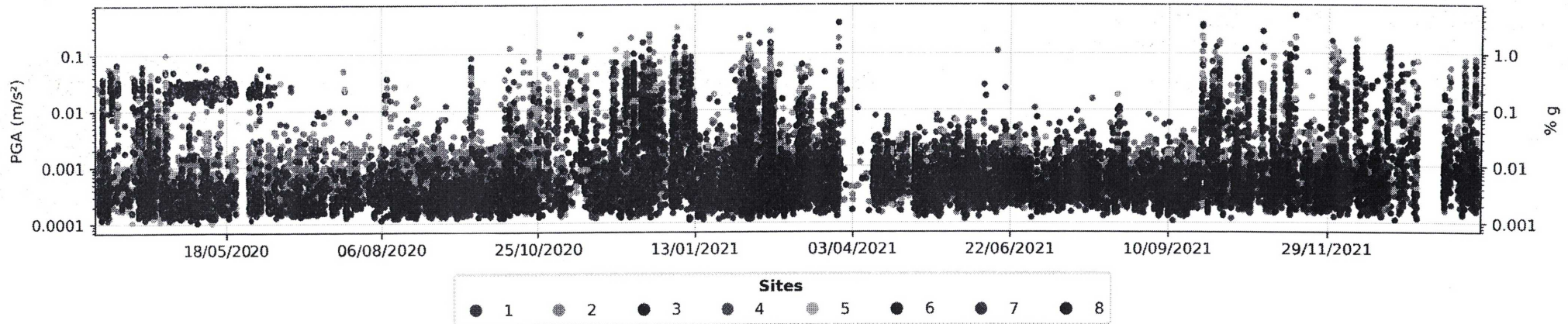




Figura 2.19: Valores de PGV e PGA no período de 10/03/2020 a 12/02/2022 em Forquilha II, discriminados por sensor.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>33/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### 2.1.6 DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS

De forma a complementar as amplitudes de vibração observadas, as Figuras 2.20 e 2.21 apresentam, para Forquilha I, os valores de frequência dominante associados aos registros de PGV e PGA, no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 e ao longo de todo o monitoramento, respectivamente. Igualmente, as Figuras 2.22 e 2.23 apresentam as mesmas informações para Forquilha II.

Nessas figuras, nota-se uma maior quantidade de registros associados a frequências mais altas, próximas ou acima de 100 Hz, nos últimos três e primeiros quatro meses de cada ano, aproximadamente. Ao mesmo tempo, observa-se na Figura 2.3, no item 2.1.3, um aumento no número de descargas atmosféricas, associadas ao período chuvoso. Dessa forma, registros com frequências mais elevadas no período indicado podem estar associadas a trovões, que são decorrentes das descargas atmosféricas.

A Figura 2.24 apresenta a relação entre as frequências e os valores de amplitude registrados para o 13/01/2022 a 12/02/2022, de modo que se possa associar a frequência predominante durante a atividade que gerou as amplitudes naquele momento.





CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

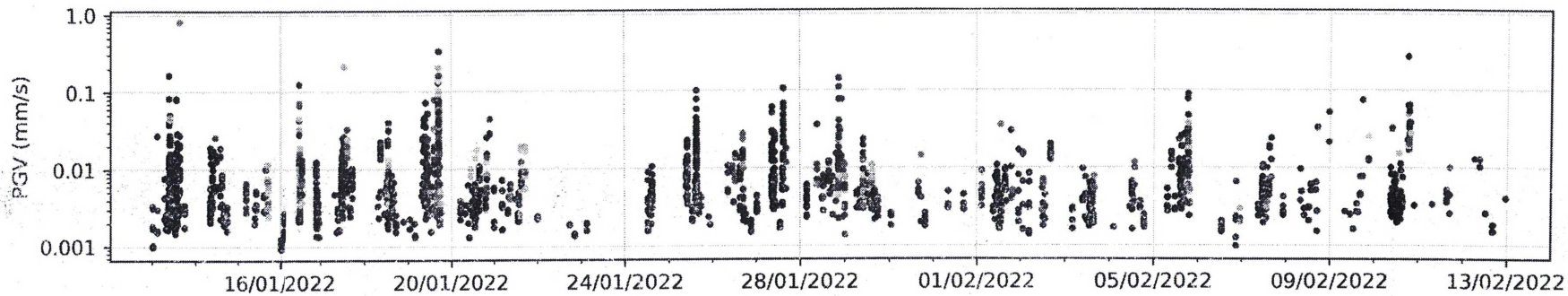
# PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22

Nº VALE  
  
Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2022.02

PÁGINA  
34/66  
REV.  
A

## PGV



## PGA

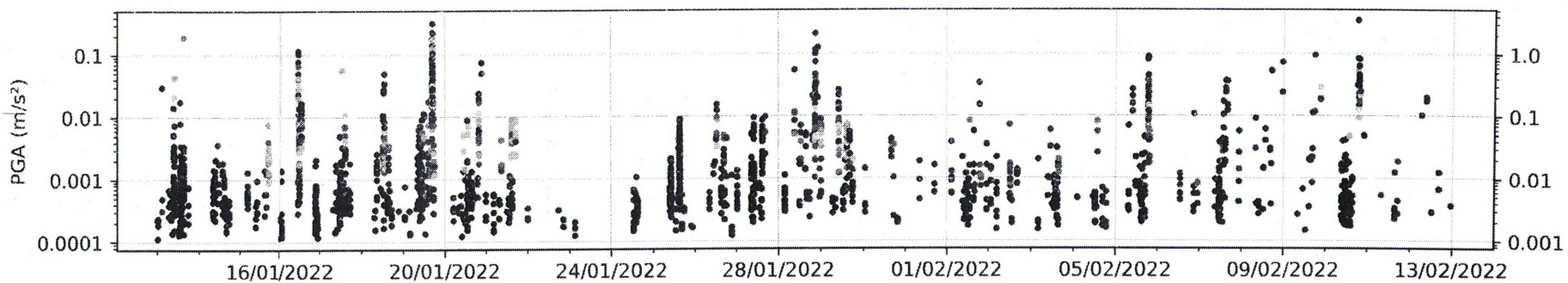


Figura 2.20: Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>35/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

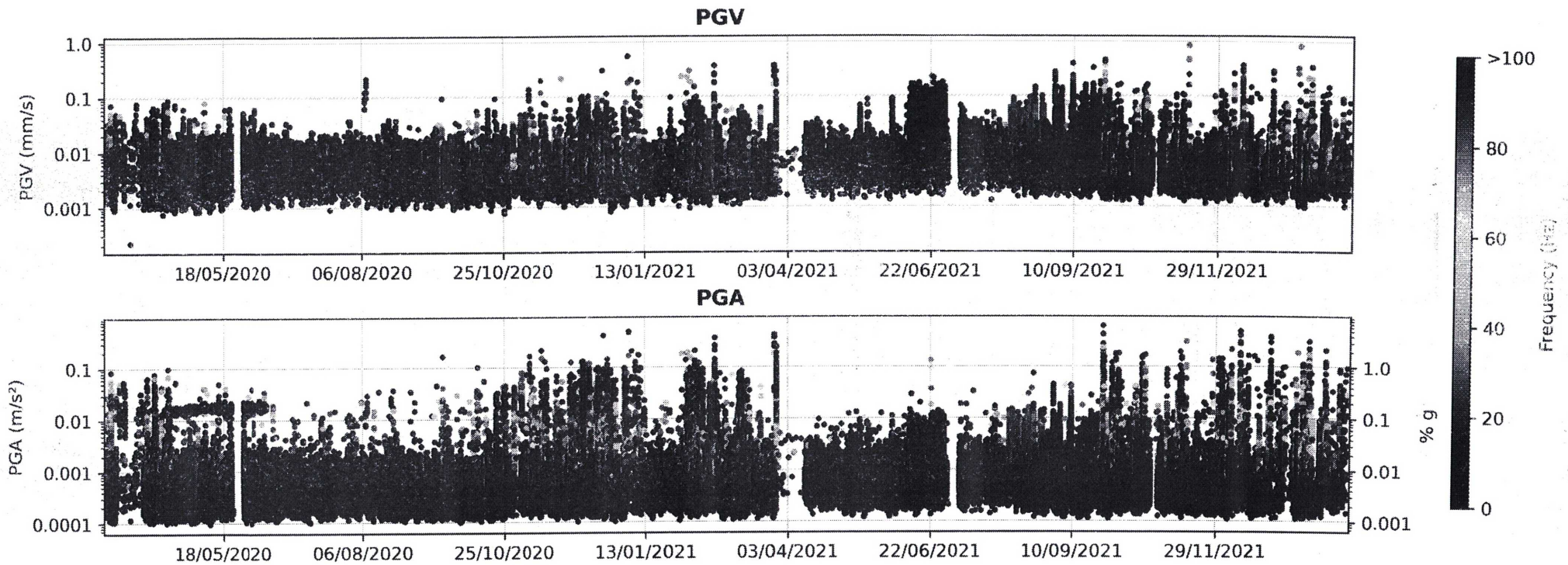


Figura 2.21: Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022) em Forquilha I, classificados de acordo com a frequência dominante.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>36/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-</b> <b>2022.02</b>	REV. <b>A</b>

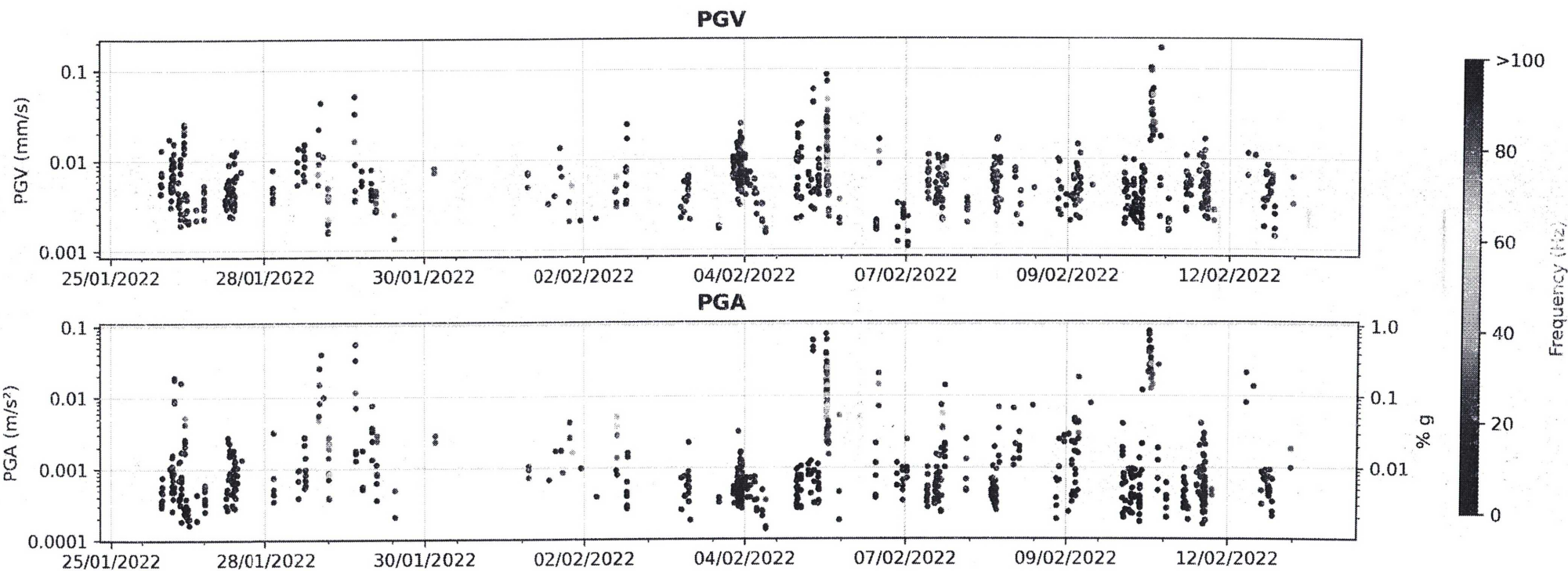


Figura 2.22: Valores de PGV e PGA no período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>37/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

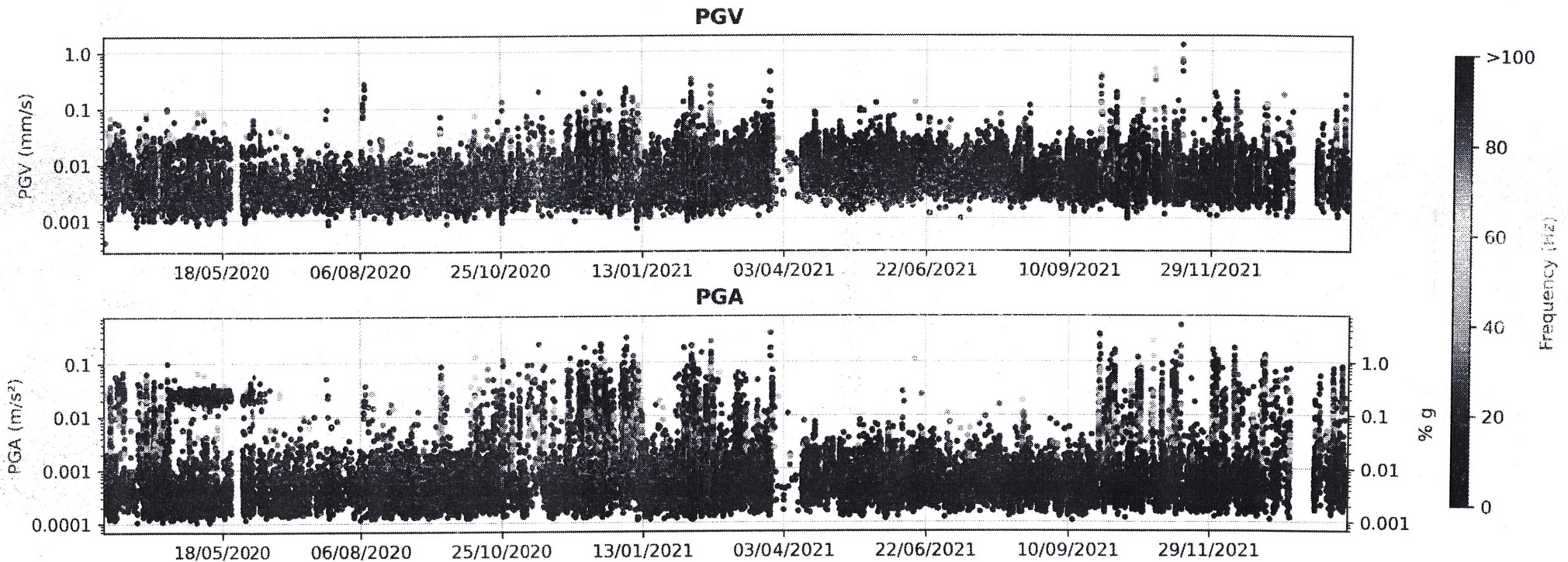


Figura 2.23: Valores de PGV e PGA ao longo de todo o monitoramento (10/03/2020 a 12/02/2022) em Forquilha II, classificados de acordo com a frequência dominante.





CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

## PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22

Nº VALE

PÁGINA

38/66

Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2022.02

REV.

A

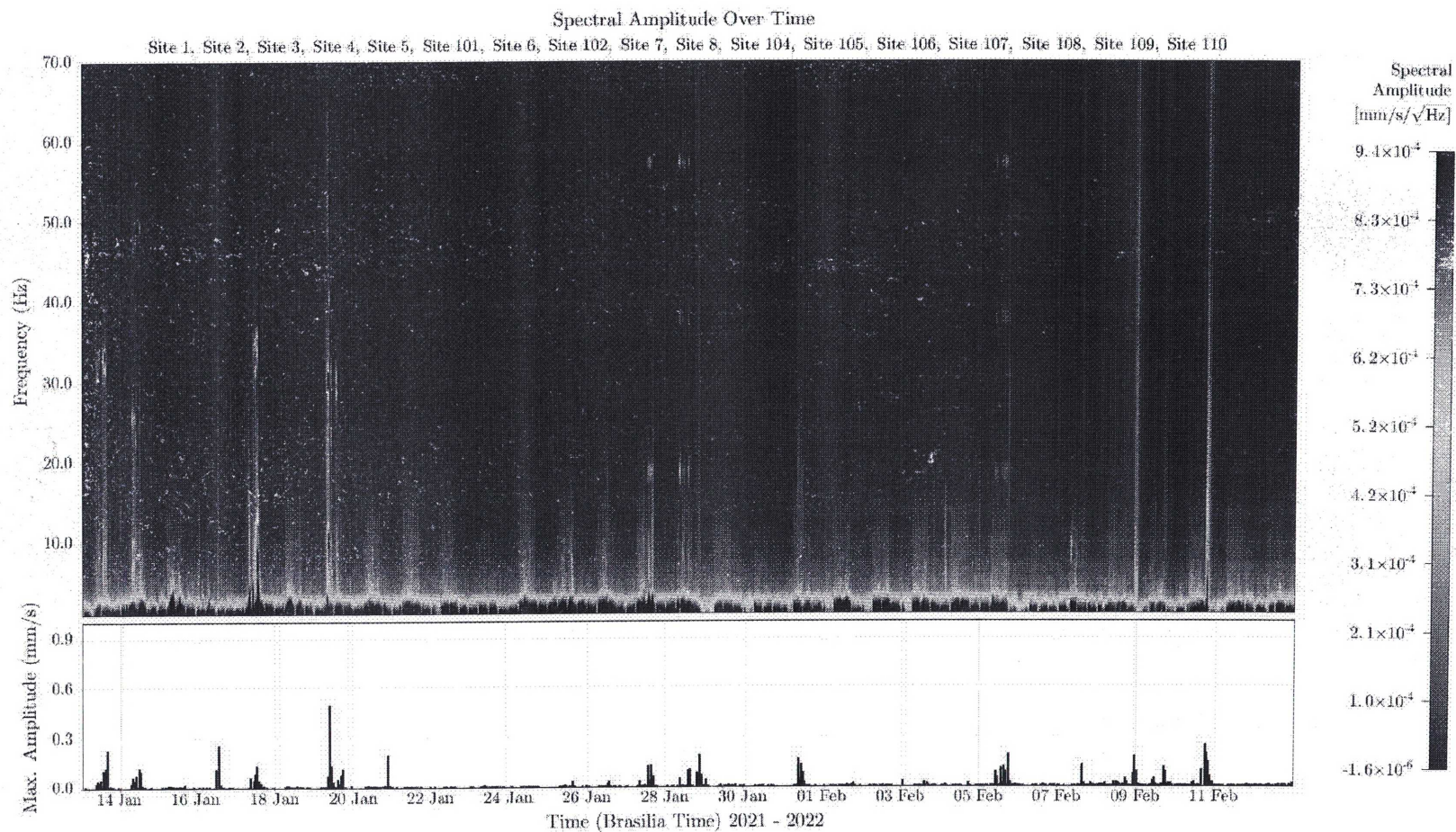


Figura 2.24: Espectro de frequências e amplitudes para período de monitoramento.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>39/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## 2.1.7 SISMOS E DETONAÇÕES

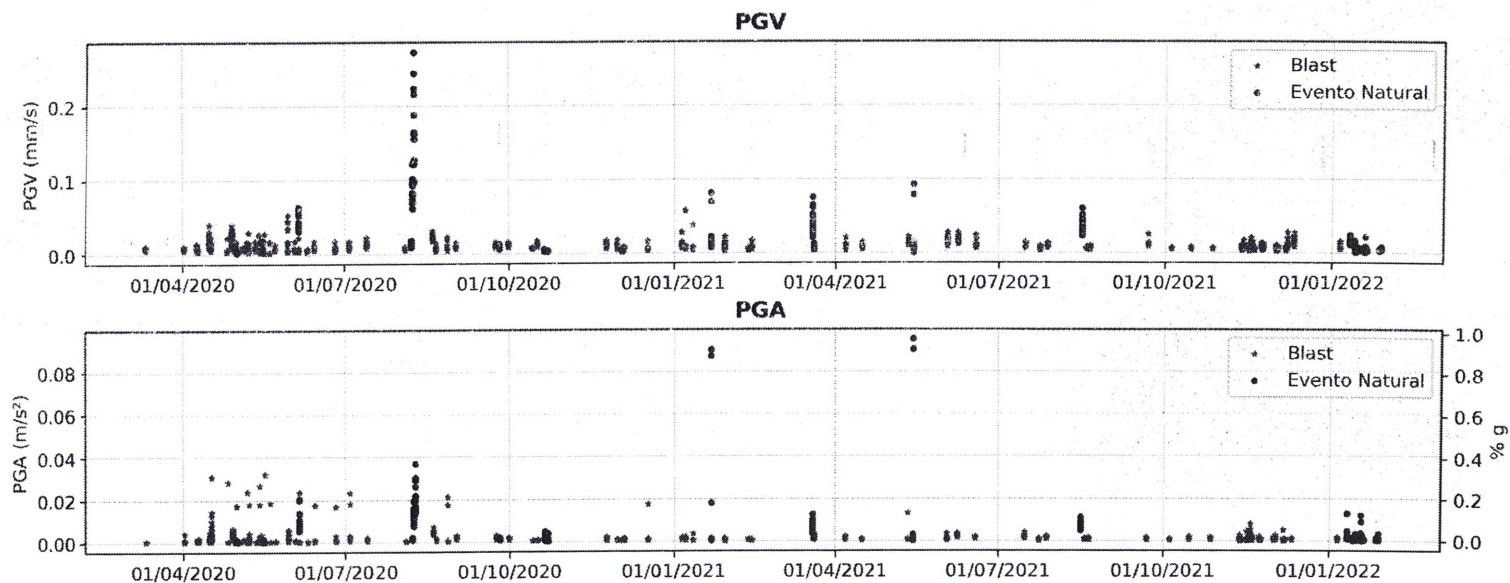




Figura 2.25: Valores de PGV e PGA no período de março de 2020 a fevereiro de 2022, associados à eventos manualmente processados e caracterizados como evento sísmico natural ou *blast*.

- Para o período de análise, foram detectados 0 *blasts* e 17 evento sísmico natural.
- Para todo o período de monitoramento, foram identificados 103 *blasts* e 32 eventos sísmicos naturais.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>40/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

Desde o dia 10/01/2022, ocorreram na região de Divinópolis-MG, dezenas de sismos, conforme apontam os Informes do Centro de Sismologia da USP, "Informe sobre o tremor de terra de Divinópolis de 10-Jan-2022, magnitude 2.9" e "Tremores em Divinópolis-MG: Enxame sísmico de 10 a 19 de Janeiro de 2022", que podem ser encontrados no endereço <http://moho.iag.usp.br/reports/>. Dentre eles, nem todos foram detectados pelo sistema microssísmico de Forquilha I e Forquilha II, pois apresentavam baixa magnitude e a razão sinal/ruído não era satisfatória.

As amplitudes dos sismos percebidos durante o último período, quanto à velocidade de partícula, estiveram abaixo de 0.022098 mm/s, enquanto as acelerações estiveram abaixo de 0.012075 m/s<sup>2</sup> (0.12% de g)

### 2.1.8 NORMA DIN 4150

A norma alemã de vibrações, amplamente aceita em vários países do mundo, tem foco no grau de segurança das estruturas frente aos efeitos de vibração, independente se essas se localizam dentro ou fora de empreendimento mineral.



O Nível L3 indica estruturas consideradas delicadas, como monumentos e construções históricas. Para fins de se obter um limite máximo de referência de vibrações, a Tetra Tech considera estruturas geotécnicas como sendo uma estrutura L3 (delicada), a não ser que limites mais restritivos sejam sugeridos pela VALE.

- **L1:** Estruturas reforçadas (edifícios industriais, por exemplo);
- **L2:** Estruturas moderadas (residências e prédios comuns); e
- **L3:** Estruturas consideradas delicadas (monumentos e construções históricas).

As Figuras 2.26 e 2.27 apresentam os valores de PGV do período de 13/01/2022 a 12/02/2022, de acordo com os limites da Norma DIN 4150.

A partir dos dados exibidos, nenhum evento ultrapassou o limite L3 da Norma.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>41/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

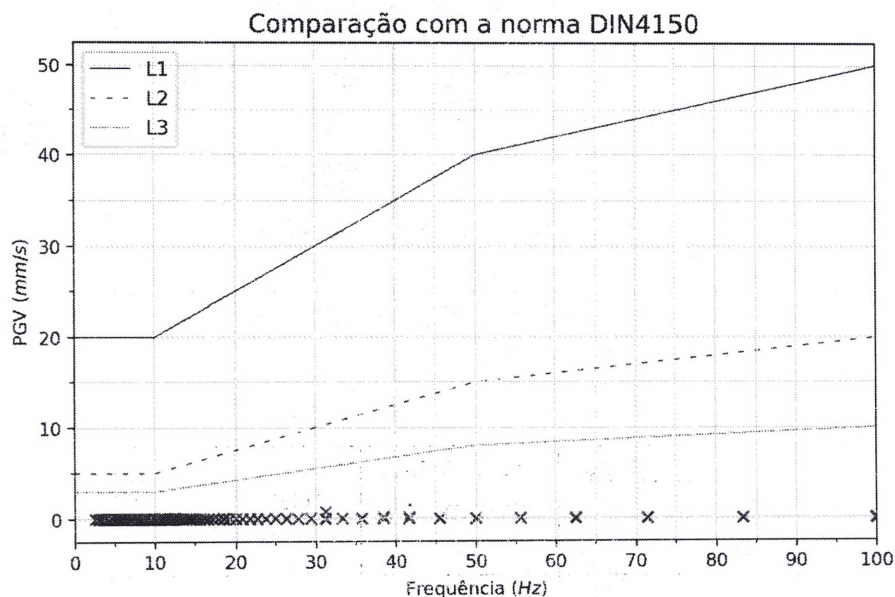


Figura 2.26: Registros de vibração em Forquilha I para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em relação a Norma DIN 4150.

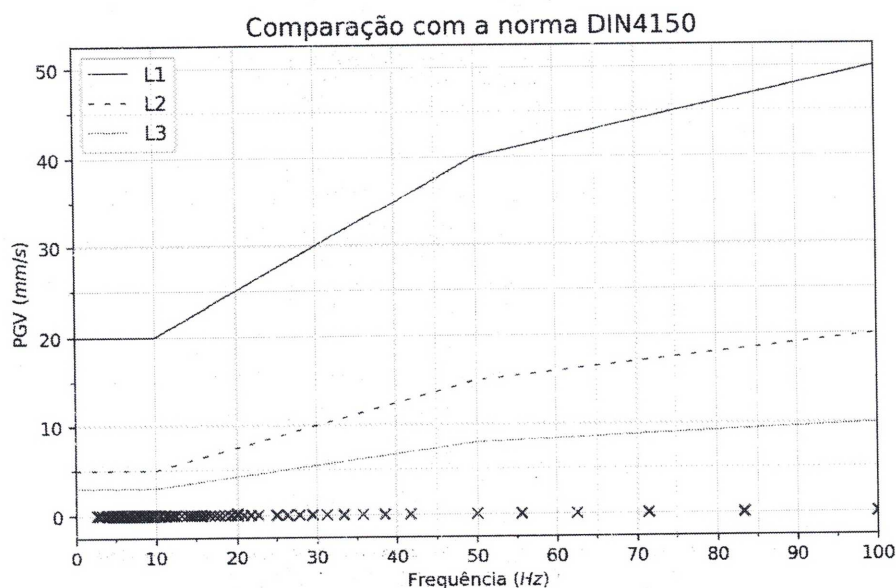




Figura 2.27: Registros de vibração em Forquilha II para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022 em relação a Norma DIN 4150.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22			Nº VALE	PÁGINA 42/66
			Nº TETRA TECH 19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02	REV. A



## 2.1.9 ANÁLISE DOS PICOS DE VELOCIDADE

### Pico histórico (10/03/2020 a 12/02/2022)

A Tabela 2.1 apresenta os registros e a Figura 2.28 o mapa com as amplitudes do maior PGV observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.1: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
12/11/2021 08:38:29	3	<b>1,30768</b>	0,493177	5,043
12/11/2021 08:38:29	102	0,841217	0,312638	3,197
12/11/2021 08:38:29	4	0,710152	0,203757	2,083
12/11/2021 08:38:29	6	0,653044	0,12494	1,278
12/11/2021 08:38:29	5	0,632298	0,197782	2,022
12/11/2021 08:38:29	103	0,479031	0,105201	1,076
12/11/2021 08:38:29	104	0,456714	0,093582	0,957
12/11/2021 08:38:29	106	0,454236	0,107743	1,102
12/11/2021 08:38:29	1	0,438956	0,087285	0,892
12/11/2021 08:38:29	105	0,247241	0,059257	0,606
12/11/2021 08:38:29	101	0,15994	0,010531	0,108
12/11/2021 08:38:29	8	0,083969	0,010463	0,107
12/11/2021 08:38:29	108	0,073856	0,016024	0,164
12/11/2021 08:38:29	107	0,067371	0,008307	0,085
12/11/2021 08:38:29	7	0,060486	0,007152	0,073
12/11/2021 08:38:29	110	0,035363	0,002418	0,025
12/11/2021 08:38:29	109	0,032812	0,003998	0,041
12/11/2021 08:38:29	2	0,031093	0,005693	0,058

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>43/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

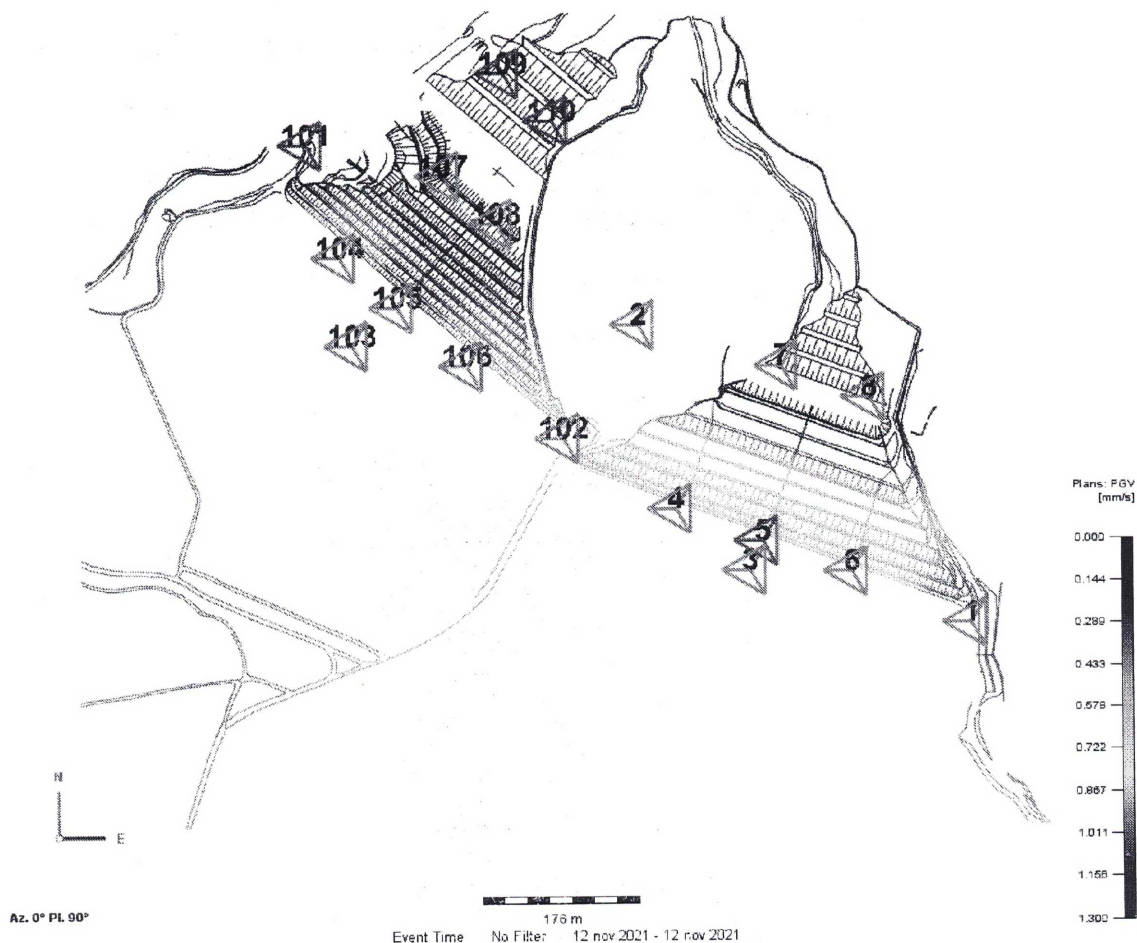




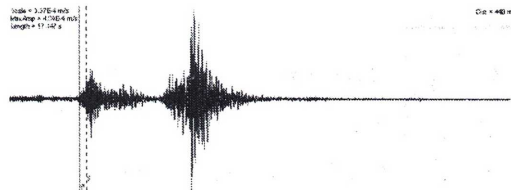
Figura 2.28: Mapa de *Peak Ground Velocity* do evento registrado no dia 12/11/2021, às 08:38:29.

O registro medido no dia 12/11/2021, às 08:38:29, representa o maior registro de PGV do sistema de monitoramento microssísmico das barragens Forquilha I e Forquilha II. A vibração foi percebida por todos os geofones, dispersos ao longo das duas estruturas, e foi causado devido à queda das torres do *Rope Way*, conforme pode ser verificado na Nota Técnica **O21617-ITG-MOVIC-FAB-NT01**.

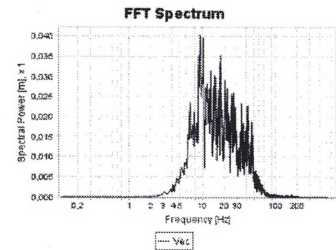
As Figuras 2.29 e 2.30 apresentam os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



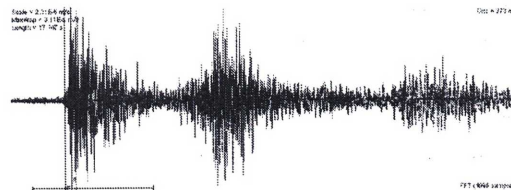
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE  Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>
			PÁGINA <b>44/66</b>
			REV. <b>A</b>



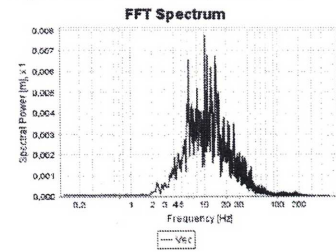
(a) Sismograma - Site 1



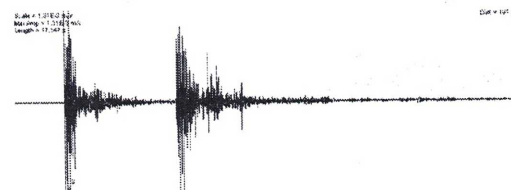
(b) Espectro de Frequência - Site 1



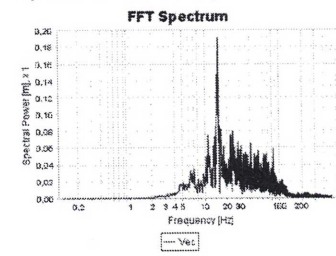
(c) Sismograma - Site 2



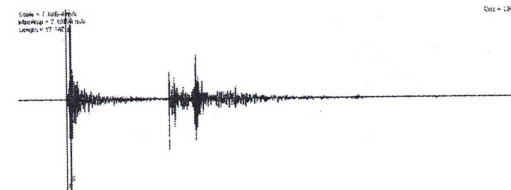
(d) Espectro de Frequência - Site 2



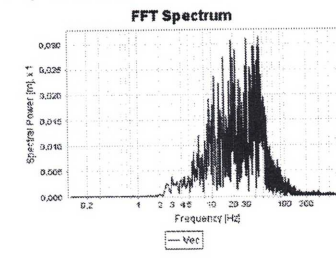
(e) Sismograma - Site 3



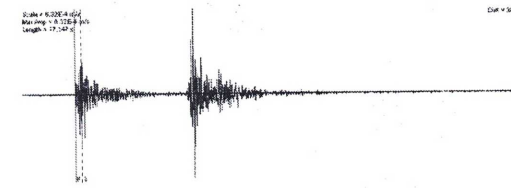
(f) Espectro de Frequência - Site 3



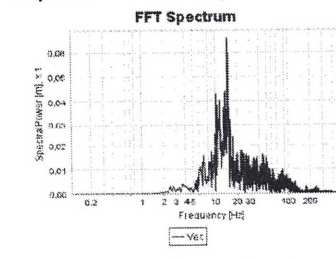
(g) Sismograma - Site 4





(h) Espectro de Frequência - Site 4

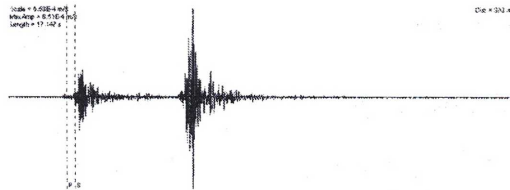


(i) Sismograma - Site 5

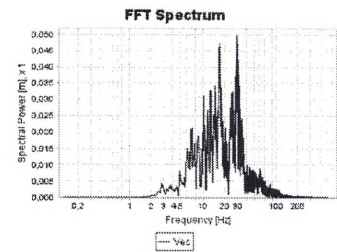


(j) Espectro de Frequência - Site 5

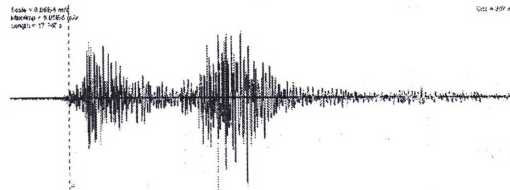
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>45/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



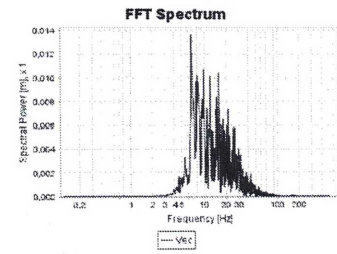
(k) Sismograma - Site 6



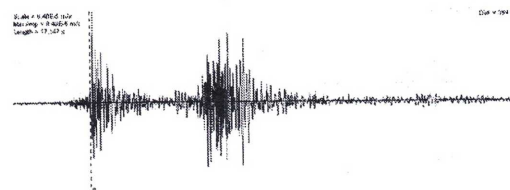
(l) Espectro de Frequência - Site 6



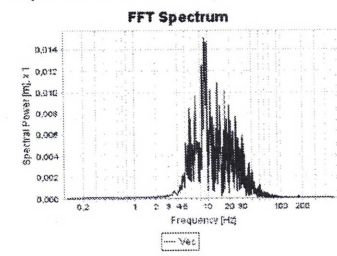
(m) Sismograma - Site 7



(n) Espectro de Frequência - Site 7





(o) Sismograma - Site 8



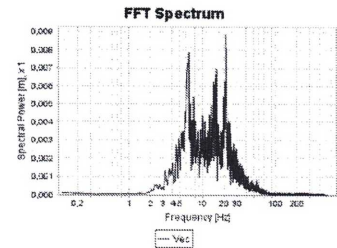
(p) Espectro de Frequência - Site 8

Figura 2.29: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente.

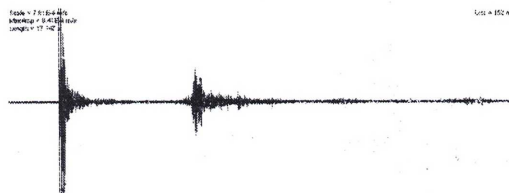
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO          MICROSSÍSMICO DE          BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E          FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>46/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2022.02</b>	REV. <b>A</b>



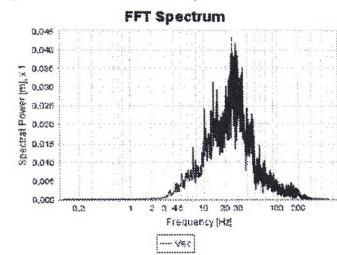
(a) Sismograma - Site 101



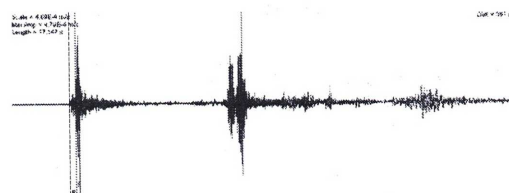
(b) Espectro de Frequência - Site 101



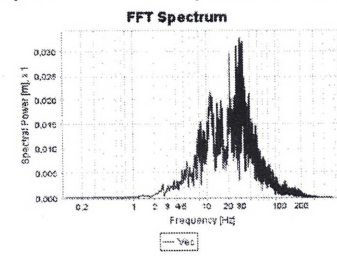
(c) Sismograma - Site 102



(d) Espectro de Frequência - Site 102



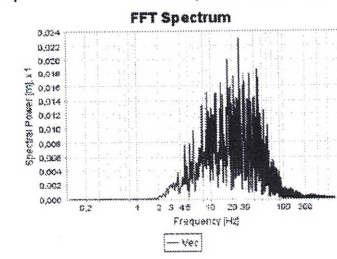
(e) Sismograma - Site 103



(f) Espectro de Frequência - Site 103



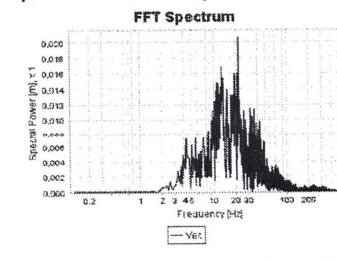
(g) Sismograma - Site 104



(h) Espectro de Frequência - Site 104





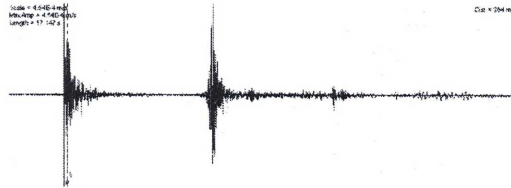
(i) Sismograma - Site 105



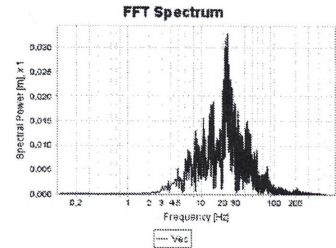
(j) Espectro de Frequência - Site 105



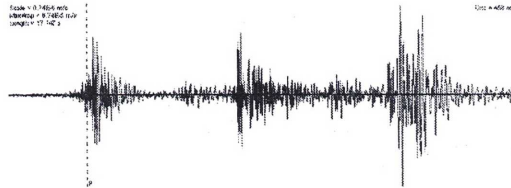
		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>47/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



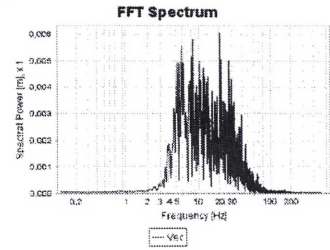
(k) Sismograma - Site 106



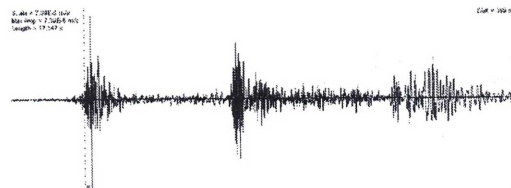
(l) Espectro de Frequência - Site 106



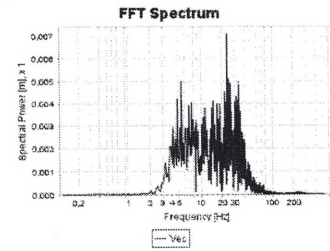
(m) Sismograma - Site 107



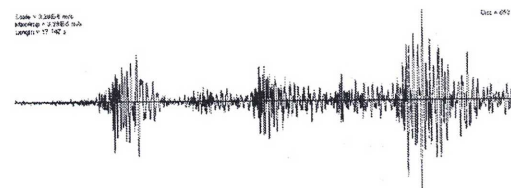
(n) Espectro de Frequência - Site 107



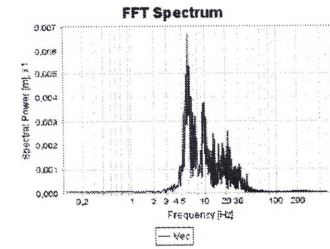
(o) Sismograma - Site 108



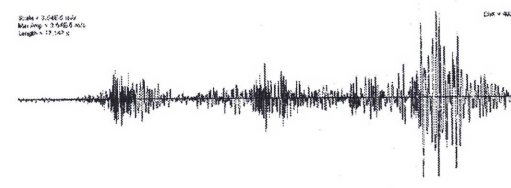
(p) Espectro de Frequência - Site 108



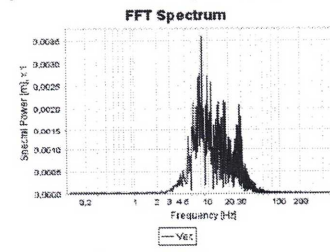
(q) Sismograma - Site 109



(r) Espectro de Frequência - Site 109





(s) Sismograma - Site 110



(t) Espectro de Frequência - Site 110

Figura 2.30: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, respectivamente.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22			Nº VALE	PÁGINA <b>48/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Pico do Período Monitorado (13/01/2022 a 12/02/2022)

A Tabela 2.2 apresenta os registros e a Figura 2.31 o mapa com as amplitudes do maior PGV observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.2: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 13/01/2022, às 15:22:42.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
13/01/2022 15:22:42	105	<b>0,804855</b>	0,191285	1,956
13/01/2022 15:22:42	107	0,021383	0,002994	0,031
13/01/2022 15:22:42	108	0,013691	0,001741	0,018
13/01/2022 15:22:42	101	0,005034	0,000632	0,006

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>49/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

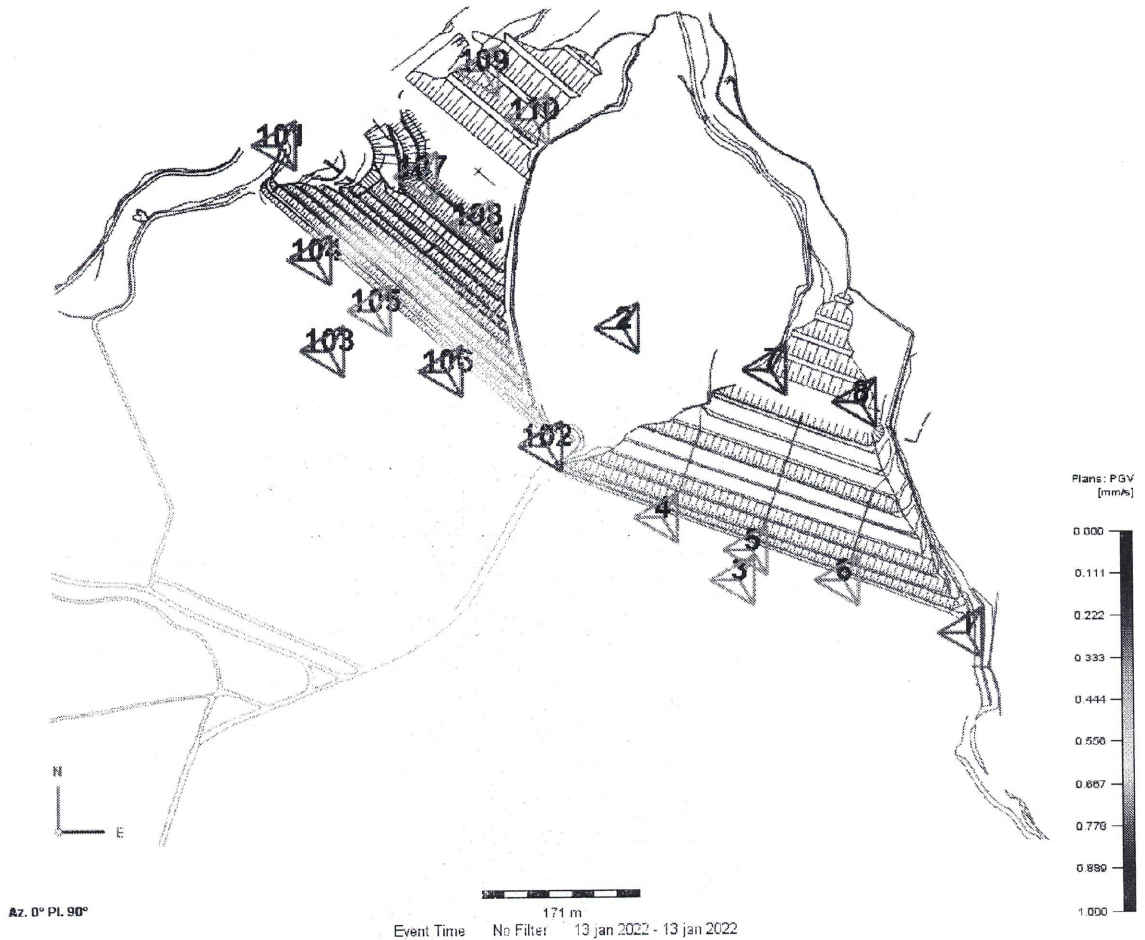




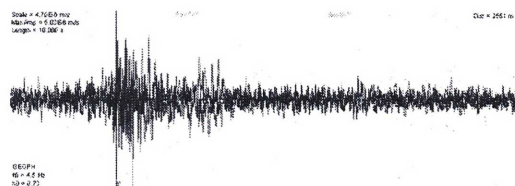
Figura 2.31: Mapa de *Peak Ground Velocity* do evento registrado no dia 13/01/2022, às 15:22:42.

A vibração foi percebida engatilhando os sensores 101, 105, 107 e 108, dispersos em Forquilha I. De acordo com a equipe da sala de monitoramento MOVIC, não foi possível identificar a causa da fonte de vibração.

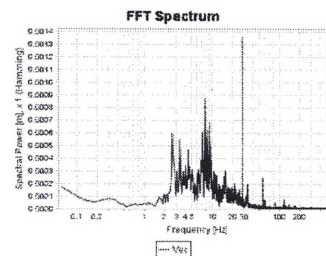
A Figura 2.32 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>50/66</b>
<b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



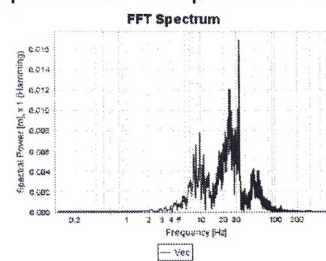
(a) Sismograma - Site 101



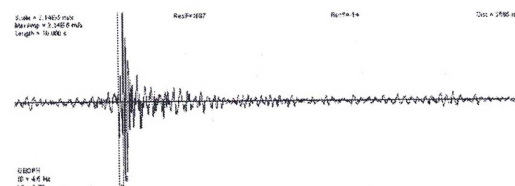
(b) Espectro de Frequência - Site 101



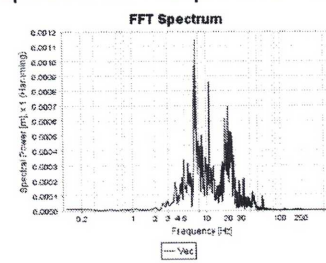
(c) Sismograma - Site 105



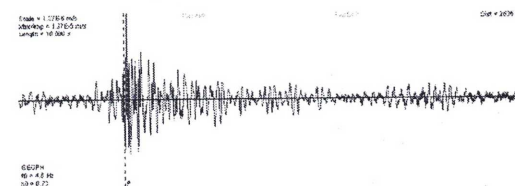
(d) Espectro de Frequência - Site 105



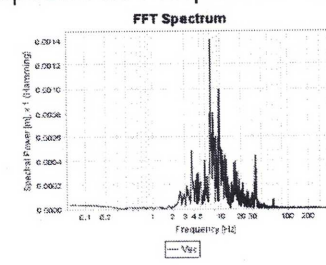
(e) Sismograma - Site 107



(f) Espectro de Frequência - Site 107





(g) Sismograma - Site 108



(h) Espectro de Frequência - Site 108

Figura 2.32: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 101, 105, 107 e 108, respectivamente.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22			Nº VALE	PÁGINA 51/66
			Nº TETRA TECH 19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02	REV. A



## 2.1.10 ANÁLISE DOS PICOS DE ACELERAÇÃO

### Pico histórico (10/03/2020 a 12/02/2022)

A Tabela 2.3 apresenta os registros e a Figura 2.33 o mapa com as amplitudes do maior PGA observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.3: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
27/09/2021 00:25:13	109	0,426551	<b>0,625451</b>	<b>6,395</b>
27/09/2021 00:25:13	105	0,422992	0,434817	4,446
27/09/2021 00:25:13	7	0,332403	0,335381	3,429
27/09/2021 00:25:13	8	0,370675	0,310645	3,176
27/09/2021 00:25:13	106	0,255565	0,281308	2,876
27/09/2021 00:25:13	103	0,365327	0,27024	2,763
27/09/2021 00:25:13	110	0,260794	0,238696	2,441
27/09/2021 00:25:13	104	0,185841	0,220388	2,253
27/09/2021 00:25:13	107	0,262785	0,216419	2,213
27/09/2021 00:25:13	108	0,2313	0,208745	2,134
27/09/2021 00:25:13	5	0,168942	0,188145	1,924
27/09/2021 00:25:13	101	0,144119	0,089663	0,917

 VALE	 TETRA TECH	CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>52/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

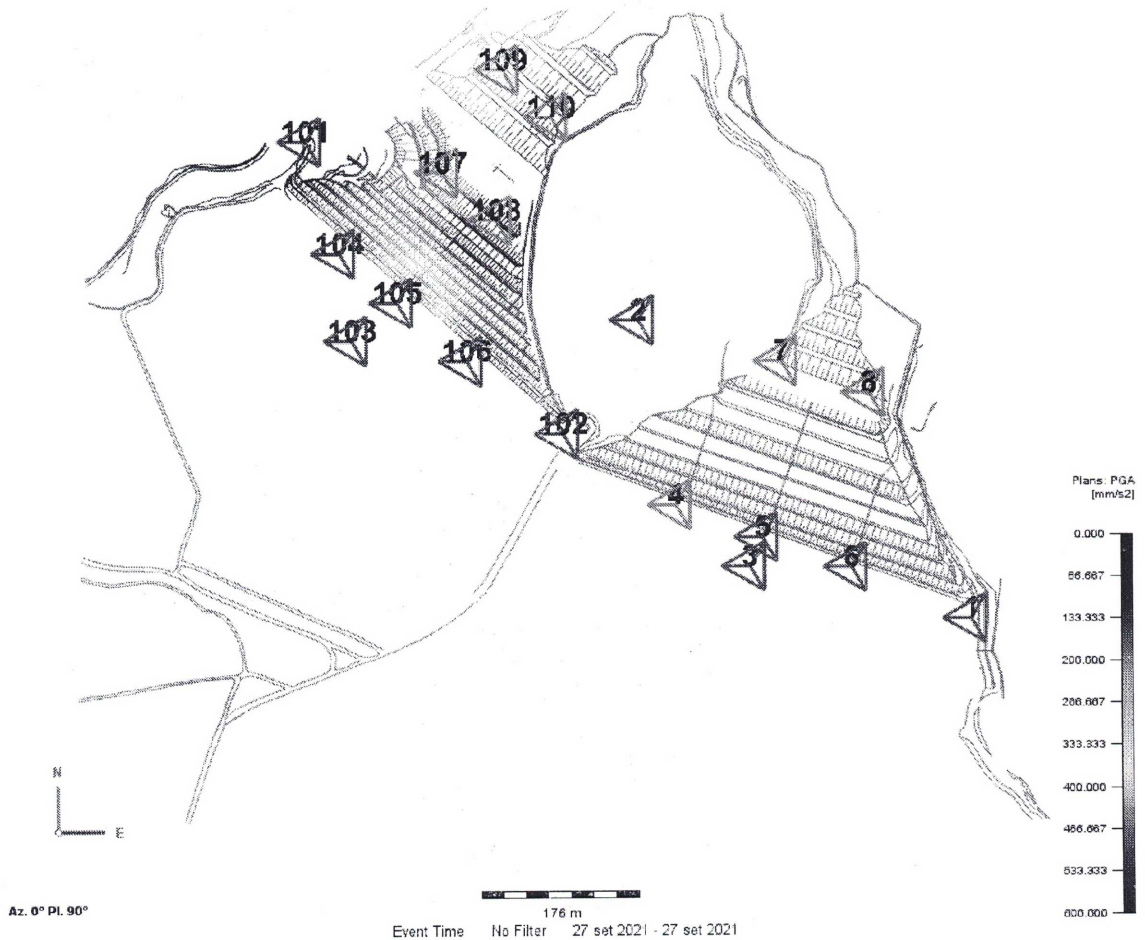




Figura 2.33: Mapa de *Peak Ground Acceleration* do evento registrado no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas.

O registro medido no dia 27/09/2021, às 00:25:13 horas, representa o maior registro de PGA do sistema de monitoramento microssísmico das barragens Forquilha I e Forquilha II. A vibração foi percebida pelos geofones, engatilhando os sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110, dispersos ao longo das duas estruturas. A origem do evento está associada a um trovão.

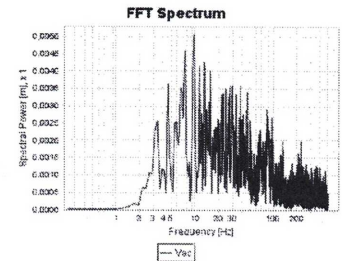
A Figura 2.34 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE  Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	PÁGINA <b>53/66</b>
			REV. <b>A</b>	



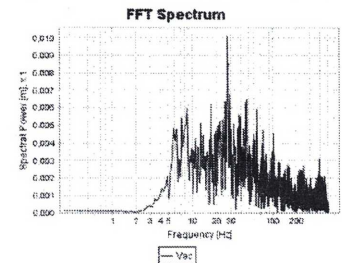
(a) Sismograma - Site 5



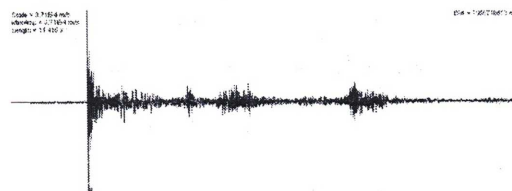
(b) Espectro de Frequência - Site 5



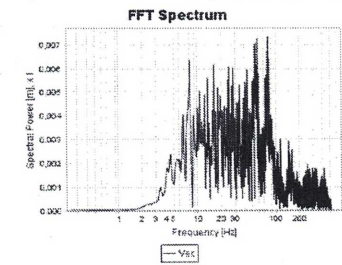
(c) Sismograma - Site 7



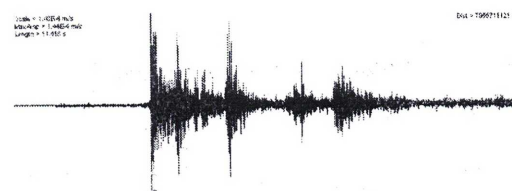
(d) Espectro de Frequência - Site 7



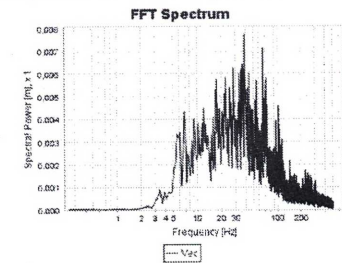
(e) Sismograma - Site 8



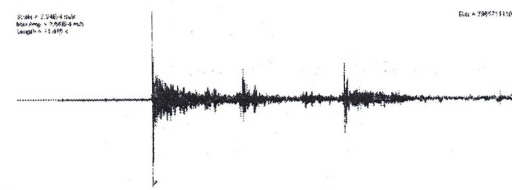
(f) Espectro de Frequência - Site 8



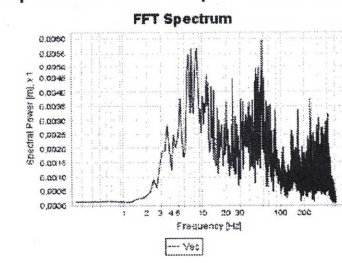
(g) Sismograma - Site 101





(h) Espectro de Frequência - Site 101

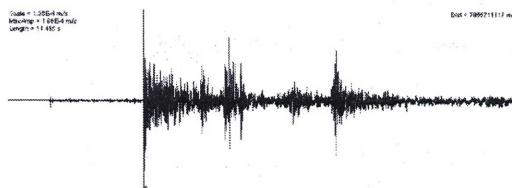


(i) Sismograma - Site 103

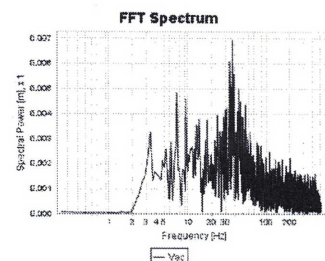


(j) Espectro de Frequência - Site 103

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE  Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>
			PÁGINA <b>54/66</b>
			REV. <b>A</b>



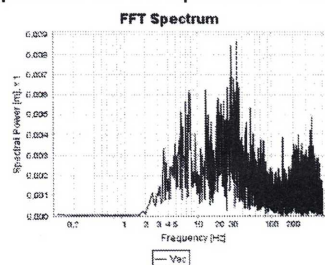
(k) Sismograma - Site 104



(l) Espectro de Frequência - Site 104



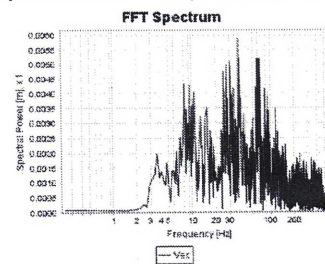
(m) Sismograma - Site 105



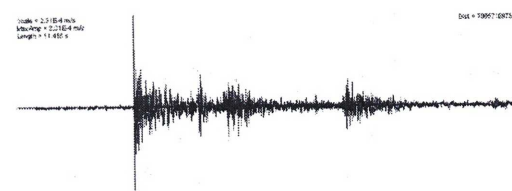
(n) Espectro de Frequência - Site 105



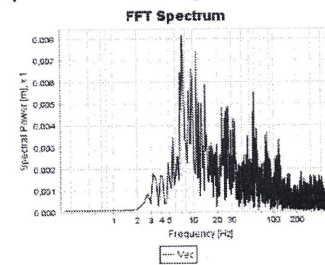
(o) Sismograma - Site 106



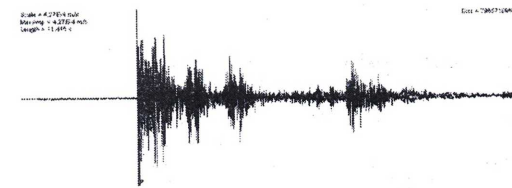
(p) Espectro de Frequência - Site 106



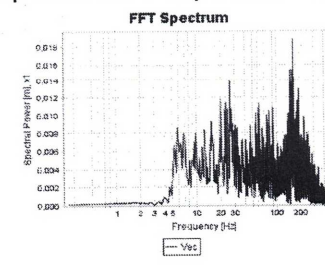
(q) Sismograma - Site 108





(r) Espectro de Frequência - Site 108



(s) Sismograma - Site 109

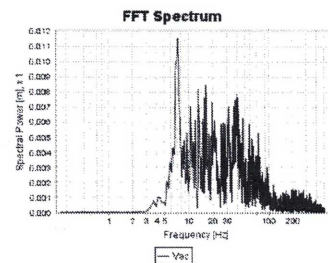


(t) Espectro de Frequência - Site 109

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>55/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>





(u) Sismograma - Site 110



(v) Espectro de Frequência - Site 110

Figura 2.34: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos respectivamente aos sensores 5, 7, 8, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 e 110 respectivamente.





		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22			Nº VALE	PÁGINA <b>56/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Pico do Período Monitorado (13/01/2022 a 12/02/2022)

A Tabela 2.4 apresenta os registros e a Figura 2.35 o mapa com as amplitudes do maior PGA observado para eventos ao longo do monitoramento.

Tabela 2.4: Valores de vibração induzidos pelo evento deflagrado no dia 19/01/2022, às 17:09:17.

Data e Horário	Sensor	PGV (mm/s)	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGA (%g)
19/01/2022 17:09:17	109	0,33509	<b>0,317938</b>	<b>3,251</b>
19/01/2022 17:09:17	105	0,163487	0,226075	2,312
19/01/2022 17:09:17	104	0,105353	0,113236	1,158
19/01/2022 17:09:17	7	0,072645	0,067486	0,69
19/01/2022 17:09:17	101	0,094293	0,060953	0,623
19/01/2022 17:09:17	8	0,049813	0,041775	0,427

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>57/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

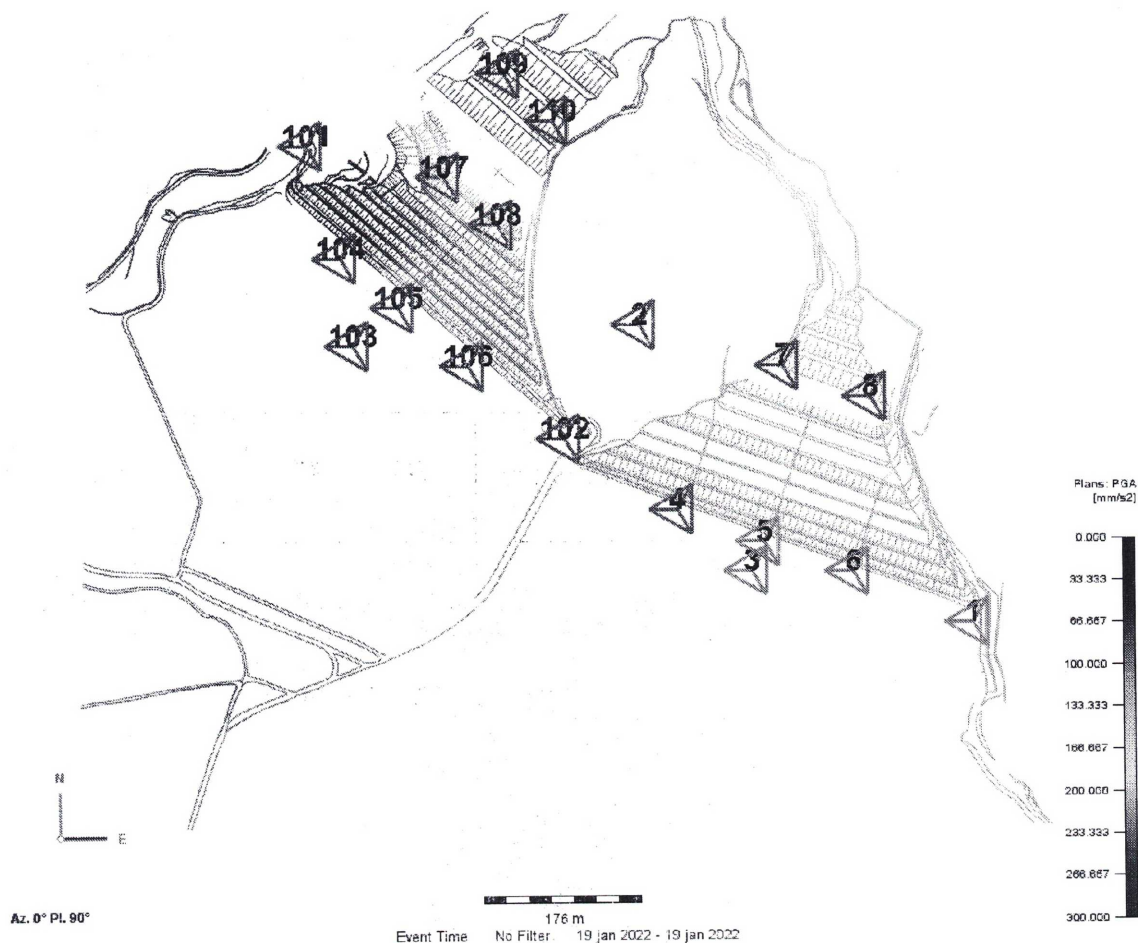


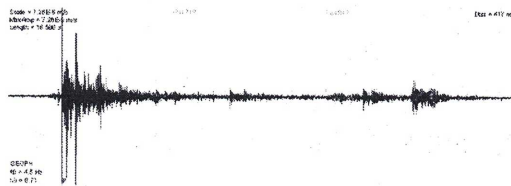


Figura 2.35: Mapa de *Peak Ground Acceleration* do evento registrado no dia 19/01/2022, às 17:09:17.

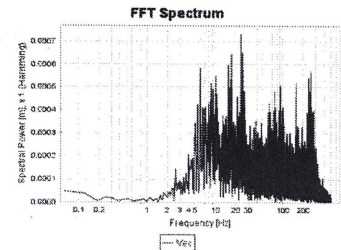
A vibração foi percebida pelos geofones, engatilhando os sensores 7, 8, 101, 104, 105, 109, dispersos ao longo de Forquilha I. A origem do evento está associada a um trovão.

A Figura 2.36 apresenta os sismogramas e espectros de frequência associados a esse evento.

		<b>CLASSIFICAÇÃO</b> <b>USO INTERNO</b>	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>MICROSSÍSMICO DE</b> <b>BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO</b> <b>PROJETO DE MONITORAMENTO</b> <b>PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E</b> <b>FORQUILHA II</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			<b>Nº VALE</b>	<b>PÁGINA</b> <b>58/66</b>
			<b>Nº TETRA TECH</b> <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-</b> <b>2022.02</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>



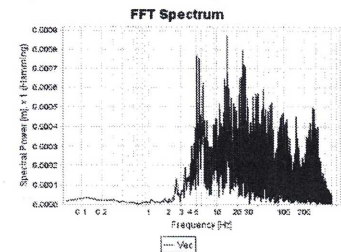
(a) Sismograma - Site 7



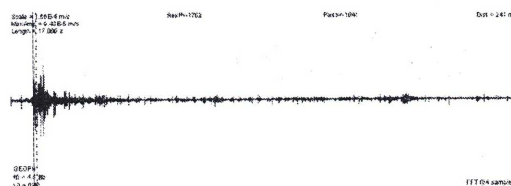
(b) Espectro de Frequência - Site 7



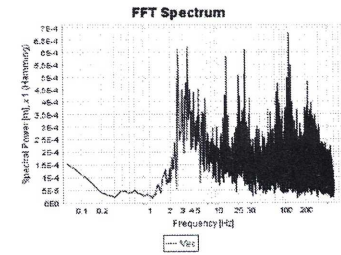
(c) Sismograma - Site 8



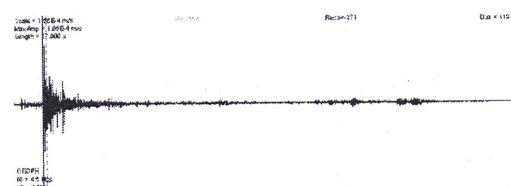
(d) Espectro de Frequência - Site 8



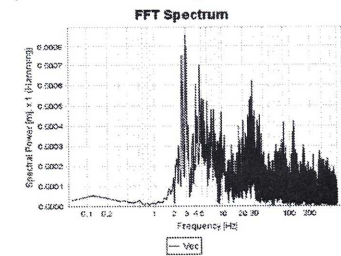
(e) Sismograma - Site 101



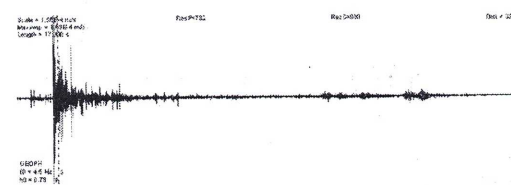
(f) Espectro de Frequência - Site 101



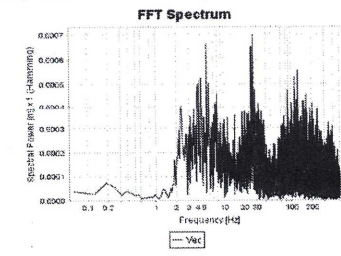
(g) Sismograma - Site 104



(h) Espectro de Frequência - Site 104





(i) Sismograma - Site 105



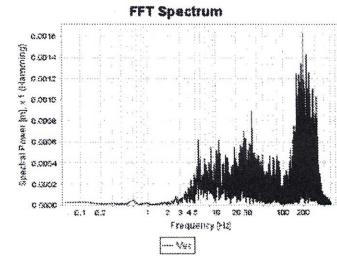
(j) Espectro de Frequência - Site 105



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>		Nº VALE	PÁGINA <b>59/66</b>
		Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



(k) Sismograma - Site 109



(l) Espectro de Frequência - Site 109

Figura 2.36: Estão apresentados os sismogramas registrados e espectros de frequência associados, relativos aos sensores 7, 8, 101, 104, 105 e 109, respectivamente.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>60/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

## 2.2 MONITORAMENTO INTERFEROMÉTRICO

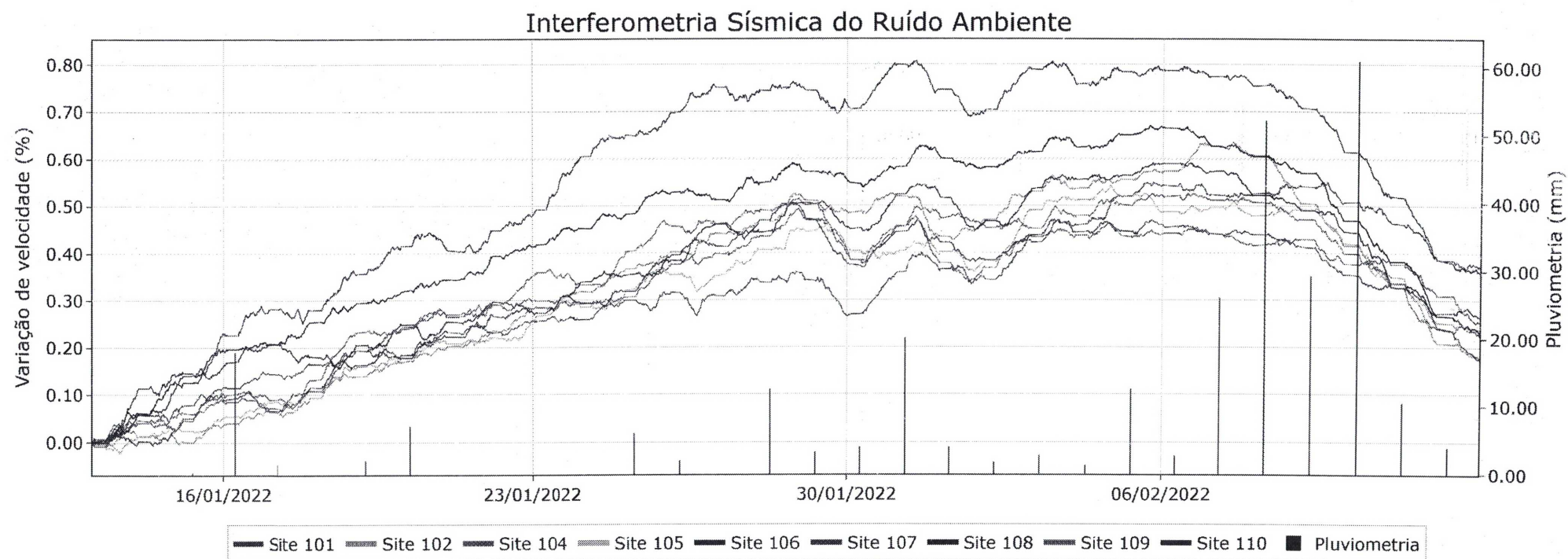


Figura 2.37: Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha I, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022.

Para o período de análise desse relatório (13/01/2022 a 12/02/2022), em Forquilha I, houve um intervalo de variação de velocidade de 0,82%, com mínimo de -0,02% no sensor 105, no dia 13/01/2022, e pico de 0,80% no sensor 110, no dia 31/01/2021. Foram adicionadas aos gráficos de interferometria do período as medidas de pluviometria a partir de dados fornecidos pela VALE.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>61/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

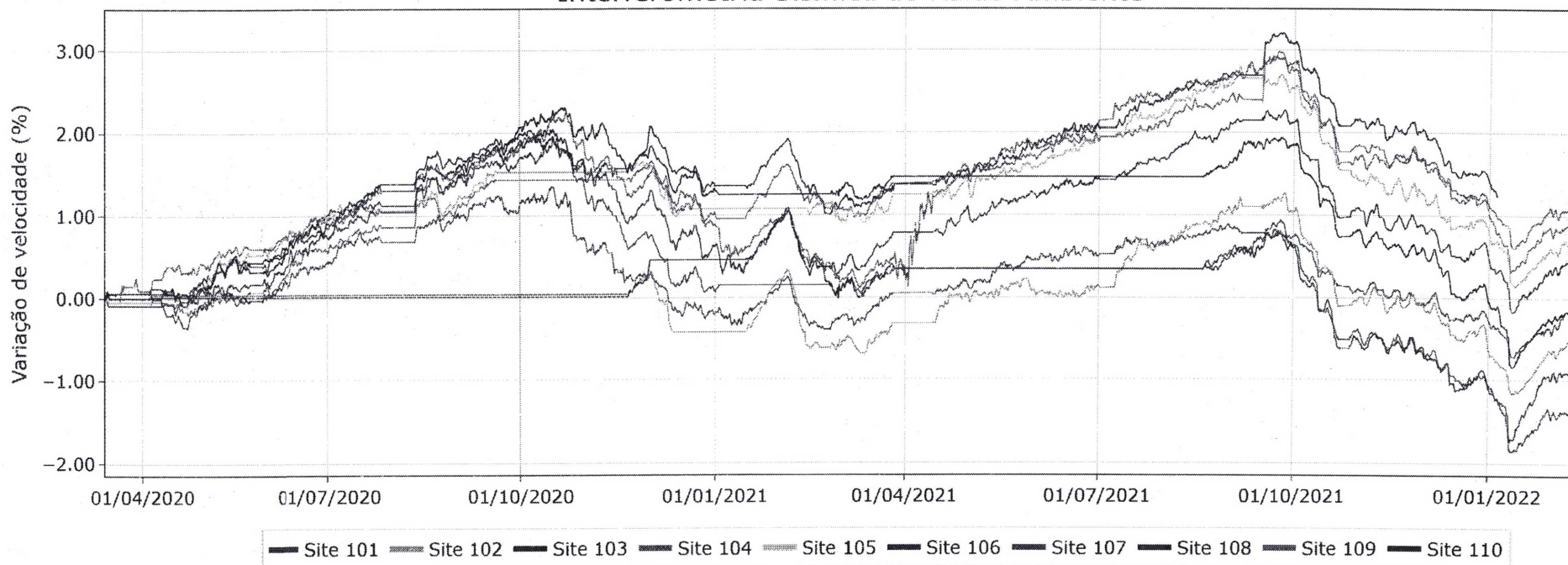


Figura 2.38: Histórico (10/03/2020 a 12/02/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha I.

Para a todo o período monitorado de Forquilha I, foi observado um intervalo de variação de velocidade de 5,98%, com valores entre -1,86% no sensor 107, no dia 11/01/2022 e 3,21% no sensor 103, no dia 23/09/2021.





CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

## PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22

Nº VALE

PÁGINA

62/66

Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2022.02

REV.

A

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

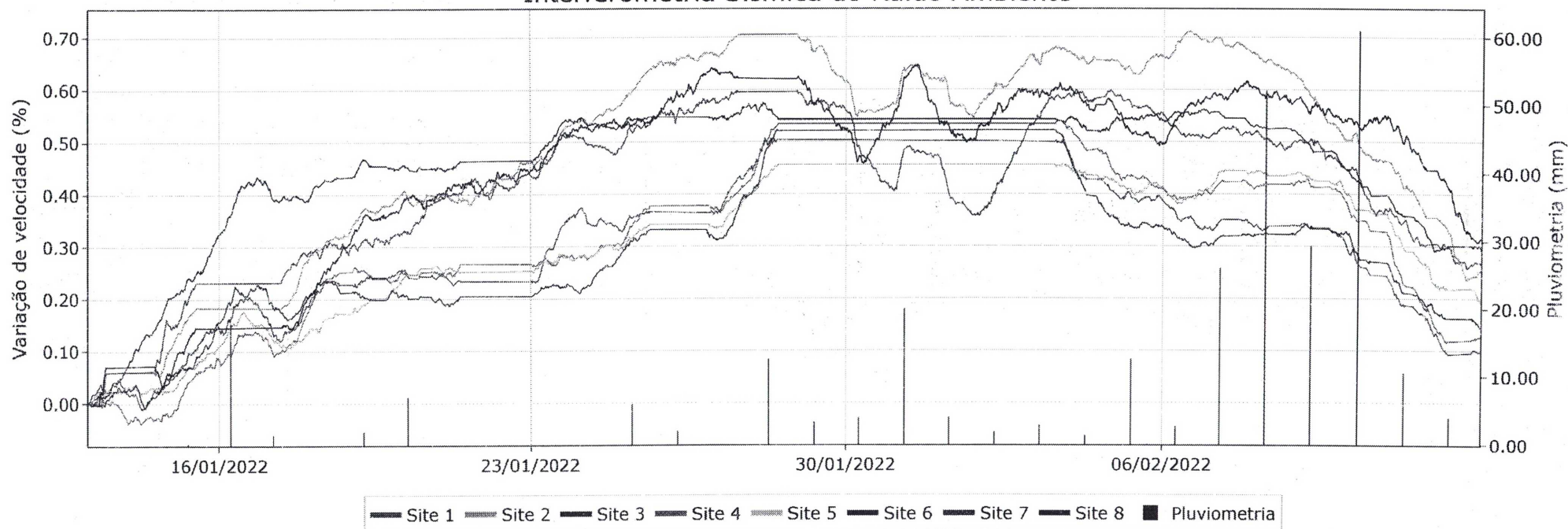


Figura 2.39: Variação de velocidade registrada por cada sensor do sistema de Forquilha II, para o período de 13/01/2022 a 12/02/2022.

Para o período de análise desse relatório (13/01/2022 a 12/02/2022), em Forquilha II, houve um intervalo de variação de velocidade de 0,74%, com mínimo de -0,03% no sensor 4, no dia 14/01/2022, e pico de 0,71% no sensor 2, no dia 06/02/2022. Foram adicionadas aos gráficos de interferometria do período as medidas de pluviosimetria a partir de dados fornecidos pela VALE.



CLASSIFICAÇÃO  
USO INTERNO

## PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS

PROJETO EXECUTIVO  
PROJETO DE MONITORAMENTO  
PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II  
RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22

Nº VALE

PÁGINA

63/66

Nº TETRA TECH  
19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-  
2022.02

REV.

A

### Interferometria Sísmica do Ruído Ambiente

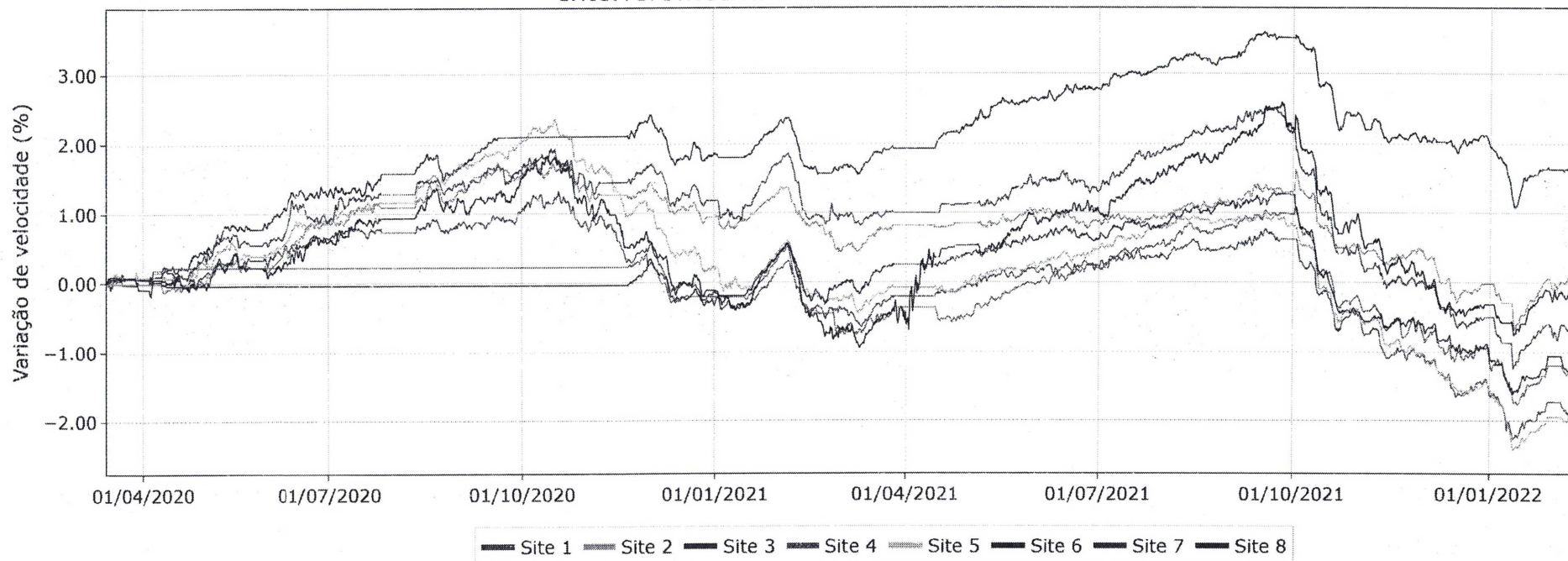


Figura 2.40: Histórico (10/03/2020 a 12/02/2022) de mudanças de velocidade registradas por cada sensor do sistema de monitoramento da Barragem Forquilha II.

Para a todo o período monitorado de Forquilha II, foi observado um intervalo de variação de velocidade de 6,02%, com valores entre -2,41% no sensor 5, no dia 12/01/2022 e 3,61% no sensor 3, no dia 17/09/2021.

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO          PROJETO DE MONITORAMENTO          PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II          RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>64/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-          2022.02</b>	REV. <b>A</b>

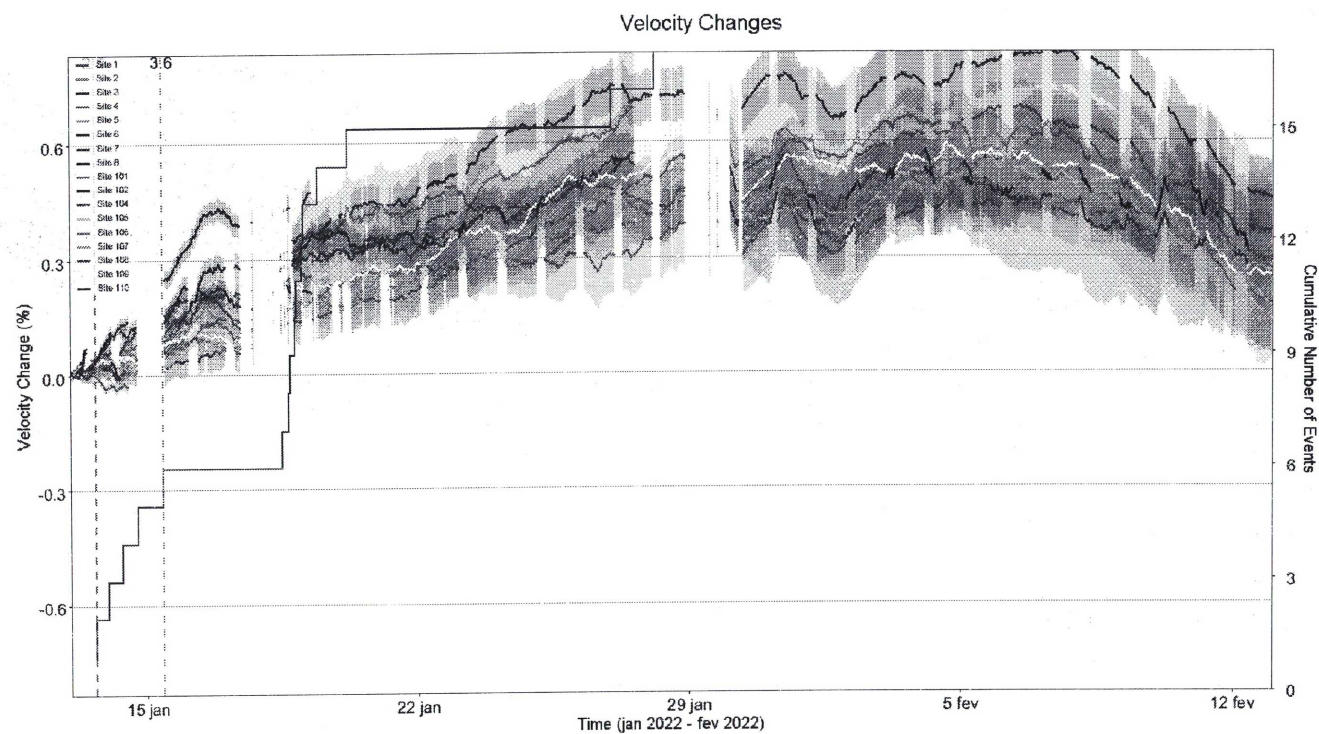






Figura 2.41: Indicação do erro associado ao cálculo da interferometria. A zona sombreada ao redor das curvas indica o erro associado aos dados.



		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>65/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>

### 3.0 CONSIDERAÇÕES

- O sistema já apresentava problemas no sensor 3 (componente X) de Forquilha II e no sensor 103, de Forquilha I, e assim permaneceram. O sistema esteve majoritariamente *online* e transmitindo dados durante todo o período, com exceção dos dias 21/01/2022 e 22/01/2022 e entre os dias 29/01/2022 a 02/02/2022, em que a estação 1 de Forquilha II esteve *offline*. A média do *status* operacional foi de 86,6% e a saúde média foi de 72,9%;
- A estatística de gatilhos dos dados brutos indicou que a grande maioria dos registros contém amplitudes na faixa entre 0,001 e 0,1 mm/s, em todos os sensores. Em ambos os sistemas, todos os sensores apresentaram amplitude superiores a 0,1 mm/s em pelo menos um momento, durante o horário operacional da mina. Em Forquilha I, todos os sensores apresentaram amplitudes superiores a 1 mm/s pelo menos uma vez. Já em Forquilha II, apenas os sensores 1, 2, 3, 4 e 7;
- Para o período em análise, foram detectados 0 *blasts* e 17 eventos sísmicos naturais;
- As amplitudes dos sismos percebidos durante o último período, quanto à velocidade de partícula, estiveram abaixo de 0.022098 mm/s, enquanto as acelerações estiveram abaixo de 0.012075 m/s<sup>2</sup> (0.12% de g).
- Em Forquilha I, o maior PGV foi de 0,804855 mm/s, e o maior PGA foi de 0,317938 m/s<sup>2</sup> (3,251% de g), nos sensores 105 e 109 respectivamente;
- Em Forquilha II, o maior PGV foi de 0,170803 mm/s, e o maior PGA foi de 0,081629 m/s<sup>2</sup> (0,8% de g), ambos no sensor 2;
- Dois eventos apresentaram acelerações superiores a 3% de g, associados à trovões, no dia 29/12/2021 no final da tarde;
- Em Forquilha I, para o período de análise desse relatório (13/01/2022 a 12/02/2022) houve um intervalo de variação de velocidade de 1,15%, com mínimo de -1,10% no sensor 109, no dia 10/01/2022, e pico de 0,05% no sensor 101, no dia 29/12/2021. Para a todo o período monitorado, foi observado um intervalo de variação de velocidade de 5,98%, com valores entre -1,86% no sensor 107, no dia 11/01/2022 e 3,21% no sensor 103, no dia 23/09/2021;

		CLASSIFICAÇÃO USO INTERNO	<b>PROJETO DE MONITORAMENTO MICROSSÍSMICO DE BARRAGENS</b>	
<b>PROJETO EXECUTIVO PROJETO DE MONITORAMENTO PROGRESSO DE MONITORAMENTO – FORQUILHA I E FORQUILHA II RELATÓRIO TÉCNICO MENSAL – FEVEREIRO/22</b>			Nº VALE	PÁGINA <b>66/66</b>
			Nº TETRA TECH <b>19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003- 2022.02</b>	REV. <b>A</b>



- Em Forquilha II, para o período de análise desse relatório (13/01/2022 a 12/02/2022) houve um intervalo de variação de velocidade de 1,11%, com mínimo de -1,00% no sensor 5, no dia 12/01/2022, e pico de 0,11% no sensor 3, no dia 28/12/2021. Para a todo o período monitorado, foi observado um intervalo de variação de velocidade 6,02%, com valores entre -2,41% no sensor 5, no dia 12/01/2022 e 3,61% no sensor 3, no dia 17/09/2021;
- A partir da observação dos dados de variação de velocidade e pluviometria, para o mês de janeiro e fevereiro, nota-se uma correlação entre aumento da pluviosidade e diminuição da velocidade de propagação das ondas no meio. Importante ressaltar que as variações de velocidade podem ser influenciadas por outros fatores, podendo haver outras condicionantes além dos altos índices pluviométricos;
- Com base nos resultados apresentados, obtidos a partir da abordagem da interferometria sísmica do ruído ambiente, chama a atenção a diminuição de velocidade em todos os sensores que compõem o arranjo microssísmico de ambas as estruturas a partir de outubro de 2021. Dessa forma, recomenda-se a realização de investigações nas estruturas a fim de avaliar os possíveis fatores que podem estar condicionando os resultados observados.





3	OBJETIVO	1.0
3	AValiação DO MONITORAMENTO DA ESTRUTURA	2.0
10	RESUMO DAS INSPEÇÕES DE CAMPO	3.0
12	CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA ESTRUTURA	4.0
13	AValiação DA PERFORMANCE DA ESTRUTURA	5.0
14	PROJETOS EM ANDAMENTO	6.0
14	RECOMENDAÇÕES	7.0
19	APÊNDICES	8.0
20	EQUIPE TÉCNICA	9.0

**ITEM**    **DESCRIÇÃO**    **SUMÁRIO**    **PÁGINA**

 <b>VALE</b>	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>CLASSIFICAÇÃO:</b> RESTRITO	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -</b> <b>EOR - BARRAGEM FORQUILHA I</b> <b>S4548</b>	Nº VALE RL-1850HH-X-35295	Nº (CONTRATADA) DF19-321-1-EG-RTE-0622	PÁGINA 2/20	REV. 0
			<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA</b> <b>ENGENHARIA DE REGISTRO - BARRAGEM FORQUILHA I</b> <b>RELATÓRIO MENSAL DO EOR - JANEIRO 2022</b>				

		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA</b> <b>ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I</b> <b>RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA <b>3/20</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV. <b>0</b>

## 1.0 OBJETIVO

Apresentar avaliação mensal de segurança da **Barragem Forquilha I** por meio dos dados de monitoramento, manutenção e inspeções de campo realizadas pela DF+ e VALE, para o período entre **os dias de 15 de dezembro de 2021 a 20 de janeiro de 2022**. A ficha técnica da estrutura encontra-se no Apêndice A.

## 2.0 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DA ESTRUTURA

Os dados utilizados neste capítulo foram obtidos do sistema GEOTEC, no primeiro dia útil subsequente ao período analisado, além dos relatórios elaborados pelo Centro de Monitoramento Geotécnico da VALE – CMG. No Apêndice E apresenta-se a análise dos dados de monitoramento e na Figura 2.1 tem-se um resumo da instrumentação operante.

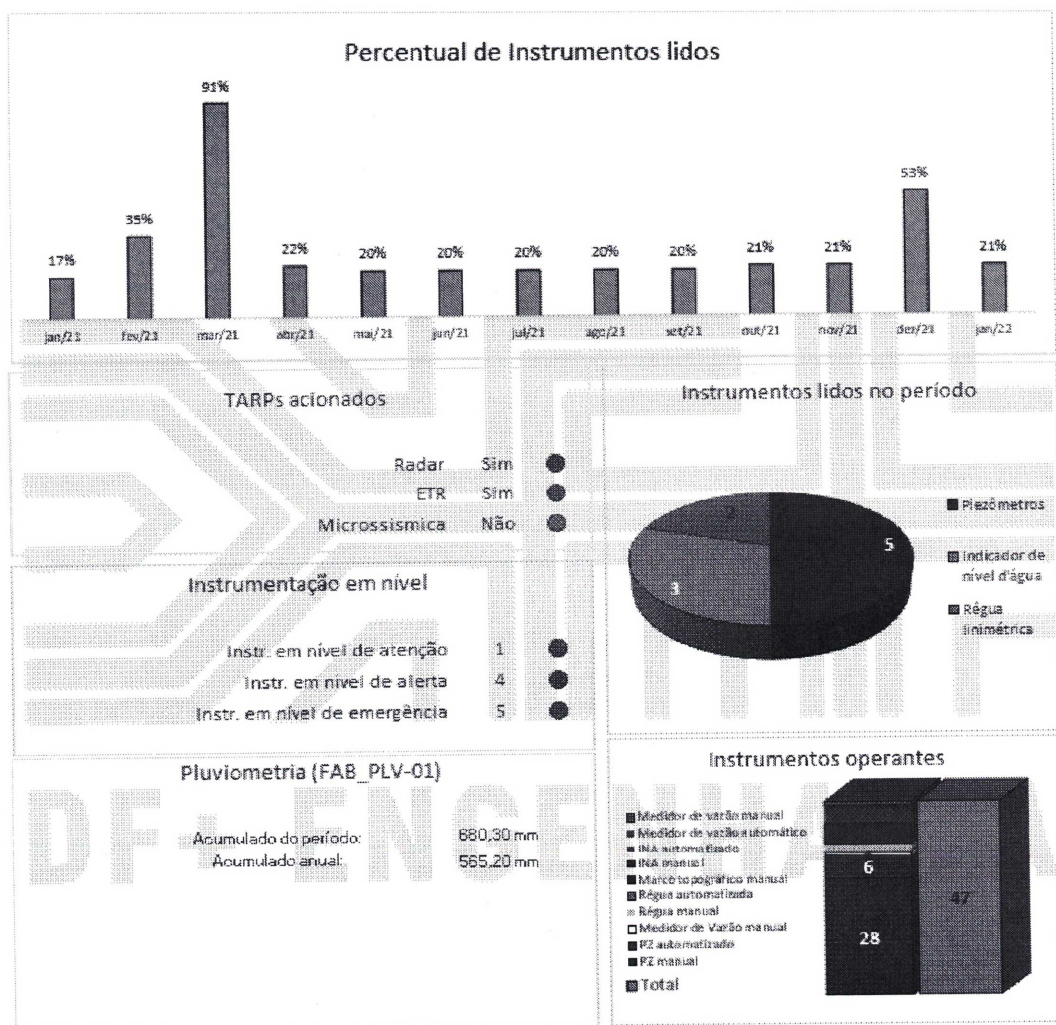


Figura 2.1 - Situação Geral da Instrumentação

Nota: O nível de controle dos instrumentos, INA e PZ, foi avaliado seguindo a Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-36030\_revB (TPF, 2021), conforme apresentado no Apêndice E.



		<b>CLASSIFICAÇÃO:</b> <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>	
			<b>PROJETO DETALHADO</b> <b>BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA</b> <b>ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I</b> <b>RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>	<b>Nº VALE</b> <b>RL-1850HH-X-35295</b>
			<b>Nº (CONTRATADA)</b> <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	<b>REV.</b> <b>0</b>

## 2.1 PLUVIOMETRIA E EVAPORAÇÃO

A Tabela 2.1 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento de pluviometria em Mina de Fábrica (FAB\_PLV-01) e da bacia hidrográfica na qual a estrutura está inserida (FABM1\_PL001\_A).

Tabela 2.1 - Registros dos instrumentos de monitoramento de pluviometria

Instrumento	Local de Instalação	Período de referência			Acumulado anual		
		Registro Atual	Média Histórica	Diferença	Registro Atual	Média Histórica	Diferença
		(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)
FAB_PLV-01	Rodoviária	345,20	292,05	+18%	1183,63	1425,12	-3%
FABM1PLU001_A	Marés I	192,40	-	-	1030,00	-	-

Não se dispõe de dados de evaporação observados por balanço hídrico nos reservatórios ou de psicrômetro e evaporímetro.

## 2.2 NÍVEL D'ÁGUA NO RESERVATÓRIO

A Tabela 2.2 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento do nível d'água do reservatório. A régua FABF1RR002 monitora o reservatório próximo à ombreira esquerda e a FABF1RR004 registra o NA no dique IV.

Tabela 2.2 - Registros dos instrumentos de monitoramento do NA do reservatório

Instrumento	Leitura Histórica Máxima	Leitura Máxima do Período de Referência	Cota do Coroamento	Cota da Soleira do extravasor
FABF1RR002	1179,51	1179,51	1181,00	1178,00
FABF1RR004	1185,61	1185,61	-	NA



	 <small>DF • ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA  <b>5/20</b>
			Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV.  <b>0</b>

### 2.3 MONITORAMENTO DA CARGA PIEZOMÉTRICA E SUPERFÍCIE FREÁTICA

Em relação ao monitoramento da carga piezométrica e superfície freática na estrutura, as Figura 2.2, Figura 2.3 e Figura 2.4 apresentam as seções instrumentadas da estrutura, com as leituras máximas históricas para os instrumentos (barra em vermelho) e as leituras registradas no período de referência (barra em azul). Os instrumentos com leitura seca têm barras marrons e os instrumentos sem leitura no período estão sem barras.

Ressalta-se que para esta estrutura foram lidos apenas 08 instrumentos, de um total de 43. Os instrumentos lidos correspondem aos automatizados.

As leituras dos instrumentos da seção A, confirmam a existência de um nível freático/piezométrico elevado no reservatório até a região do maciço inicial. Os instrumentos lidos a jusante do filtro vertical indicam rebaixamento da freática, indicio de bom funcionamento do filtro (Figura 2.2).

Observa-se que para a seção B, apenas 02 instrumentos foram lidos. Comparando com a máxima histórica, as leituras atuais estão 43 cm abaixo para o instrumento FABF1PZ045\_A e 3,5m acima para o instrumento FABF1PZ048\_A. Devido a ausência de leitura nos demais instrumentos, pouco se pode avaliar desta seção.



CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA I  
S4548

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35295

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0622

PÁGINA

6/20

REV.

0

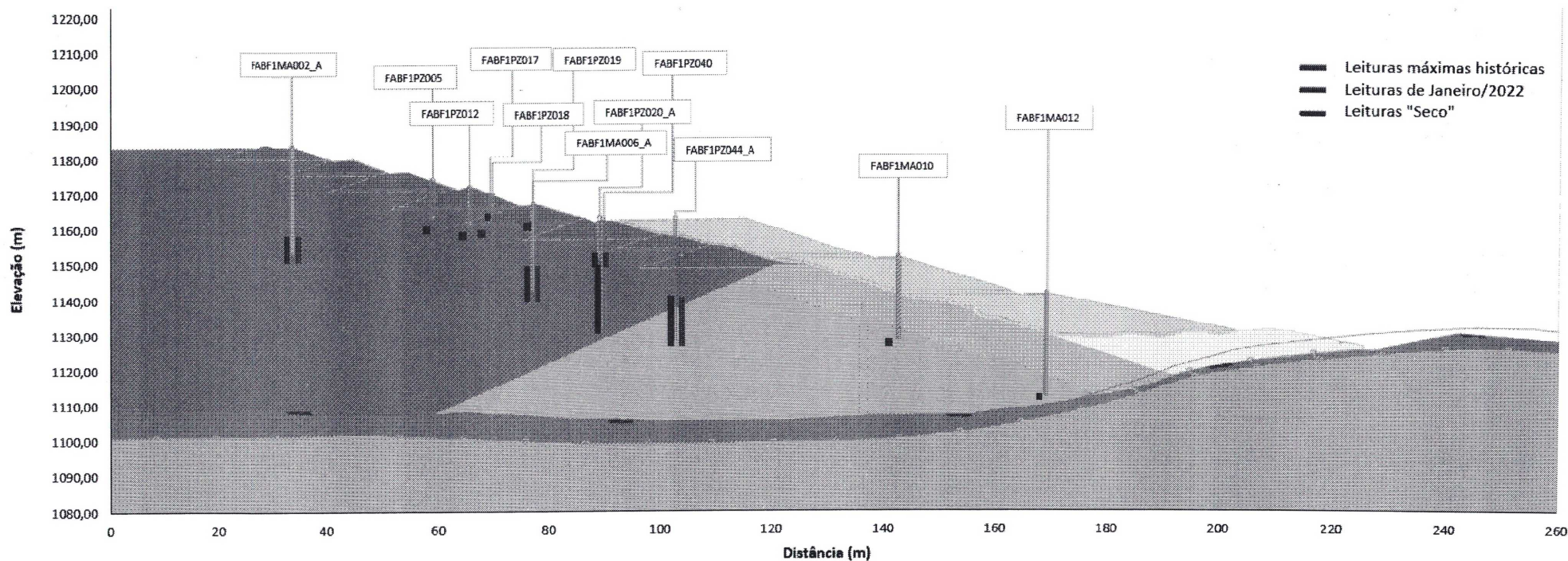


Figura 2.2 - Leituras dos instrumentos da Seção A-A' (Janeiro/2022)

Em relação à Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-36030\_revB (TPF, 2021), o instrumento FABF1PZ040 atingiu nível de atenção, o piezômetro FABF1PZ020\_A nível de alerta.





CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA I  
S4548

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35295

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0622

PÁGINA

7/20

REV.

0

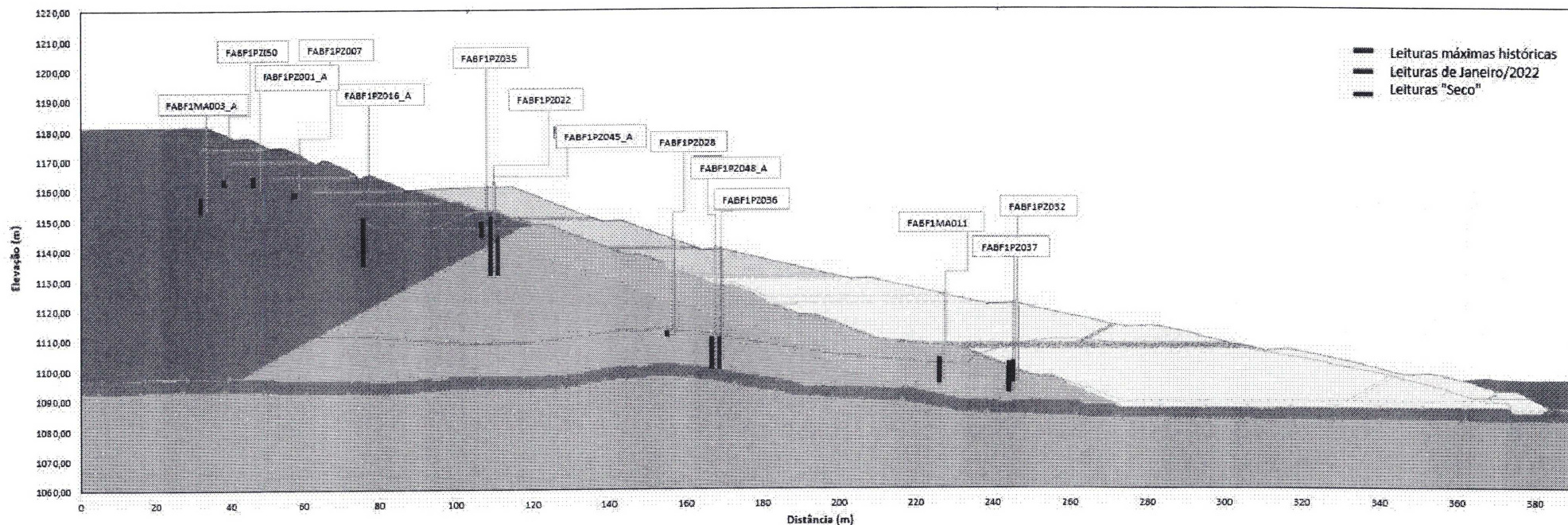


Figura 2.3 - Leituras dos instrumentos da Seção B-B' (Janeiro/2022)

Em relação à Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-36030\_revB (TPF, 2021), os instrumentos FABF1PZ037, FABF1PZ050 e FABF1MA005\_A atingiram nível de alerta e os instrumentos FABF1PZ032, FABF1PZ035, FABF1PZ045\_A e FABF1PZ048\_A estão em nível de emergência.





DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

CLASSIFICAÇÃO:

RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA I  
S4548

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35295

PÁGINA

8/20

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0622

REV.

0

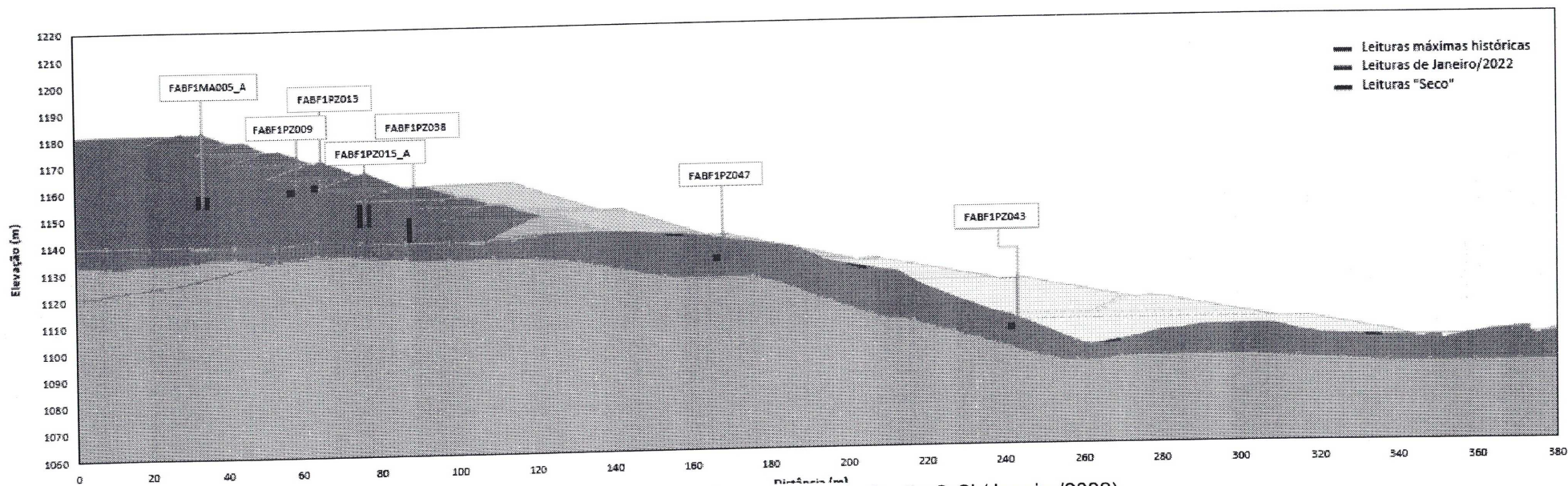


Figura 2.4 - Leituras dos instrumentos da Seção C-C' (Janeiro/2022)

Em relação à Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-36030\_revB (TPF, 2021), o piezômetro FABF1PZ015\_A atingiu nível de emergência.

	 <small>DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA  <b>9/20</b>
		Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV.  <b>0</b>

## 2.4 MONITORAMENTO DE VAZÕES

A Tabela 2.3 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento de vazão instalados na estrutura.

Tabela 2.3 – Informações sobre o medidor de vazão instalado na barragem

Código	Local de Instalação	Leitura Histórica Máxima	Leitura no período
FABF1MU001	Pé da barragem, próximo à ombreira direita	0,02 l/s	--


Este instrumento não apresenta novas leituras desde março de 2021.

## 2.5 MONITORAMENTO DE DESLOCAMENTOS

Atualmente, o monitoramento de deslocamentos da estrutura é feito por Radar orbital InSAR, Radar interferométrico terrestre e Estação Total Robótica.

- Radar Orbital InSAR:
  - A última análise de dados foi realizada em setembro de 2020, no relatório de monitoramento SET2021\_RL-Relatório\_Forquilha I\_Rev.00;
  - Devido à orientação da Barragem, norte-nordeste, qualquer direção de deformação montante/jusante é muito difícil de avaliação apenas com o InSAR;
  - Os dados de deslocamentos leste-oeste (E-W), predomina pontos na cor branca que representam ausência de deslocamentos ou valores de deslocamentos aproximados de  $\pm 5\text{mm}$  que, por vezes, podem corresponder a ruídos do sistema.
  - Destaca-se que uma menor quantidade de pontos são recuperados na região superior da estrutura o que dificulta a interpretação de componentes verticais nesta região.
- Estação Robótica:
  - Neste documento está sendo considerado o relatório diário do dia 23/01/22 (Documento Relatório Diário ETR Forquilha Iell\_23JAN22), emitido pelo CMG.
  - Devido às fortes chuvas e às condições climáticas, desde o dia 08/01 até 12/01 muitos prismas apresentaram dificuldade em suas leituras.



	 DF • ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA <b>10/20</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV. <b>0</b>

- Os prismas: Prisma\_01T, Prisma\_03T e Prisma\_04T, localizadas na região conhecida com trinca estão sem leituras desde o dia 08/01/22, data em que suas últimas leituras registraram um salto abrupto e acionamento do TARP.

Prismas	TARP	Data	Local de Instalação	Observação
PRISMA_01T PRISMA_03T PRISMA_04T	Nível 2	08/01 08:04	Maciço – Ombreira Esquerda	Deslocamento da região próxima da trinca

- Radar terrestre:
- Neste documento está sendo considerado o relatório diário do dia 23/01/2022 (Documento Relatório Diário Radar Forquilha Iell\_23JAN22), emitido pelo CMG.
- Na madrugada do dia 08/01 as 00:00 até 10:00 houve um aumento progressivo de deslocamento em uma região muito próxima aos prismas de monitoramento da trinca. Tal movimentação foi atribuída pelo CMG à reabertura da trinca, identificada posteriormente através das inspeções via drone.

Radar Terrestre	TARP	Data	Região do TARP	Observação
FAB_IBISFM_01	Nível 2	08/01 08:04	Região Superior	Deslocamento da região próxima da trinca

## 2.6 MONITORAMENTO POR MICROSSÍSMICA

De acordo com o relatório da TETRATECH (19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12), no que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento, observa-se que a estrutura experimentou picos de velocidade (PGV) variando 0,000217 mm/s e 0,841217mm/s e picos de aceleração (PGA) variando entre 0,000097 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e 0,625451m/s<sup>2</sup> (6,40% de g).

Os detalhes do monitoramento por microssísmica encontra-se no **Apêndice E**.



## 2.7 MONITORAMENTO POR CÂMERAS

A barragem é monitorada por 03 câmeras de vídeo, 24 horas por dia, em atendimento ao disposto no Artigo 7º da Portaria ANM 70.389/2017, visto que tem **DPA alto**.

## 3.0 RESUMO DAS INSPEÇÕES DE CAMPO

Em razão da estrutura estar interdita, a equipe da VALE realizou inspeções diárias com vista das ombreiras e via drone durante este período analisado. Tais inspeções foram realizadas pelos técnicos Alexandre Condé, Ayala Ferreira, Thiago dos Santos Teodoro,



	 DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	CLASSIFICAÇÃO:  RESTRITO	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA <b>11/20</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV. <b>0</b>

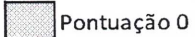
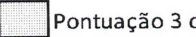
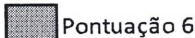
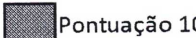
Wagner Barros, Wender de Faria, Raphael Leonel, Warley de Oliveira, José de Paiva e Arthur Nascimento.

Dentre essas inspeções diárias, 03 foram cadastradas como Ficha de Inspeção Regular de Segurança, referentes aos dias 06/01/22, 15/01/22 e 20/01/22, seguindo o modelo do EoR, apresentado no Apêndice D. Em consonância com o Art. 17 da portaria 70.389/2017, 03 itens receberam pontuação 10 na última FISR, como pode ser visto na Tabela 3.1. Apesar da estrutura encontrar-se interditada, na última coluna apresenta-se a pontuação atribuída pelo EoR após avaliação das fotos de inspeção realizadas por drone.

Tabela 3.1 - Controle do Estado de Conservação registrado na FISR da VALE no período analisado


ESTADO DE CONSERVAÇÃO	VALE			EOR
	06/01/2022	15/01/2022	20/01/2022	
<b>Confiabilidade das Estruturas Extravasoras</b>	6	6	6	6
<b>Percolação</b>	10	10	10	10
<b>Deformações e Recalques</b>	10	10	10	10
<b>Deterioração dos Taludes e Paramentos</b>	10	10	10	10

Legenda:

	Pontuação 0		Pontuação 3 ou 2
	Pontuação 6		Pontuação 10

As principais anomalias observadas na inspeção mensal via drone e nas FISRS mais recentes são:

- **Acesso:** Escorregamento de face de talude a montante do canal de cintura. Presença de erosão no talude de acesso ao dreno de fundo da barragem. (Anomalias: 49853, 28784, 32625, 50947, 50949, 50950).
- **Maciço Principal:** Vegetação alta nos taludes da estrutura (Anomalias: 27728, 37476, 38070, 46185, 48510) Buracos causados por animais na face dos taludes de jusante 3º e 5º. Buracos causados por animais no talude de jusante 12º (Anomalias: 38766, 38768, 45325). Presença de formigueiro e cupinzeiro (Anomalias: 37465, 37466, 38764). O primeiro dreno foi assoreado em função de lançamentos de rejeito no dique de pedras a jusante da estrutura (Anomalias 50341, 50343).
  - A vegetação alta dificulta identificação de possíveis pontos saturados, que, em consonância com o Parágrafo Único do Art.47 da Portaria 70.389/2017 atribui à estrutura pontuação 10 no quadro do Estado de Conservação.

	 <small>DF • ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA  <b>12/20</b>
			Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV.  <b>0</b>

- Canal extravasor: As inspeções indicam canal extravasor parcialmente obstruído/assoreado por vegetação (Anomalia 32587), presença de *Bags* no canal extravasor devido a execução de atividade de retirada de sedimentos no local.
- Ombreiras: Escorregamento da face do 7º talude – ombreira esquerda (Anomalia 50881).
- Drenagem superficial: Drenagem superficial inadequada na 3ª 6ª, 8ª e 9ª berma (Anomalias: 27697, 28782, 39720). Canaletas obstruídas/assoreadas entre a 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 12ª e 13ª berma (Anomalias: 32587, 36122, 37073, 38069, 38155, 38765, 38767, 38769, 47850)
- Reservatório: Régua FABF1RR002 assoreada até 0,50m (Anomalia 48510).

#### 4.0 CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA ESTRUTURA

A estrutura possui **DCE NEGATIVA** visto que os resultados das análises de estabilidade, realizadas no RISR de Setembro de 2021 (RL-1850HH-X-35828), apresentaram Fatores de Segurança abaixo do preconizado na NBR 13.028 (ABNT, 2017).



		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA <b>13/20</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV. <b>0</b>

## 5.0 AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DA ESTRUTURA



Baseado nos resultados do monitoramento geotécnico, nos dados de inspeção de segurança, nas rotinas de acompanhamento e operação, e tabela orientativa de classificação da condição de performance geotécnica das barragens, atesta-se que a condição de segurança geotécnica da barragem em epígrafe mostra-se **“INSATISFATÓRIO COM COMPROMETIMENTO DA SEGURANÇA”**.

A seguir é possível acompanhar a evolução da avaliação da performance da estrutura conforme indicado na linha do tempo do ano de 2020 e de 2021.

2020											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2021											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2022											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●											

No **Apêndice C** encontra-se a Tabela Orientativa de Performance com os critérios para os faróis mensais das estruturas, definidos pela VALE.


### 5.1 NÍVEIS DE EMERGÊNCIA

Atualmente, a estrutura encontra-se em nível de emergência 2, de acordo com os critérios definidos no PAEBM, elaborado em 2020 pela Tetrattech (RL-1000HH-X-33747).

A DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS emitiu em 08/10/20 uma nota técnica em respeito ao nível de emergência da Barragem Forquilha I, documento RL-1850HH-X-34922. Este documento foi elaborado com base na legislação vigente, na RPSB, no Relatório de Auditoria emitido em setembro de 2020 e no PAEBM da estrutura.

Conforme detalhado no documento RL-1850HH-X-34922, a DF+ avaliou os critérios definidos pelo PAEBM para definição do nível de emergência da estrutura, concluindo pelo nível de emergência 2, o que se submete ao crivo final da VALE, por ser a mesma a empreendedora responsável, à luz da legislação aplicável em espécie, em destaque o disposto no art. 17 da Lei 12.334/2010 e arts. 3º e 7º da Portaria 70.389/2017 do DNPM, atual Agência Nacional de Mineração – ANM.



	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA  <b>14/20</b>
			Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV.  <b>0</b>

## 6.0 PROJETOS EM ANDAMENTO

### a) Projeto de Descaracterização

Atualmente está em andamento o Projeto de Descaracterização da estrutura, em fase Básico, revisão B.

### b) Torres de Segurança

As obras de construção das torres de segurança no entorno do reservatório de Forquilha I e II estão paralisadas.

### c) Investigações geológico-geotécnicas

A campanha de investigação complementar ainda não foi iniciada (REC-034), em função, principalmente, da não finalização das torres de segurança.

### d) Instrumentação

A campanha de instrumentação complementar ainda não foi iniciada (REC-009), em função, principalmente, da não finalização das torres de segurança.

## 7.0 RECOMENDAÇÕES

O histórico de recomendações realizadas pelo EoR está apresentado no **Apêndice F**. As recomendações vigentes estão indicadas na Tabela 6.1, com as classificações definidas pela VALE (crítica, alerta, rotina) e EoR (GUT - Gravidade, Urgência e Tendência). Na Figura 6.1, apresenta-se um panorama geral das recomendações, quanto à classificação da VALE.

As datas estabelecidas para a finalização das recomendações são de responsabilidade da VALE, cabendo ao EoR o papel de acompanhar a execução das atividades, e quando solicitado formalmente pela VALE, apresentar planos de trabalho com soluções técnicas para recomendações específicas.

**Neste relatório foram incluídas as recomendações REC-070 e REC-071 referentes ao tratamento e monitoramento da região da trinca no contato do maciço da barragem com a ombreira esquerda.**



CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

**ENGENHARIA DE REGISTRO –  
EoR – BARRAGEM FORQUILHA I  
S4548**

**PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022**

Nº VALE

**RL-1850HH-X-35295**

Nº (CONTRATADA)

**DF19-321-1-EG-RTE-0622**

PÁGINA

**15/20**

REV.

**0**

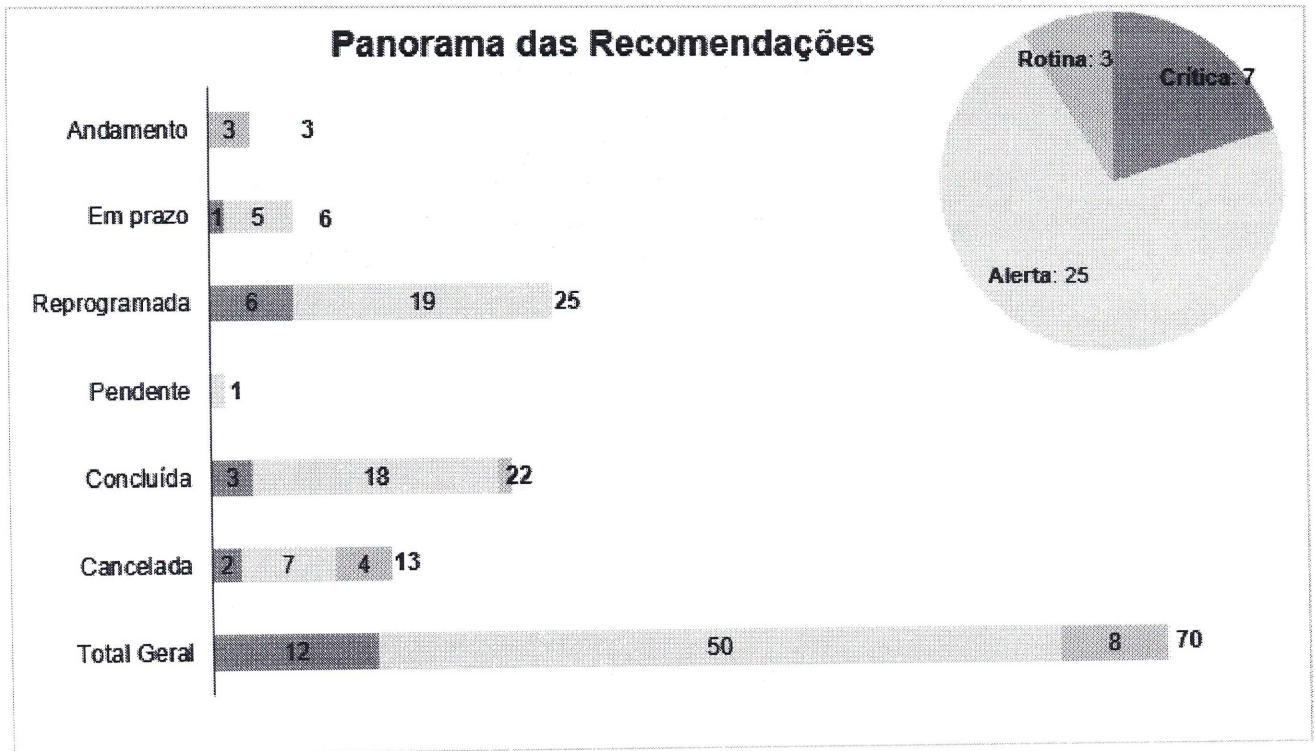


Figura 7.1 – Situação Geral das Recomendações do EoR





CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA I  
S4548

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35295

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0622

PÁGINA

16/20

REV.

0

Tabela 7.1 – Recomendações – Relatório mensal do EoR – Janeiro/2022

Referência	Recomendação	Origem	Início	Fim	Status	Classificação VALE	GUT
REC-053	Automatizar os instrumentos FABF1MA003 e FABF1PZ016	EoR	out-20	out-22	Reprogramada	Crítica	
REC-060	Automatizar os instrumentos FABF1PZ040, FABF1PZ001_A, FABF1PZ028, FABF1PZ032, FABF1PZ038, FABF1PZ011.	EoR	out-20	out-22	Reprogramada	Crítica	
REC-013	Atualizar Manual de Operação e Carta de Risco da estrutura (VL-FAB-MO-FIEII-122012 e VL-FAB-CR-FQIEII-122012-001, de 2013), incluindo	EoR	fev-20	jul-22	Reprogramada	Alerta	
REC-015	Verificar o estado de conservação e de operação dos instrumentos cadastrados como operantes. Ver nota 6.	RISR	mar-20	out-22	Reprogramada	Crítica	
REC-021	Realizar manutenção de canaletas e canais de concreto danificados e obstruídos	EoR	fev-20	jun-22	Reprogramada	Alerta	
REC-062	Tratar a erosão em avanço na ombreira direita do dique de pedra a jusante da Barragem Forquilha I	EoR	jan-21	mar-22	Reprogramada	Crítica	
REC-063	Reconformar a área com erosão na ombreira esquerda da Barragem Forquilha I entre a berma 9 (El. 1.122,0m) e o pé da barragem (El. 1099,0m), a partir da recuperação da área e adequação da drenagem superficial do acesso.	EoR	dez-20	ago-22	Reprogramada	Crítica	
REC-055	Instalar novos prismas de referência em bases robustas e em posições adequadas para melhorar o monitoramento pela ETR	EoR	out-20	nov-22	Reprogramada	Crítica	
REC-071	Retomar o monitoramento dos prismas instalados na região da trinca no maciço da barragem com a ombreira esquerda (Talude 7)	EoR	jan-22	fev-22	Em prazo	Crítica	
REC-033	Continuar com o processo de descaracterização (projetos e implantação). Ver nota 8.	RISR	mar-20	mar-29	Em prazo	Crítica	
REC-034	Executar nova campanha de sondagens geológico-geotécnicas e ensaios laboratoriais para verificação dos parâmetros geotécnicos e, consequentemente, aferir as seções de análise.	RISR	mar-20	mar-29	Em prazo	Alerta	
REC-009	Instalar instrumentos mais profundos, conforme previsto no projeto de descaracterização (DF+, 2019). Ver nota 4	RISR	mar-20	dez-23	Reprogramada	Alerta	0
REC-020	Realizar poda da vegetação arbustiva observada nos taludes de jusante	EoR	jan-20	jun-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-069	Realizar poda da vegetação arbustiva observada nas ombreiras e canal extravasor	EoR	jan-20	nov-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-044	Limpar canaletas assoreadas.	RISR	ago-20	nov-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-045	Limpar extravasor assoreado.	RISR	ago-20	nov-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-052	Verificar em campo as condições de conservação e cadastro do instrumento FABF1NA007. Verificar se o mesmo trata-se de piezômetro ou indicador de nível d'água.	EoR	out-20	out-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-070	Realizar o tratamento da trinca no contato do maciço da barragem com a ombreira esquerda (Talude 7)	EoR	jan-22	jul-22	Em prazo	Alerta	0
REC-065	Instalar novos prismas de monitoramento próximo à ombreira direita. Caso a ETR não tenha visada destes prismas, deverão ser programas leituras mensais com Estação Total de campanha.	RISR	mar-21	nov-22	Reprogramada	Alerta	0





CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

**ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548**

**PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022**

Nº VALE

**RL-1850HH-X-35295**

Nº (CONTRATADA)

**DF19-321-1-EG-RTE-0622**

PÁGINA

**17/20**

REV.

**0**

Referência	Recomendação	Origem	Início	Fim	Status	Classificação VALE	GUT
REC-065	Instalar novos prismas de monitoramento próximo à ombreira direita. Caso a ETR não tenha visada destes prismas, deverão ser programas leituras mensais com Estação Total de campanha.	RISR	mar-21	nov-22	Reprogramada	Alerta	0
REC-041	Realizar análise de estabilidade 3D	RISR	mar-20	jul-22	Reprogramada	Alerta	48
REC-042	Realizar análise tensão x deformação 3D.	RISR	mar-20	jul-22	Reprogramada	Alerta	48
REC-048	Realizar manutenção da drenagem superficial dos acessos.	RISR	ago-20	ago-22	Reprogramada	Alerta	45
REC-049	Realizar manutenção nas regiões com erosão nos acessos e mantê-los em boas condições de trafegabilidade.	RISR	ago-20	jun-22	Reprogramada	Alerta	45
REC-064	Elaborar projeto das estruturas executadas (As Built) dos canais de cintura apresentando um parecer sobre o funcionamento das estruturas hidráulicas quando diferentes do projeto executivo.	EoR	jan-21	abr-22	Reprogramada	Alerta	36
REC-039	Executar levantamento geofísico com linhas paralelas ao eixo do barramento e linhas transversais, estando preferencialmente alinhados com as seções de projeto (seções geológico-geotécnico e seções instrumentadas).	RISR	mar-20	set-22	Reprogramada	Alerta	27
REC-036	Apresentar/Elaborar Estudo Sísmico local.	RISR	mar-20	set-22	Em prazo	Alerta	20
REC-001	Elaborar levantamento topográfico cadastral de detalhe do maciço, do reservatório, do sistema extravasor e seu entorno, além da instrumentação em SIRGAS 2000.	EoR	jan-20	dez-22	Reprogramada	Alerta	18
REC-030	Recuperar a região que apresenta foco erosivo no contato entre o talude de jusante e a descida d'água na região da ombreira direita. Ver nota 7.	RISR	mar-20	dez-22	Reprogramada	Alerta	18
REC-051	Manter leituras periódicas dos instrumentos dados como operantes em julho/outubro de 2020, com destaque para os instrumentos FABF1PZ022, FABF1PZ035, FABF1PZ038, FABF1PZ039, FABF1PZ040	EoR	out-20	-	Pendente	Alerta	15
REC-003	Elaborar levantamento topobatimétrico do reservatório, em SIRGAS 2000. Caso não haja formação de lago, desconsiderar esta recomendação. Ver nota 1.	EoR	jan-20	dez-22	Reprogramada	Alerta	12
REC-035	Apresentar/Elaborar mapeamento geológico-geotécnico; e modelo geológico-geomecânico de detalhe	RISR	mar-20	dez-22	Em prazo	Alerta	9
REC-032	Adicionar placas de identificação de elevações das bermas na barragem.	EoR	jul-20	ago-22	Reprogramada	Alerta	6
REC-018	Aproximar mais o drone da estrutura durante a inspeção mensal, a fim de obter imagens com maiores detalhes.	EoR	mar-20	-	Andamento	Rotina	4
REC-023	Acompanhar a unidade no talude de jusante próximo ao dreno de fundo.	EoR	mar-20	-	Andamento	Rotina	4
REC-025	Manter reservatório sem formação de poços – manter sistema de bombeamento operando.	RISR	mar-20	-	Andamento	Rotina	4

Notas:

- (1) Para permitir a melhoria do monitoramento batimétrico dos reservatórios, recomenda-se a adoção de procedimentos de mapeamento e formação de Modelo Digital de Reservatório, conforme recomendado pela ANA, no documento "Orientações Para Atualização Das Curvas Cota X Área X Volume, de dez/2013);
- (4) Os instrumentos atualmente operantes não têm profundidade suficiente para monitorar a variação do fluxo d'água no interior do maciço, fundação e praia de rejeitos.
- (6) Existem instrumentos dados como operantes na planilha de cadastro sem novas leituras desde março de 2019 (o medidor de vazão FABF1MU001, por exemplo). Adicionalmente, alguns instrumentos tem apresentado grande variação nas leituras e devem ser checados em campo (FABF1NA007, FABF1PZ007, FABF1PZ022\_A e FABF1PZ023, por exemplo);



DF • ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

CLASSIFICAÇÃO:

RESTRITO

**ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA I  
S4548**

**PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022**

Nº VALE

**RL-1850HH-X-35295**

PÁGINA

**18/20**

Nº (CONTRATADA)



**DF19-321-1-EG-RTE-0622**

REV.







**0**

- (7) Proteger talude em terreno natural, na ombreira direita, que se encontra desprotegido no contato com a descida d'água. Recuperar a região acima da descida d'água onde se verifica ausência de grama em placas. Aproveitar para corrigir, nessa mesma região, os pontos escavados junto ao muro da canaleta de drenagem periférica;
- (8) A barragem deve ser descaracterizada, uma vez que a nova regulamentação não permitirá mais estruturas com métodos construtivos à montante.





	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>CLASSIFICAÇÃO:</b>  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		<b>Nº VALE</b>  <b>RL-1850HH-X-35295</b>	<b>PÁGINA</b>  <b>19/20</b>
		<b>Nº (CONTRATADA)</b>  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	<b>REV.</b>  <b>0</b>

## 8.0 APÊNDICES

 Ficha tecnica.docx	<b>APÊNDICE A – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM</b> Formato: “Word” (08 Páginas)
 Relatório de Inspeção.docx	<b>APÊNDICE B – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE CAMPO</b> Formato: “Word” (12 Páginas)
 Tabela Orientativa Performance.pdf	<b>APÊNDICE C – TABELA ORIENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PERFORMANCE GEOTÉCNICA DAS BARRAGENS</b> Formato: “PDF” (02 Páginas)
 Ficha-inspeção-Agost o.xlsx	<b>APÊNDICE D – FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR NÃO PREENCHIDA</b> Formato: EXCEL (11 Páginas)
 Apêndice EFQ1-rev.docx	<b>APÊNDICE E – RELATÓRIO DE MONITORAMENTO</b> Formato: “Word” (89 páginas)
 FL_GUT_Recomendações.xlsm	<b>APÊNDICE F – TABELA DE RECOMENDAÇÕES</b> Formato: “Excel” (03 páginas)



		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO – EoR – BARRAGEM FORQUILHA I S4548</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS – MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA I RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35295</b>	PÁGINA <b>20/20</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0622</b>	REV. <b>0</b>

## 9.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO	
Razão social:	DF + Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos Ltda.
CNPJ:	07.214.006/0001-00
Endereço:	Av. Barão Homem de Melo, 4554, 4º e 5º andares, bairro Estoril, CEP 30494-270, Belo Horizonte - MG

EQUIPE TÉCNICA			
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS.			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Othávio Marchi	OM	Gerência	Diretor Executivo
Raika Katuscia	RK	Geotecnia	Coordenação
Luciana Praça	LP	Geotecnia	Elaboração e Revisão
Estéfano Menger	EM	Geotecnia	Elaboração
Vinícius Esteves	VE	Projetos	Análise dos dados topográficos
Robson Tavares	RT	Gestão	Planejamento
Gabriel Silva	GS	Produção gráfica	Editoração

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social:	Vale S/A
CNPJ:	33.592.510/0001-54
Endereço:	Praia de Botafogo, 186 salas 701 a 901 - RJ
Contato:	Raphael Rodrigues - <a href="mailto:raphael.rodrigues1@vale.com">raphael.rodrigues1@vale.com</a>



DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

Barão Homem de Melo, 4554, 4º e 5º andares  
Esloril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270  
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002  
[www.dfmais.eng.br](http://www.dfmais.eng.br)





	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>CLASSIFICAÇÃO:</b>  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			<b>Nº VALE</b>  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	<b>PÁGINA</b>  <b>2/18</b>
			<b>Nº (CONTRATADA)</b>  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	<b>REV.</b>  <b>0</b>

## SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	3
2.0	AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DA ESTRUTURA	3
3.0	RESUMO DAS INSPEÇÕES DE CAMPO	9
4.0	CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA ESTRUTURA	11
5.0	AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DA ESTRUTURA	11
6.0	PROJETOS EM ANDAMENTO	12
7.0	RECOMENDAÇÕES	12
8.0	APÊNDICES	17
9.0	EQUIPE TÉCNICA	18

		CLASSIFICAÇÃO:	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
		RESTRITO	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE	PÁGINA
		<b>RL-1850HH-X-35319</b>	<b>3/18</b>
		Nº (CONTRATADA)	REV.
		<b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	<b>0</b>

## 1.0 OBJETIVO

Apresentar avaliação mensal de segurança da **Barragem Forquilha II** por meio dos dados de monitoramento, manutenção e inspeções de campo realizadas pela DF+ e VALE, para o período entre **os dias de 15 dezembro de 2021 a 20 de janeiro de 2022**. A ficha técnica da estrutura encontra-se no Apêndice A.

## 2.0 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DA ESTRUTURA

Os dados utilizados neste capítulo foram obtidos do sistema GEOTEC, no primeiro dia útil subsequente ao período analisado, além dos relatórios elaborados pelo Centro de Monitoramento Geotécnico da VALE – CMG. No Apêndice E apresenta-se a análise dos dados de monitoramento e na Figura 2.1 tem-se um resumo da instrumentação operante.

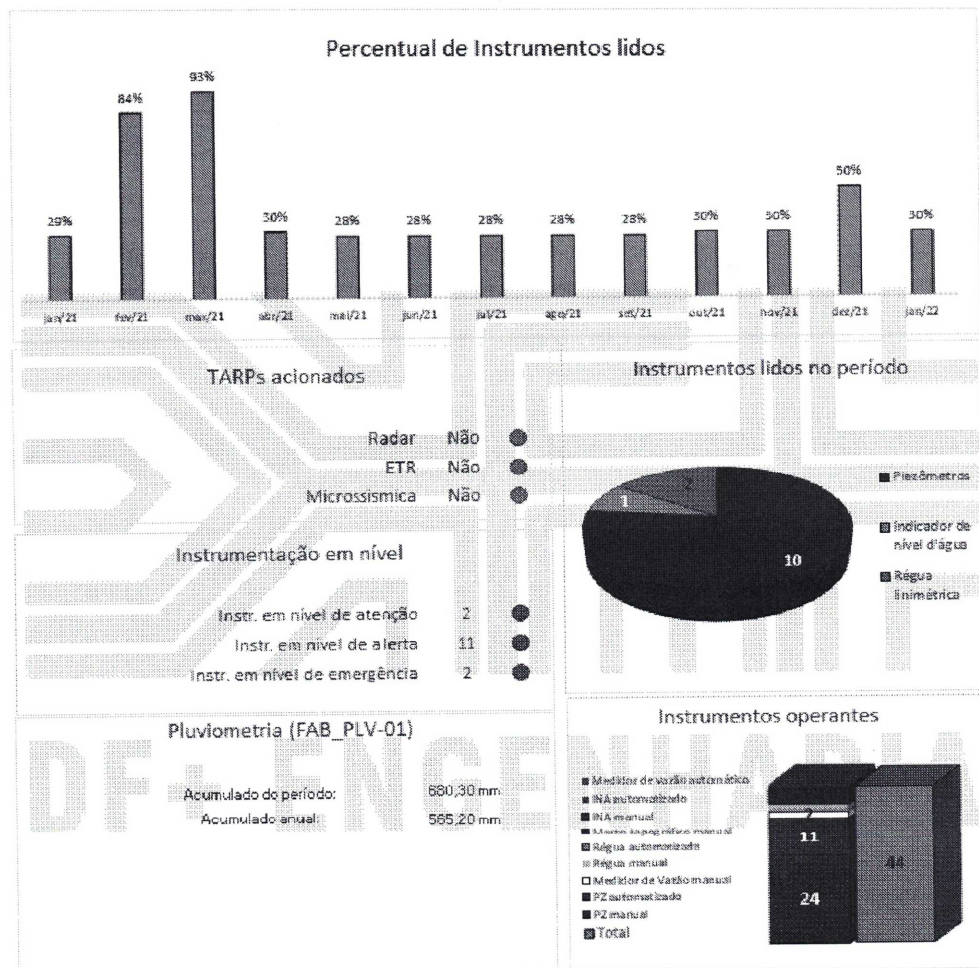


Figura 2.1 - Situação Geral da Instrumentação

Nota: O nível de controle dos instrumentos, INA e PZ, foi avaliado seguindo a Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-35946\_revB (TPF, 2021), conforme apresentado no Apêndice E.



	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA <b>4/18</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV. <b>0</b>

## 2.1 PLUVIOMETRIA E EVAPORAÇÃO

A Tabela 2.1 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento de pluviometria em Mina de Fábrica (FAB\_PLV-01) e da bacia hidrográfica na qual a estrutura está inserida (FABM1PL001\_A).

Tabela 2.1 - Registros dos instrumentos de monitoramento de pluviometria

Instrumento	Local de Instalação	Período de referência			Acumulado anual		
		Registro Atual (mm)	Média Histórica (mm)	Diferença (%)	Registro Atual (mm)	Média Histórica (mm)	Diferença (%)
FAB_PLV-01	Rodoviária	345,20	292,05	+18%	1183,63	1425,12	-3%
FABM1 PL001_A	Marés I	192,40	-	-	1030,00	-	-

Não se dispõe de dados de evaporação observados por balanço hídrico nos reservatórios ou de psicrômetro e evaporímetro.

## 2.2 NÍVEL D'ÁGUA NO RESERVATÓRIO

A Tabela 2.2 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento do nível d'água do reservatório. A régua FABF1RR002 monitora o reservatório próximo à ombreira esquerda de Forquilha I e a FABF1RR004 registra o NA no dique IV.

Tabela 2.2 - Registros dos instrumentos de monitoramento do NA do reservatório

Instrumento	Leitura Histórica Máxima	Leitura Máxima do Período de Referência	Cota do Coroamento	Cota da Soleira do extravasor
FABF1RR002	1179,51	1179,51	1181,00	1178,00
FABF1RR004	1185,61	1185,61	-	NA



	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA  <b>5/18</b>
			Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV.  <b>0</b>

### 2.3 MONITORAMENTO DA CARGA PIEZOMÉTRICA E SUPERFÍCIE FREÁTICA

Em relação ao monitoramento da carga piezométrica e superfície freática na estrutura, as Figura 2.2 e Figura 2.3 apresentam as seções instrumentadas da estrutura, com as leituras máximas históricas para os instrumentos (barra em vermelho) e as leituras registradas no período de referência (barra em azul). Os instrumentos com leitura seca têm barras marrons e os instrumentos sem leitura no período estão sem barras.

As seções A-A' e E-E' correspondem respectivamente às seções O-O' e Q-Q' do Manual de Operação em elaboração pela TPF, conforme apresentado no desenho 1850HH-X-36110 (TPF, 2021).

Ressalta-se que para esta estrutura foram lidos apenas 11 instrumentos, de um total de 40. Os instrumentos lidos correspondem aos automatizados.

A partir das leituras, observa-se que os instrumentos lidos confirmam a existência de um nível freático/piezométrico elevado no reservatório até a região do maciço inicial. Os instrumentos lidos a jusante do filtro vertical indicam rebaixamento da freática e bom funcionamento do filtro.



CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA II  
S4549

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35319

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0623

PÁGINA

6/18

REV.

0

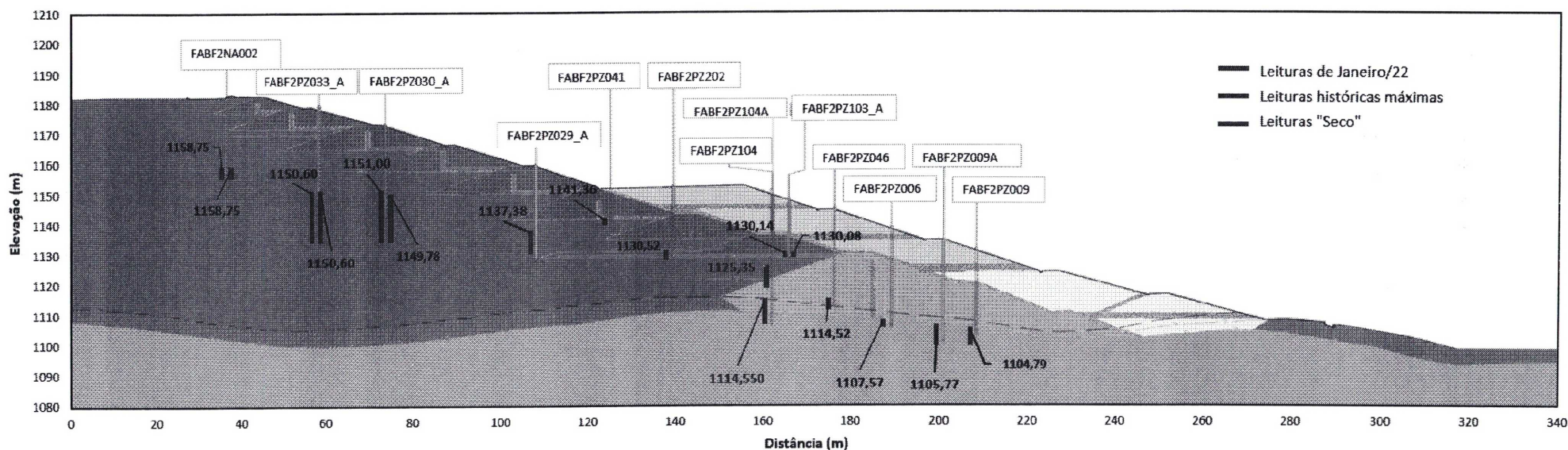


Figura 2.2 – Leituras dos instrumentos da Seção A-A' (janeiro/2022)

Em relação à Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-35946\_revB (TPF, 2021), os piezômetros FABF1PZ029\_A e FABF2PZ202 atingiram nível de atenção, os piezômetros FABF2PZ033\_A, FABF2PZ030\_A, FABF2PZ103\_A, FABF2PZ006 estão em nível de alerta e o instrumento FABF1PZ009A em nível de emergência.





CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA II  
S4549

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35319

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0623

PÁGINA

7/18

REV.

0

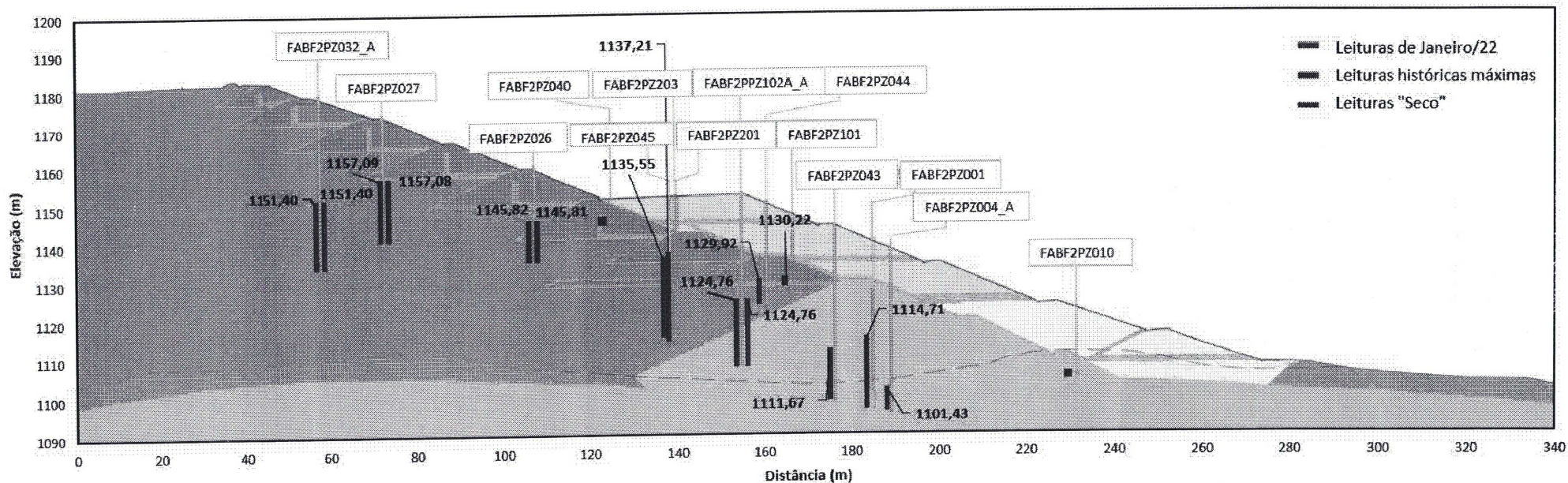


Figura 2.3 – Leituras dos instrumentos da Seção E-E' (janeiro/2022)

Em relação à Carta de Risco, documento RL-1850HH-X-35946\_revB (TPF, 2021), os piezômetros FABF2PZ032\_A, FABF2PZ027\_A, FABF2PZ026\_A, FABF2PZ045, FABF2PZ203, FABF2PZ201 e FABF2PZ101 estão em nível de alerta e o piezômetro FABF2PZ001 em nível de emergência.



		CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA  <b>8/18</b>
		Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV.  <b>0</b>

## 2.4 MONITORAMENTO DE VAZÕES

A Tabela 2.3 apresenta os dados referentes aos instrumentos de monitoramento de vazão instalados na estrutura.

Tabela 2.3 – Informações sobre o medidor de vazão instalado na barragem



Código	Local de Instalação	Leitura Histórica Máxima	Leitura no período
FABF2MU005	El. 1121,56m, próximo à ombreira direita	0,326 l/s	--
FABF2MU006	El.1125,88m, próximo a ombreira esquerda	1,36 l/s	--

Estes instrumentos não apresentam novas leituras desde março de 2021.

## 2.5 MONITORAMENTO DE DESLOCAMENTOS

Atualmente, o monitoramento de deslocamentos da estrutura é feito por Radar orbital InSAR, Radar interferométrico terrestre e Estação Total Robótica.

- Radar Orbital InSAR:
  - A última análise de dados foi realizada em setembro de 2020, no relatório de monitoramento SET2021\_RL-Relatório\_Forquilha I\_Rev.00;
  - Devido à orientação da Barragem, norte-nordeste, qualquer direção de deformação montante/jusante é muito difícil de avaliação apenas com o InSAR;
  - Na série temporal completa, observa-se nos dados de deslocamentos leste-oeste (E-W) pontos de cores frias (positivos), que indicam deslocamento para leste próximos a região da ombreira esquerda da estrutura. No entanto, ao analisar apenas a última atualização (julho a setembro de 2021), não foram identificadas direções preferenciais de deslocamento leste-oeste (E-W).
  - Os valores médios de velocidade vertical na estrutura são inferiores a 20 mm/ano. Ao analisar apenas a última atualização (julho a setembro de 2021), os valores de deslocamento verticais alcançaram até 5mm, com tendência linear negativa.
  
- Estação Robótica:
  - Neste documento está sendo considerado o relatório diário do dia 23/01/22 (Documento Relatório Diário ETR Forquilha Iell\_23JAN22), emitido pelo CMG;
  - Devido às fortes chuvas e as condições climáticas, desde o dia 08/01 até 12/01 muitos prismas apresentaram dificuldade em suas leituras.

		CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA  <b>9/18</b>
		Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV.  <b>0</b>

- Radar terrestre:
  - Neste documento está sendo considerado o relatório diário do dia 23/01/2022 (Documento Relatório Diário Radar Forquilha Iell\_23JAN22), emitido pelo CMG;
  - Na região do acesso da berma 8 de Forquilha II, deslocamento apresentou variação máxima de aproximadamente -11,93mm
  - Percebeu-se acúmulo de deslocamento no pé da ombreira a jusante de Forquilha 2, na região próxima à saída do extravasor, conforme Anexo I do referido relatório.

## 2.6 MONITORAMENTO POR MICROSSÍSMICA

De acordo com o relatório da TETRATECH (19593-ITG-FOR1-FOR2-RT003-2021.12), no que tange ao histórico de registros obtidos ao longo de todo o monitoramento, observa-se que a estrutura experimentou picos de velocidade (PGV) variando 0,000399 mm/s e 1,307680mm/s e picos de aceleração (PGA) variando entre 0,000104 m/s<sup>2</sup> (0,001% de g) e 0,493177m/s<sup>2</sup> (5,04% de g).

Os detalhes do monitoramento por microssísmica encontra-se no **Apêndice E**.

## 2.7 MONITORAMENTO POR CÂMERAS

A barragem é monitorada por 02 câmeras de vídeo, 24 horas por dia, em atendimento ao disposto no Artigo 7º da Portaria ANM 70.389/2017, visto que tem **DPA alto**.

## 3.0 RESUMO DAS INSPEÇÕES DE CAMPO

Em razão da estrutura estar interditada, a equipe da VALE realizou inspeções diárias com vista das ombreiras e via drone durante este período analisado. Tais inspeções foram realizadas pelos técnicos Ayala Ferreira, Warley de Oliveira e Arthur Nascimento.

Dentre essas inspeções diárias, 03 foram cadastradas como Ficha de Inspeção Regular de Segurança, referentes aos dias 22/12/21, 06/01/22 e 15/01/22, seguindo o modelo do EoR, apresentado no Apêndice D. Em consonância com o Art. 17 da portaria 70.389/2017, 03 itens receberam pontuação 10 na última FISR, como pode ser visto na Tabela 3.1. Apesar da estrutura encontrar-se interditada, na última coluna apresenta-se a pontuação atribuída pelo EoR após avaliação das fotos de inspeção realizadas por drone.








		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA <b>10/18</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV. <b>0</b>

Tabela 3.1 - Controle do Estado de Conservação registrados nas FISR da VALE no período

ESTADO DE CONSERVAÇÃO	Outubro e Novembro de 2021			EOR
	22/12/2021	06/01/2022	15/01/2022	
<b>Confiabilidade das Estruturas Extravasoras</b>	6	6	6	6
<b>Percolação</b>	10	10	10	10
<b>Deformações e Recalques</b>	10	10	10	10
<b>Deterioração dos Taludes e Paramentos</b>	10	10	10	10

Legenda:

	Pontuação 0		Pontuação 3 ou 2
	Pontuação 6		Pontuação 10

As principais anomalias observadas na inspeção mensal via drone e na ficha de inspeção mais recente são:

- Acesso: Erosão na região da ombreira direita a montante do canal periférico de drenagem superficial (Anomalias: 48614).
- Macço Principal: Vegetação alta nos taludes da estrutura (Anomalias: 28200, 28209, 37078, 37489, 37491, 37492, 37493). Toca de animais no 1º, 2º, 3º, 6º e 11º talude (Anomalias: 26118, 39039, 44993). Erosões na estrutura (Anomalias: 26832, 32791, 35944, 36818, 36837, 36838, 37079, 37494, 41262). Assoreamento da saída do dreno de fundo (Anomalia 26833).
  - A vegetação alta dificulta identificação de possíveis pontos saturados, que, em consonância com o Parágrafo Único do Art.47 da Portaria 70.389/2017 atribui à estrutura pontuação 10 no quadro do Estado de Conservação.
- Canal extravasor: Presença de Bags no canal extravasor devido a execução de atividade da Civil Master. Canal extravasor no emboque apresenta obstruído/assoreado por vegetação (Anomalias: 27692, 34335, 38770, 38772, 43610).
- Ombreiras: Erosão na região da ombreira direita a montante do canal periférico de drenagem superficial (Anomalias: 48614).
- Drenagem superficial: Drenagem superficial inadequada - empoçamento de água na crista (Anomalias: 28198, 28204, 50438). Canaletas obstruídas ou assoreadas (Anomalias: 22234, 27692, 27694, 34335, 36115, 36116, 37077, 37080, 37482, 37486, 37488, 38770, 38772, 38773, 40814, 43610).
- Reservatório: Pontos isolados com acúmulo de água pluvial no reservatório.



		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA <b>11/18</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV. <b>0</b>

#### 4.0 CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE DA ESTRUTURA

A estrutura possui **DCE NEGATIVA** visto que os resultados das análises de estabilidade, realizadas no RISR de Setembro de 2021 (RL-1850HH-X-35825), apresentaram Fatores de Segurança abaixo do preconizado na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

#### 5.0 AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DA ESTRUTURA



Baseado nos resultados do monitoramento geotécnico, nos dados de inspeção de segurança, nas rotinas de acompanhamento e operação, e tabela orientativa de classificação da condição de performance geotécnica das barragens, atesta-se que a condição de segurança geotécnica da barragem em epígrafe mostra-se **“INSATISFATÓRIO COM COMPROMETIMENTO DA SEGURANÇA”**.

A seguir é possível acompanhar a evolução da avaliação da performance da estrutura conforme indicado na linha do tempo do ano de 2020 e de 2021.

No **Apêndice C** encontra-se a Tabela Orientativa de Performance com os critérios para os faróis mensais das estruturas, definidos pela VALE.

2020											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2021											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2022											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
●											

#### 5.1 NÍVEL DE EMERGÊNCIA

Atualmente, a estrutura encontra-se em nível de emergência 2, de acordo com os critérios definidos no PAEBM, elaborado em 2020 pela Tetrattech (RL-1000HH-X-33745).

A DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS emitiu em 08/10/20 uma nota técnica em respeito ao nível de emergência da Barragem Forquilha II, documento RL-1850HH-X-34923. Este documento foi elaborado com base na legislação vigente, na RPSB, no Relatório de Auditoria emitido em setembro de 2020 e no PAEBM da estrutura.

Conforme detalhado no documento RL-1850HH-X-34923, a DF+ avaliou os critérios definidos pelo PAEBM para definição do nível de emergência da estrutura, concluindo pelo nível de emergência 2, o que se submete ao crivo final da VALE, por ser a mesma a empreendedora



	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	CLASSIFICAÇÃO:  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA  <b>12/18</b>
		Nº (CONTRATADA)  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV.  <b>0</b>

responsável, à luz da legislação aplicável em espécie, em destaque o disposto no art. 17 da Lei 12.334/2010 e Arts. 3º e 7º da Portaria 70.389/2017 do DNPM, atual Agência Nacional de Mineração – ANM.

## 6.0 PROJETOS EM ANDAMENTO

### a) Projeto de Descaracterização

Atualmente está em andamento o Projeto de Descaracterização da estrutura, em fase Básico, revisão B.

### b) Torres de Segurança

As obras de construção das torres de segurança no entorno do reservatório de Forquilha I e II estão paralisadas.

### c) Investigações geológico-geotécnicas

A campanha de investigação complementar ainda não foi iniciada (REC-004), em função, principalmente, da não finalização das torres de segurança.

### d) Instrumentação

A campanha de instrumentação complementar ainda não foi iniciada (REC-012), em função, principalmente, da não finalização das torres de segurança.

## 7.0 RECOMENDAÇÕES

O histórico de recomendações realizadas pelo EoR está apresentado no **Apêndice F**. As recomendações vigentes estão indicadas na Tabela 7.1, com as classificações definidas pela VALE (crítica, alerta, rotina) e EoR (GUT - Gravidade, Urgência e Tendência). Na Figura 7.1, apresenta-se um panorama geral das recomendações, quanto à classificação da VALE.

As datas estabelecidas para a finalização das recomendações são de responsabilidade da VALE, cabendo ao EoR o papel de acompanhar a execução das atividades, e quando solicitado formalmente pela VALE, apresentar planos de trabalho com soluções técnicas para recomendações específicas.

**Neste relatório foi reprogramada a REC-005 para dez-2022, e adicionada a recomendação REC-061, referente ao tratamento da erosão em terreno natural da ombreira direita de Forquilha II.**

		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>	
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>			Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA <b>13/18</b>
			Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV. <b>0</b>

### Panorama das Recomendações

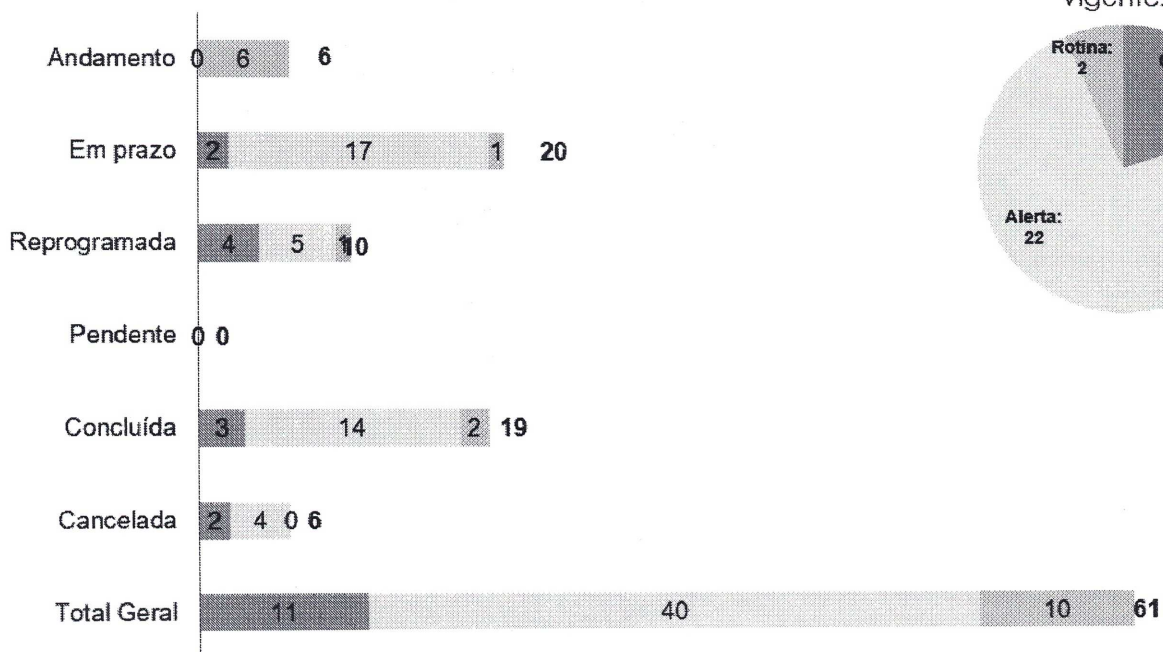


Figura 7.1 – Panorama Geral das Recomendações





DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

CLASSIFICAÇÃO:  
**RESTRITO**

**ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA II  
S4549**

**PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022**

Nº VALE

**RL-1850HH-X-35319**

Nº (CONTRATADA)

**DF19-321-1-EG-RTE-0623**

PÁGINA

**14/18**

REV.

**0**

**Tabela 7.1 - Recomendações – Relatório mensal do EoR – Janeiro/2022**

Referência	Recomendação	Origem	Início	Fim	Status	Classificação VALE	GUT
REC-039	Automatização dos instrumentos FABF2PZ027_A, FABF2PZ029_A Ver nota 9.	EoR	out-20	out-22	reprogramada	Crítica	
REC-050	Automatização dos instrumentos FABF2PZ041, FABF2PZ104A, FABF2NA002, FABF2PZ203, FABF2PZ045, FABF2PZ044, FABF2PZ101, FABF2PZ028. Ver Nota 9.	EOR	dez-20	out-22	reprogramada	Crítica	
REC-021	Atualizar Manual de Operação e Carta de Risco da estrutura, incluindo todos os instrumentos de monitoramento (INAs, PZs, Radar Orbital InSAR, Radar Interferométrico Terrestre e Estação Robótica)	EoR	fev-20	jul-22	Em prazo	Alerta	
REC-024	Verificar o estado de conservação e de operação dos instrumentos cadastrados como operantes, mas que apresentam comportamento anômalo. Ver nota 4.	EoR	mar-20	out-22	reprogramada	Crítica	
REC-028	Realizar manutenção de canaletas e canais de concreto danificados e obstruídos.	RISR	fev-20	jun-22	Em prazo	Alerta	
REC-037	Corrigir ponto de erosão observado na ombreira esquerda junto a berma 8.	EoR	jul-20	mar-22	Em prazo	Alerta	
REC-043	Instalar prismas de referência em bases robusta e em posições adequadas para melhorar o monitoramento pela ETR. Ver nota 12.	EoR	out-20	nov-22	reprogramada	Crítica	
REC-58	Avaliar o estado de conservação do instrumento FABF2PZ004_A. Ver Nota 17	EoR	abr-21	abr-22	Em prazo	Crítica	
REC-004	Execução de nova campanha de sondagens geológico-geotécnicas e ensaios laboratoriais para verificação dos parâmetros geotécnicos e, conseqüentemente, aferir as seções de análise.	RISR	mar-20	dez-22	Em prazo	Alerta	
REC-008	Continuar com o processo de descaracterização (projetos e implantação), uma vez que a legislação vigente não permite barragens construídas pelo método à montante.	RISR	mar-20	dez-28	Em prazo	Crítica	
REC-012	Instalar instrumentos mais profundos conforme previsto no projeto de descaracterização (DF+, 2019).	RISR	mar-20	dez-23	Em prazo	Alerta	0
REC-030	Realizar poda da vegetação arbustiva observada nos taludes de jusante.	RISR	fev-20	jun-22	reprogramada	Alerta	0
REC-031	Realizar manutenção das áreas do talude com ravinas e erosões.	RISR	mar-20	dez-22	reprogramada	Alerta	0
REC-042	Tamponar buracos no talude 11 causados por animais.	EoR	out-20	dez-22	reprogramada	Alerta	0
REC-047	Verificar os dados cadastrais do instrumento FABF2PZ027_A. Ver nota 15.	EoR	out-20	abr-22	Em prazo	Alerta	0
REC-60	Realizar poda da vegetação arbustiva observada nas ombreiras e canal extravasor	RISR	fev-20	nov-22	reprogramada	Alerta	0
REC-061	Tratar a Erosão em terreno natural da ombreira direita de Forquilha II.	EOR	jan-22	set-22	Em prazo	Alerta	48





CLASSIFICAÇÃO:  
RESTRITO

ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA II  
S4549

PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022

Nº VALE

RL-1850HH-X-35319

Nº (CONTRATADA)

DF19-321-1-EG-RTE-0623

PÁGINA

15/18

REV.

0

Referência	Recomendação	Origem	Início	Fim	Status	Classificação VALE	GUT
REC-010	Realizar análise de estabilidade 3D.	RISR	mar-20	jul-22	Em prazo	Alerta	48
REC-011	Realizar análise tensão x deformação 3D.	RISR	mar-20	jul-22	Em prazo	Alerta	48
REC-029	Realizar manutenção da drenagem superficial dos acessos. <i>Ver nota 6.</i>	RISR	mar-20	jun-22	Em prazo	Alerta	45
REC-034	Realizar manutenção nas regiões com erosão nos acessos e mantê-los em boas condições de trafegabilidade. <i>Ver nota 7.</i>	RISR	fev-20	jun-22	Em prazo	Alerta	45
REC-054	Tratar a Erosão no talude da ombreira esquerda na região do dreno de fundo e acesso a O.E. (Anomalia 41262 do GEOTEC)	RISR	jan-21	jun-22	Em prazo	Alerta	45
REC-001	Elaborar levantamento topográfico cadastral de detalhe do maciço, do reservatório, do sistema extravasor e seu entorno, além da instrumentação em SIRGAS 2000.	RISR	jan-20	dez-22	Em prazo	Alerta	27
REC-003	Execução de levantamento geofísico com linhas paralelas ao eixo do barramento e linhas transversais, estando preferencialmente alinhados com as seções de projeto (seções geológico-geotécnico e seções instrumentadas).	RISR	mar-20	set-22	Em prazo	Alerta	27
REC-006	Apresentar/Elaborar Estudo Sísmico. <i>Ver nota 2.</i>	RISR	mar-20	set-22	Em prazo	Alerta	20
REC-002	Elaborar levantamento topobatimétrico do reservatório, em SIRGAS 2000. <i>Ver nota 1.</i>	EoR	jan-20	dez-22	Em prazo	Alerta	18
REC-040	Realizar leitura no mínimo mensal do instrumento FABF2PZ041. <i>Ver nota 10.</i>	EoR	out-20		Andamento	Rotina	12
REC-041	Realizar leitura no mínimo mensal do instrumento FABF2PZ043. <i>Ver nota 11.</i>	EoR	out-20		Andamento	Rotina	12
REC-048	Manter leitura no mínimo mensal dos instrumentos FABF2PZ202, FABF2103, FABF2PZ203, FABF2PZ045, FABF2PZ201 E FABF2PZ044. <i>Ver notata 16.</i>	EoR	out-20		Em prazo	Rotina	12
REC-055	Manter leituras no mínimo mensal dos instrumentos FABF2PZ022, FABF2PZ013 e FABF2PZ104. <i>Ver nota 18.</i>	EoR	fev-21		Andamento	Rotina	12
REC-056	Realizar leitura no mínimo mensal do instrumento FABF2PZ140. <i>Ver nota 18.</i>	EoR	mar-21		Andamento	Rotina	12
REC-005	Apresentar/Elaborar mapeamento geológico-geotécnico; e modelo geológico-geomecânico de detalhe.	RISR	mar-20	dez-22	reprogramada	Alerta	9
REC-032	Instalar placas de identificação de elevações das bermas na barragem.	RISR	fev-20	ago-22	reprogramada	Rotina	6
REC-036	Elaborar projeto das estruturas executadas (As Built) dos canais de cintura apresentando um parecer sobre o funcionamento das estruturas hidráulicas quando diferentes do projeto executivo.	RISR	mar-20	abr-22	reprogramada	Alerta	6
REC-033	Monitorar regiões com evidências de umidade próximo ao dreno de fundo	RISR	mar-20	-	Andamento	Rotina	4
REC-038	Aproximar mais o drone da estrutura durante a inspeção mensal, a fim de obter imagens com maiores detalhes.	EoR	ago-20	-	Andamento	Rotina	4

(1) Para permitir a melhoria do monitoramento batimétrico dos reservatórios, recomenda-se a adoção de procedimentos de mapeamento e formação de Modelo Digital de Reservatório, conforme recomendado pela ANA, no documento "Orientações Para Atualização Das Curvas Cota X Área X Volume, de dez/2013);





CLASSIFICAÇÃO:  
**RESTRITO**

**ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM  
FORQUILHA II  
S4549**







**PROJETO DETALHADO  
BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA  
ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II  
RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022**

Nº VALE	PÁGINA
<b>RL-1850HH-X-35319</b>	<b>16/18</b>
Nº (CONTRATADA)	REV.
<b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	<b>0</b>



- (2) Apresentar/Elaborar Estudo Sísmico, uma vez que o local se encontra em uma zona de anomalia magnetométrica e está em um contexto geológico regional com propensão a zoneamento de falhas;
- (3) Este instrumento irá permitir monitoramento hidrometeorológico mais eficaz. Sugere-se a adoção de procedimentos de registro automático em *data logs* providos por equipamentos associados a telemetria;
- (4) Na planilha de Cadastro do sistema GEOTEC constam instrumentos classificados como operantes, porém os alguns não apresentam leituras desde março de 2019 (FABF2PZ104A e o PZ FABF2PZ029\_A por exemplo). O teste de vida deverá indicar a real condição destes instrumentos;
- (5) De acordo com o Relatório de monitoramento geotécnico – Barragens Forquilhas I e II, elaborado pelo CMG em 30/01/20, a atual metodologia de aquisição de dados pelo radar terrestre é de 0,1 mm/aquisição, onde valores inferiores a este são deletados automaticamente pelo equipamento por ser considerado ruído. Os ruídos causados pelo excesso de vegetação da estrutura e variações atmosféricas se sobressaem a esta acurácia, criando tendências nos resultados apresentados que podem ou não conter deslocamentos reais. Dessa forma, recomenda-se adotar uma metodologia na tratativa dos dados que não resulte em uma tendência equivocada dos deslocamentos;
- (6) Nas fichas de inspeção diárias da VALE, no item que trata da situação do acesso à estrutura, consta observações quanto a drenagem superficial inadequada no acesso principal na crista da barragem e no acesso da ombreira esquerda para a 9ª berma;
- (7) Nas fichas de inspeção diárias da VALE, no item que trata da situação do acesso à estrutura, consta observações quanto a empoçamento proveniente de água pluvial e escorregamento de face de talude na 3ª berma do acesso.
- (8) Ver anomalias 34569, 34570 e 34570 do Relatório de Anomalias do GEOTEC.
- (9) Os instrumentos relacionados na Rec-040 e Rec-050 encontram-se locados nas seções de análise de estabilidade, sendo duas leituras de vital importância para a avaliação da segurança da estrutura.
- (10) O instrumento FABF2PZ041 apresentou leitura “Seco” entre outubro de 2018 e fevereiro de 2020 passando a apresentar leituras a partir de abril de 2020. O Recomenda-se o monitoramento deste instrumento para que se possa averiguar se a carga piezométrica continuará a se dissipar.
- (11) O instrumento FABF2PZ043 tem apresentado variações de leitura da ordem de 5,00 m dentro das leituras do mesmo mês. Este instrumento deverá ser monitorado para que se possa entender se este é de fato o real comportamento da carga piezométrica no local, ou se pode tratar-se de erro de leitura.
- (12) Os prismas de referência atualmente utilizados apresentam tendência de movimentação que acaba por se refletir no comportamento dos prismas de monitoramento, comprometendo a confiabilidade dos dados obtidos pela ETR.
- (13) Deve-se checar a estabilidade da base da ETR a fim de se verificar se a mesma se encontra estável e sem movimentação. Caso seja constatada a estabilidade da base da ETR, deve-se realizar a colimação da mesma a fim de se identificar problemas na calibração do equipamento.
- (14) Devido a aproximação do período chuvoso, a trinca identificada pela equipe da CIVIL MASTER no dia 12/10/20 deve ser selada o quanto antes. A região da trinca deverá ser acompanhada pelos instrumentos de monitoramento de deslocamentos disponíveis na estrutura.
- (15) Os dados de cadastro da cota de fundo e cota da base da célula encontram-se incompatíveis.
- (16) Os instrumentos relacionados na REC-049 encontram-se abaixo dos alteamentos, sendo o monitoramento da freática nesta região de vital importância para a avaliação da segurança da estrutura.
- (17) O instrumento FABF2PZ004\_A tem apresentado problemas de comunicação com o GEOTEC a partir de janeiro de 2021. Este instrumento apresentou uma única leitura entre março e abril de 2021, apresentando uma carga pouco acima da cota de fundo do instrumento valor discrepante com o histórico do instrumento.
- (18) O instrumento FABF2PZ104 apresentou variação acentuada entre janeiro e março de 2021.

	 <small>DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>CLASSIFICAÇÃO:</b>  <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		<b>Nº VALE</b>  <b>RL-1850HH-X-35319</b>	<b>PÁGINA</b>  <b>17/18</b>
		<b>Nº (CONTRATADA)</b>  <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	<b>REV.</b>  <b>0</b>

## 8.0 APÊNDICES

 Ficha_Técnica.docx	<b>APÊNDICE A – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM</b> Formato: “Word” (10 páginas)
 Relatório de Inspeção.docx	<b>APÊNDICE B – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE CAMPO</b> Formato: “Word” (14 páginas)
 <b>TABELA ORIENTATIVA REV_1</b>	<b>APÊNDICE C – TABELA ORIENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PERFORMANCE GEOTÉCNICA DAS BARRAGENS</b> Formato: “PDF” (02 Páginas)
 <b>Ficha de Inspeção_Forquilha II:</b>	<b>APÊNDICE D – FICHA DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR NÃO PREENCHIDA</b> Formato: EXCEL (01 Página)
 Rel_Monitoramento.docx	<b>APÊNDICE E – RELATÓRIO DE MONITORAMENTO</b> Formato: “Word” (82 páginas)
 FIL_GUT_Recomendações.xlsm	<b>APÊNDICE F – TABELA DE RECOMENDAÇÕES</b> Formato: “Excel” (02 páginas)



		CLASSIFICAÇÃO: <b>RESTRITO</b>	<b>ENGENHARIA DE REGISTRO -EoR – BARRAGEM FORQUILHA II S4549</b>
<b>PROJETO DETALHADO BARRAGENS - MINA DE FÁBRICA ENGENHARIA DE REGISTRO – BARRAGEM FORQUILHA II RELATÓRIO MENSAL DO EoR – JANEIRO 2022</b>		Nº VALE <b>RL-1850HH-X-35319</b>	PÁGINA <b>18/18</b>
		Nº (CONTRATADA) <b>DF19-321-1-EG-RTE-0623</b>	REV. <b>0</b>

## 9.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO	
Razão social:	DF + Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos Ltda.
CNPJ:	07.214.006/0001-00
Endereço:	Av. Barão Homem de Melo, 4554, bairro Estoril, CEP 30494-270, Belo Horizonte - MG

EQUIPE TÉCNICA ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTA DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS.			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Othavio Marchi	OM	Gerência	Diretor Executivo
Raika Katiuscia	RK	Geotecnia	Coordenação, Elaboração, Revisão
Luciana Praça	LP	Geotecnia	Elaboração
Estéfano Menger	EM	Geotecnia	Elaboração
Vinícius Esteves	VE	Projetista	Análise dos dados topográficos
Robson Tavares	RT	Gestão	Planejamento
Gabriel Silva	GS	Produção gráfica	Editoração

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social:	VALE S/A
CNPJ:	33.592.510/0001-54
Endereço:	Praia de Botafogo, 186 salas 701 a 901 - RJ
Contato:	Raphael Santos Rodrigues - <a href="mailto:raphael.rodrigues1@vale.com">raphael.rodrigues1@vale.com</a>



DF • ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

Barão Homem de Melo, 4554, 4º e 5º andar  
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270  
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002  
[www.dfmais.eng.br](http://www.dfmais.eng.br)