



# MANUAL DE MONITORAMENTO BARRAGEM CALCINADOS

 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 2/87

## COMPLEXO QUEIROZ

### CONTROLE DE REVISÃO E EMISSÃO DE DOCUMENTO

REV.	EXEC.	VER.	ENG.	COORD	EMIS.	DATA	DESCRIÇÃO DAS ALTERAÇÕES
0	LCS	AGP	EAB	EAB	C	15/12/25	Para comentários e aprovação
1	LCS	AGP	EAB	EAB	C	30/12/25	Para comentários e aprovação
2	IMS	AGP	EAB	EAB	C	04/03/26	Para comentários e aprovação
3	IMS	AGP	EAB	EAB	F	23/03/26	Liberado para construção





Número do Documento	AA-229-TY-0580-267-MA-0001
Revisão	3
<b>APR - APROVADO</b>	
Gabriela Vilela De Mattos - AngloGold Ashanti Brasil Mineracao Ltda	

Mar 25, 2026, 9:46 AM GMT-3:00

(A) PRELIMINAR	"Projeto aprovado para fins de execução, condicionado ao atendimento das normas aplicáveis. A aprovação não implica em verificação integral do controle técnico, permanecendo a responsabilidade técnica total pelo projeto com o profissional ou empresa responsável pela sua elaboração."	(I) CERTIFICADO
(B) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA COTAÇÃO	(J) CONFORME CONSTRUÍDO
(C) PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO	(F) CONFORME BOMBADEADO	(X) CANCELADO/SUBSTITUÍDO
(D) APROVADO	(G) LIBERADO PARA COMBR	





 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 3/87	

## ÍNDICE



<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ESCOPO DOS SERVIÇOS .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>PAPÉIS E RESPONSABILIDADES .....</b>	<b>7</b>
5.1	Identificação do Empreendedor .....	7
5.2	Equipe Técnica Responsável Pelo Relatório .....	10
5.3	Atribuições e Responsabilidades .....	11
<b>6</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA.....</b>	<b>14</b>
6.1	Localização e Acesso.....	14
6.2	Ficha Técnica .....	15
6.3	Histórico de Construção .....	19
6.4	Projeto de Descaracterização da Barragem Calcinados .....	23
<b>7</b>	<b>AUSCULTAÇÃO DA ESTRUTURA.....</b>	<b>24</b>
7.1	Locação e Cadastro da Instrumentação .....	24
7.2	Pluviometria.....	25
7.3	Nível d'água do reservatório .....	25
7.4	Torre de percolados .....	26
7.5	Vazão da drenagem interna .....	26
7.6	Controle de percolação e piezometria.....	26
7.7	Monitoramento de marcos superficiais.....	30
<b>8</b>	<b>MODOS DE FALHA .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>MONITORAMENTO E INDICADORES DE SUCESSO .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>PLANO DE MONITORAMENTO INSTRUMENTAL .....</b>	<b>37</b>
10.1	Níveis de Controle para o Nível d'água do reservatório .....	38
<b>10.2</b>	<b>Torre de percolados .....</b>	<b>38</b>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 3
		<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 4/87



<b>10.3</b>	<b>Vazão de drenagem interna.....</b>	<b>39</b>
<b>10.4</b>	<b>Níveis de Controle para a Instrumentação .....</b>	<b>42</b>
10.4.1	Piezômetros e Indicadores de Nível D'Água .....	43
10.4.2	Vibrações .....	52
10.4.3	Deslocamentos (Marcos Superficiais) .....	57
10.4.3.1	<i>Dique de Sela</i> .....	60
<b>10.5</b>	<b>Frequência das Leituras .....</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>PLANO DE INSPEÇÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>11.1</b>	<b>Níveis de Controle das Inspeções .....</b>	<b>64</b>
<b>11.2</b>	<b>Aspectos de Inspeção visual .....</b>	<b>65</b>
11.2.1	Acessos .....	65
11.2.2	Estrutura do barramento .....	66
11.2.3	Espaldar de jusante (taludes e bermas) .....	67
11.2.4	Drenagem Superficial .....	67
11.2.5	Sumps .....	68
11.2.6	Extravasador .....	68
11.2.7	Sistema de cobertura do reservatório.....	69
11.2.8	Instrumentação .....	69
11.2.9	Ações de Inspeção .....	69
<b>11.3</b>	<b>Frequência de Inspeção .....</b>	<b>71</b>
<b>12</b>	<b>PLANO DE AÇÃO DOS NÍVEIS .....</b>	<b>73</b>
<b>13</b>	<b>PLANO DE OPERAÇÃO DURANTE OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>13.1</b>	<b>Objetivo .....</b>	<b>74</b>
<b>13.2</b>	<b>Transporte e Deposição dos Rejeitos Filtrados.....</b>	<b>74</b>
<b>13.3</b>	<b>Gestão da Água .....</b>	<b>76</b>
<b>13.4</b>	<b>Proteção Ambiental.....</b>	<b>77</b>
<b>14</b>	<b>PLANO DE MANUTENÇÃO .....</b>	<b>78</b>
<b>14.1</b>	<b>Atividades de Manutenção Preventiva .....</b>	<b>78</b>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS  ENGENHARIA DETALHADA  GEOTECNIA  MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 5/87	

14.2	Atividades de Manutenção Corretiva .....	<b>80</b>
<b>15</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DO MANUAL DE MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>16</b>	<b>MONITORAMENTO DO PERÍODO DE OBRAS .....</b>	<b>81</b>
16.1	Avaliação da Formação de Trincas.....	<b>81</b>
16.2	Avaliação de Surgências .....	<b>82</b>
<b>17</b>	<b>DETECÇÃO E PROCEDIMENTOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....</b>	<b>84</b>
<b>18</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>84</b>
<b>19</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>20</b>	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>86</b>
<b>21</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 6/87	

## 1 INTRODUÇÃO

A **Tellus Company Engenharia Ltda (Tellus)** foi contratada pela **AngloGold Ashanti (AGA)** para elaborar o Manual de Monitoramento e Níveis de Controle da **Barragem Calcinados**, localizada na Unidade de Queiroz, no município de Nova Lima, Minas Gerais.

O presente documento apresenta a definição dos níveis de controle dos instrumentos implementados na estrutura, encarregados do monitoramento do comportamento atual da barragem. Destaca-se que a definição foi conduzida conforme a legislação vigente, em especial, a partir da **Lei n. 14.066, de 30 de setembro de 2020** e da **Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022**, além destes documentos também foi considerada as diretrizes apresentadas no guia **Desenvolvendo um Manual de Operação, Manutenção e Supervisão de Instalações de Rejeitos e Água** da The Mining Association of Canada (MAC), 2011.

A Barragem Calcinados foi concebida com o propósito de armazenar os rejeitos provenientes da exploração de ouro no Complexo Queiroz. Atualmente, a estrutura encontra-se e em processo de descaracterização, no qual ocorre a disposição de rejeito filtrado no reservatório e não recebe mais o aporte de rejeitos em polpa desde 2022.

Neste manual são apresentados os níveis de controle a serem adotados durante as obras de descaracterização. Após a conclusão das atividades relacionadas as obras, os procedimentos e níveis de controle devem ser reavaliados pelo engenheiro geotécnico responsável pela estrutura para atualização conforme manual de monitoramento emitido pelo projeto de descaracterização (AA-198-TY-0580-206-MA-0005).

## 2 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar o Manual de Monitoramento e Níveis de Controle da **Barragem Calcinados**, considerando a condição atual da estrutura. Aqui são apresentados os papéis e responsabilidades, os procedimentos de monitoramento e os níveis de controle dos instrumentos, fundamentais para segurança e bom desempenho da estrutura.

## 3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos de referência que foram utilizados para a elaboração deste Manual de Monitoramento e Níveis de Controle da Barragem Calcinados estão apresentados na Tabela 3.1





 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO	Nº AGA AA-229-TY-0580-267-MA-0001	Revisão: 3	
	Nº TELLUS TL24-0108-0107-GT-MA-0001	Folha 7/87	

Tabela 3.1 - Documentos de referência.

Nº	Documento (Código)	Empresa	Data
1	Relatório de Inspeção de Segurança Regular - RISR 02/2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0053)	Tellus	23/09/2025
2	As is - Adequação Barragem Calcinados (AA-461-TY-0580-267-RT-0001)	Tellus	28/05/2025
3	Dados de monitoramento da Barragem Calcinados obtido do sistema SHMS (Slope Health Monitoring System)	AGA	30/11/2025
4	Topobatimetria emitida em jul/2025 (2671-C011396-BA-REV-0)	Mirante	07/2025
7	Reporte mensal - Barragem Calcinados - novembro de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0050)	Tellus	17/11/2025

## 4 ESCOPO DOS SERVIÇOS

Este documento tem como objetivo apresentar o Manual de Monitoramento e Níveis de Controle da **Barragem Calcinados**, a partir dos seguintes itens de serviço, sem a eles se limitar:

- Programa de Monitoramento e Inspeção, contemplando cartas de níveis de controle a serem utilizadas como referência para a gestão da segurança da estrutura referente a condição atual da estrutura;
- Programa de Manutenção.

Nos próximos capítulos, serão apresentados os procedimentos a serem realizados e os itens de controle que serão utilizados para cada um desses serviços.

Este manual deverá ser revisto sempre que ocorrerem alterações de projeto, inclusive alteração de premissas e critérios de projeto, ou a critério do Responsável Técnico (RT) das estruturas de barragens.

## 5 PAPÉIS E RESPONSABILIDADES

### 5.1 Identificação do Empreendedor

O empreendedor responsável pelo Complexo Queiroz, incluindo a **Barragem Calcinados**, é a **AngloGold Ashanti**, apresentando-se, na **Tabela 5.1** as principais informações do empreendedor, representante legal e responsável técnico da estrutura em epígrafe.







 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 8/87	

Tabela 5.1 - Dados gerais do empreendedor, do empreendimento e representante legal.

Identificação do Empreendedor									
<b>Razão Social ou nome:</b>	AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A								
<b>Nome Fantasia:</b>	AngloGold Ashanti								
<b>CNPJ/CPF:</b>	18.565.382/0006-70								
<b>Endereço:</b>	Estrada Queiroz				<b>Nº/ Km:</b>		S/N		
<b>Complemento:</b>	Fazenda Rapaunha								
<b>Bairro/ localidade:</b>	Galo Novo								
<b>Município:</b>	Nova Lima	<b>UF:</b>	MG	<b>CEP:</b>	340.028-82		<b>Caixa Postal:</b>	-	
<b>Telefone:</b>	(31) 3589-2399			<b>E-mail:</b>			-		
Identificação do Empreendimento									
<b>Diretoria:</b>	Vice-presidência de Geotecnia e Implantação de Capital								
<b>Complexo:</b>	Queiroz								
<b>Mina:</b>	Unidade Queiroz								
<b>Nome da estrutura:</b>	Barragem Calcinados								
<b>CNPJ/CPF:</b>	18.565.382/0006-70								
<b>Finalidade da estrutura:</b>	Contenção de rejeitos								
<b>Tipo de Barragem:</b>	Heterogênea (Aterro Compactado e Rejeito)								
<b>Coordenadas (SIRGAS2000) - SIGBM</b>	-19°57'49.000"				-43°50'20.000"				
<b>Processo administrativo COPAM nº:</b>	Processo de licenciamento ambiental em revalidação, através do Processo nº: 00089/1985/050/2014 - REVLO								
<b>Endereço:</b>	Estrada Queiroz				<b>Nº/ Km:</b>		S/N		
<b>Bairro/ localidade:</b>	Galo Novo								
<b>Município:</b>	Nova Lima	<b>UF:</b>	MG	<b>CEP:</b>	34.002-882		<b>Caixa Postal:</b>	-	
<b>Telefone:</b>	(31) 3589 2731			<b>E-mail:</b>			-		
Endereço para Envio de Correspondência									
<b>Destinatário:</b>	AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A								
<b>Vínculo com a empresa:</b>	-								
<b>Endereço:</b>	Estrada Queiroz				<b>Nº/ Km:</b>		S/N		



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 3
		<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 9/87



Identificação do Empreendedor			
<b>Bairro/ localidade:</b>	Galo Novo	<b>Complemento:</b>	Fazenda Rapauha
Identificação do Representante Legal do Empreendimento			
<b>Nome:</b>	Luis Otávio Konflanz de Lima		
<b>CPF</b>	939.253.360-87	<b>Função:</b>	Diretor Presidente
<b>Telefone:</b>	(31) 98449-6833	<b>E-mail:</b>	lklima@aga.gold
Identificação do Auditor			
<b>Nome:</b>	Elder Beirigo	<b>Formação:</b>	Engenheiro Civil
<b>CPF:</b>	041.936.716-07	<b>CREA:</b>	CREA - MG 94.546/D
<b>Telefone:</b>	(31) 98587-8630	<b>E-mail:</b>	ebeirigo@telluscompany.com.br

Na **Tabela 5.2** são apresentadas as informações sobre a estrutura organizacional associada à segurança da **Barragem Calcinados**, que contemplam o gerenciamento, a manutenção, o monitoramento e a inspeção, incluindo também a designação dos responsáveis por cada atividade relacionada à estrutura.

Tabela 5.2 - Informações sobre a Estrutura Organizacional (AGA, 2024).

Diretoria					
Nome	Empresa	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail
Cristiano Santana de Souza	AGA	Vice-presidente de Geotecnia e Implantação de Capital	Gestão Corporativa de Geotecnia e Implantação de Capital	121241D/MG	casouza@anglogoldashanti.com
Geotecnia Operacional					
Nome	Empresa	Cargo	Responsabilidades	CREA	E-mail
Bernardo Beteli Silva Zanon	AGA	Diretor de Geotecnia Operacional	Gestão Corporativa de Geotecnia Operacional	130692D/MG	bbzanon@aga.gold
Victor Lisboa Silveira	AGA	Superintendente de Geotecnia Operacional	PSB, Inspeção, Monitoramento, Manutenção e Operação	MG 141054172-0	vlsilveira@aga.gold
Thiago Filgueiras Biermann	AGA	Superintendente de PAEBM	Coordenação do PAEBM	-	tfbierman@aga.gold
Diogo Figueira	AGA	Engenheiro de planejamento	Coordenador PAEBM	386632/MG	dcfigueira@aga.gold
Herbert de Assis Castro Filho	AGA	Superintendente de Geotecnia	Centro de monitoramento Geotécnico (CMG)	113624D/MG	hacastro@aga.gold



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 10/87	

Igor Leonardo Affonso	AGA	Superintendente de Geotecnia	Operação e Manutenção	RNP 040949609-0	ilaffonso@aga.gold
Jefferson Dabbyã Marques da Silva	AGA	Engenheiro de Planejamento e Manutenção do Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG)	Manutenção da instrumentação automatizada	411802/MG	jdsilva@aga.gold
Gabriela Vilela de Mattos	AGA	Engenheiro Geotécnico de Inspeção e Monitoramento	Inspeção e Monitoramento	245103D/MG	gvmattos@aga.gold
Manuel Moreira dos Santos Ramos	AGA	Engenheiro Geotécnico Sênior	Coordenador de Operação e Manutenção	141913926-6	mmramos@aga.gold
Luiz Guilherme Pinheiro	AGA	Engenheiro Civil	Operação e Manutenção de Campo	371912MG	lpgonzaga@aga.gold
<b>Implantação</b>					
<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>CREA</b>	<b>E-mail</b>
André Garcia Souza	AGA	Diretor de Implantação	Operação e Manutenção de Barragem	SP5069531929D/MG	agsouza@aga.gold
Aline Barbosa de Souza	AGA	Engenheiro de Implantação	Operação e Manutenção	MG 142015655-1	absouza@aga.gold
<b>Projetos</b>					
<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>CREA</b>	<b>E-mail</b>
Pedro Spyer Prates	AGA	Gerente de Engenharia	Gestão de Projetos industriais e geotécnicos	MG 140875160-7	psprates@aga.gold
Lorena Pereira	AGA	Engenheiro Geotécnico de Projetos	Projetos de Geotecnia	MG 141845295-5	lopereira@aga.gold



## 5.2 Equipe Técnica Responsável Pelo Relatório

A ficha técnica da **Tellus Company**, assim como a lista da Equipe Chave de profissionais responsáveis pela elaboração deste documento, encontra-se detalhada na **Tabela 5.3**.

Tabela 5.3 - Ficha técnica da equipe da Tellus envolvida no projeto.

<b>EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO</b>	
<b>Razão Social:</b>	TELLUS COMPANY ENGENHARIA LTDA
<b>CNPJ:</b>	10.283.103/0001-77
<b>Endereço:</b>	Av. Barão Homem de Melo, nº 4554, 2º andar, Bairro Estoril, CEP 30.494-270 - Belo Horizonte/MG



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 11/87	

<b>Telefone:</b>	(31) 9.8355 2903			
<b>Site:</b>	www.telluscompany.com.br			
<b>Diretores:</b>	Elder Beirigo / Germano Araújo			
<b>EQUIPE TÉCNICA</b>				
<b>Nome</b>	<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>CREA</b>	<b>E-mail</b>
Elder Beirigo	Engenheiro Geotécnico	Diretoria	CREA - MG 94.546/D	ebeirigo@telluscompany.com.br
André Lins	Engenheiro Geotécnico	Coordenação técnica de geotecnia	CREA-MG 70353/D	alins@telluscompany.com.br
Ana Pires	Engenheiro Geotécnico	Estudos Geotécnicos / Elaboração	200234D	apires@telluscompany.com.br
Isabela Souza	Engenheiro Geotécnico	Estudos Geotécnicos / Elaboração	29468/D-DF	isouza@telluscompany.com.br
Luis Felipe Soares	Engenheiro Geotécnico	Estudos Geotécnicos / Elaboração	-	Isoares@telluscompany.com.br

### 5.3 Atribuições e Responsabilidades

Os principais processos considerados para o gerenciamento da **Barragem Calcinados**, no que se refere ao monitoramento e manutenção, com suas atribuições e responsabilidades estão apresentados na **Figura 5.1** e **Tabela 5.4**.

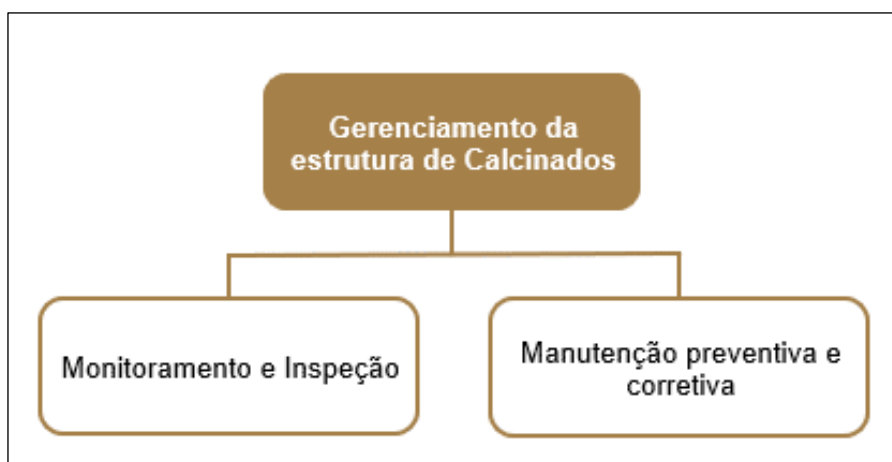


Figura 5.1 - Organograma para Gerenciamento das Atividades de Monitoramento, Inspeção e Manutenção para as estruturas da Barragem Calcinados.







 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 3	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 12/87	

Tabela 5.4 - Equipe Interna de responsabilidades para manutenção, operação e monitoramento da Barragem Calcinados.

<b>ENTIDADES INTERNAS DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES</b>		
Geotecnia Operacional	Titular: Victor Lisboa Silveira	(21) 99694-9924
	Suplente: Gabriela Vilela de Mattos	(31) 99907 9241
Centro de Monitoramento Geotécnico	Titular: Herbert de Assis Castro Filho	(21) 99701-9266
	Suplente: Jefferson Dabbyã Marques da Silva	(31) 99653-7658
	Emergência CMG	(31) 3589-2111
	Operador CMG	(31) 3589-2179 (31) 97236-9909
Operação e Manutenção de Barragens	Titular: Igor Leonardo Affonso	(21) 96737-9008
	Suplente 1: Manuel Moreira dos Santos Ramos	(31) 99194-5779
	Suplente 2: Luiz Guilherme Pinheiro Gonzaga	

A seguir estão descritas as principais responsabilidades da equipe de manutenção, operação e do Centro de Monitoramento Geotécnico de forma a garantir a segurança da estrutura e a transparência das informações para os órgãos competentes.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 13/87	



## OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

- Realizar inspeções na estrutura;
- Coordenar outras áreas/empresas terceiras que atuam em obras na área da barragem e que poderão atuar em uma situação de emergência;
- Avaliar, definir e orientar ações mitigatórias;
- Contatar responsável técnico pelo projeto e obra e Engenheiro de Registro EdR, para apoio nas definições de ações corretivas;
- Dar ciência ao empreendedor sobre o andamento das ações corretivas.

## CENTRO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO - CMG

- Garantir o efetivo monitoramento da estrutura através do acompanhamento da leitura dos instrumentos automatizados e acompanhamento das câmeras de vídeo monitoramento, 24 horas / 7 dias por semana;
- Acionar Sistema de Alerta mediante autorização do Coordenador do PAEBM, após classificação de anomalia em NE-2. Caso seja identificada, através do sistema de câmeras e/ou sistema de monitoramento, uma ruptura IMINENTE, o CMG deverá acionar imediatamente o Sistema de Alerta para evacuação imediata da ZAS;
- Realizar o acionamento do Coordenador do PAEBM e o geotécnico responsável pela barragem de forma imediata, a partir do sistema de monitoramento, frente a identificação de qualquer anomalia que possa resultar na baixa de desempenho estrutural da barragem, de forma a trazer tempestividade nas comunicações e na evacuação interna e externa;
- Assegurar, através do monitoramento da instrumentação, o controle da evolução das poro-pressões, das deformações superficiais e subsuperficiais e de eventuais aumentos ou reduções nas vazões, acompanhando as evoluções temporais e conseqüentemente, suportando na predição de eventuais mudanças relacionadas à performance da estrutura.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 14/87	

## INSPEÇÃO E MONITORAMENTO

- Realizar inspeções na estrutura;
- Ter ciência sobre o andamento das ações corretivas;
- Garantir que as inspeções sejam realizadas, pelo menos, de acordo com a frequência mínima requerida;
- Enviar para a ANM, via SIGBM, documentos relacionados a situação de emergência, conforme legislação vigente.

Cabe ressaltar que todos os profissionais que acessarem a barragem deverão passar pelo treinamento de Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (**PAEBM**), inclusive os empreiteiros e fornecedores. Além disso, todos os profissionais que executam trabalho de rotina na estrutura, têm a responsabilidade de verificar e se conscientizar das indicações visuais de desempenho da instalação.

Ainda, os níveis de controle da turbidez da saída de água da barragem devem atender aos requisitos estabelecidos nas normas reguladoras referentes à qualidade das águas.

## 6 INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA

### 6.1 Localização e Acesso

A **Barragem Calcinados** está localizada no município de Nova Lima, na região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, na porção norte do Quadrilátero Ferrífero. A região do empreendimento está situada em torno das coordenadas UTM fuso 23 K 621.480 m E 7.792.120 m S, no Datum SIRGAS2000.

O acesso à barragem a partir de Belo Horizonte deverá ser feito através da (MG-030), no sentido Nova Lima, percorrendo, aproximadamente, 21 km até a rodovia (MG-150). Continuando na MG-150 por cerca de 10 km, chega-se ao Complexo Queiroz, onde está localizada a **Barragem Calcinados**, passando pelo município de Nova Lima. A **Figura 6.1** mostra a localização da estrutura em relação à cidade de Belo Horizonte (MG).





 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 15/87	



Figura 6.1 - Localização da Barragem Calcinados.



## 6.2 Ficha Técnica

A Barragem Calcinados iniciou suas atividades no ano de 1986 com a finalidade de armazenamento de rejeitos calcinados e ciclizados provenientes da Planta do Queiroz. A barragem foi idealizada para funcionar em circuito fechado, ou seja, toda a água resultante de percolação pelo maciço é coletada e bombeada novamente para o seu reservatório.

Até o presente momento foram executados seis alteamentos, fazendo com que a crista atinja a elevação de projeto em 863,0 m. Os quatro primeiros alteamentos, até a El. 846,0 m foram executados pelo método de linha de centro, a partir desta cota, foi executado o método de alteamento para jusante até a El. 860,0 m.

Em 2017, junto ao alteamento do barramento principal, para a El. 863,0 m também foi construído um dique para



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 16/87	



fechamento da sela topográfica entre os reservatórios da Barragem Calcinados e da Barragem Rapaunha.

As principais características da estrutura são apresentadas na **Tabela 6.1** são apresentadas as características gerais da estrutura, baseadas na documentação disponibilizada.

Tabela 6.1 - Características técnicas da Barragem Calcinados.



DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA		
ID SIGIBAR: 495		
ID SIGBM: 8641		
Barragem Calcinados - Complexo Queiroz		
LOCALIZAÇÃO		
Município: Nova Lima - MG		
Coordenadas: -19°57'49.00S / -43°50'20.00W - Datum SIRGAS 2000 (SIGBM)		
DADOS GERAIS		REFERÊNCIA
Finalidade do barramento	Armazenamento de rejeitos calcinados	PSB - ANM - Vol. I - Tomo 1 - Info. Gerais
Ano de início da implantação	1985	
Ano de início de operação	1986	
Ano de término da operação	Finalização da disposição de rejeito em polpa em 2022	
Ano de descaracterização da barragem	Em andamento	
Situação de operação atual da barragem	Em descaracterização	
Volume atual do reservatório (m³)	4.519.847,54	
Capacidade total do reservatório (m³)	4.979.374,00	
Área do reservatório (m²)	190.690,20	
Elevação (m) do terreno natural no ponto mais baixo do barramento	El. 806,00	
Altura atual da barragem (m)	57,00	
Altura final prevista no projeto para a barragem (m)	57,00 (processo de alteamentos finalizado)	
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	6 alteamentos: 3 alteamentos - linha de centro 3 alteamentos - a jusante	



		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 17/87	



DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA		
Alteamentos previstos	Processo de alteamentos finalizado. Não há previsão de alteamentos futuros.	
Curso d'água interceptado	Sim. Total. Córrego Mina D'água.	
Classificação de categoria de risco - CRI (ANM)	Baixa	AA-314-TY-0580-267-RT-0053 RISR 02/2025
Dano potencial associado - DPA (ANM)	Alto	
Gestão operacional (ANM)	A	
Classificação Química do Rejeito	Classe I - Perigoso	RT2100009-0 Relatório Técnico de Classificação de Resíduos Sólidos ABNT NBR 10.004: 2004
Elevação da Crista (m)	El. 863,00	AA-461-TY-0580-267-RT-0001 Projeto As Is/2025
Comprimento da Crista (m)	315,00	
Largura da Crista (m)	~4,00	
Tipo de Seção	Heterogênea - Aterro compactado e Rejeito	
Tipo de Fundação	Solo residual / Saprolito / Xisto	
Projetista	1985 (Geotécnica - MMV) - Projeto Executivo da Barragem Calcinados	
	2017 (CMEC) - Projeto Executivo do Vertedouro	
	2020 (Walm) - Projeto detalhado da Berma de Equilíbrio	
	2020 (Walm) - Projeto As Built da Berma de Equilíbrio	
	2022 (Walm) - Projeto de descaracterização	
	2022 (Walm) - Projeto As Is	
	2024 (Tellus) - Projeto de descaracterização	
	2025 (Tellus) - Projeto As Is	
Inclinação talude de Jusante	Variável (1,0V:2,0/2,5H)	
Inclinação talude de Montante	Variável (1,0V:2,0/2,5H)	
Número de bermas a Jusante	04 bermas	
Largura da berma a Jusante (m)	3	
Drenagem Interna	Drenos de fundo e drenos laterais que descarregam em poço com bomba e são bombeados para a ETE	
	Não possui filtro vertical.	
Drenagem Superficial	Canaletas de berma de seção transversal meia-cana de concreto pré-moldado com diâmetro 0,60 m. Canaleta de berma no dique de sela de seção transversal meia-cana de concreto pré-moldado com diâmetro 0,60 m.	AA-461-TY-0580-267-RT-0001



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 3
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 18/87

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA															
	<p>Canal periférico (ombreira direita) - parte com geometria trapezoidal em pedra argamassada e uma parte com geometria do tipo meia cana em concreto com diâmetro de 0,60 m.</p> <p>Canal periférico (ombreira esquerda) - parte com geometria trapezoidal em pedra argamassada e um trecho com geometria retangular em concreto.</p>														
Sistema Extravasor	<p>O sistema extravasor consiste em um canal de aproximação com geometria variável e revestimento em geomembrana, conduzindo para um emboque na cota 859,70 m com geometria mista (trecho trapezoidal seguido de galeria retangular de 2,0 x 2,5 m em concreto). O trecho rápido possui calha lisa, seção retangular (2,0 x 2,0 m), cerca de 20 m de comprimento e 26% de declividade. A dissipação de energia ocorre em bacia com 2,6 m de largura, 2,0 m de altura e 5,0 m de comprimento, com blocos de impacto de 0,50 m de altura e espaçamento de 0,25 m. O canal de restituição é trapezoidal em pedra argamassada (base de 3,0 m, altura de 0,25 m e taludes 1,5H:1V), com blocos D50 = 0,25 m e espessura de 0,50 m. O desemboque final é no reservatório de Rapauha.</p>	AA-461-TY-0580-267-RT-0001													
Instrumentação existente	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>21 Piezômetros</td></tr> <tr><td>10 Indicadores de nível d'água</td></tr> <tr><td>01 Piezômetro ambiental</td></tr> <tr><td>24 Marcos superficiais</td></tr> <tr><td>07 Marcos de referência</td></tr> <tr><td>01 Medidor de vazão automatizado</td></tr> <tr><td>03 Sensores de nível d'água do reservatório automatizados</td></tr> <tr><td>09 Tiltímetros</td></tr> <tr><td>02 Estações meteorológicas (01 manual e 01 automatizada)</td></tr> <tr><td>01 Pluviômetro</td></tr> <tr><td>01 Régua do reservatório</td></tr> <tr><td>04 Sismógrafos</td></tr> <tr><td>Câmeras de videomonitoramento 24h (crista, talude de jusante e emboque do extravasor), InSAR, Georadar e ETR.</td></tr> </table>	21 Piezômetros	10 Indicadores de nível d'água	01 Piezômetro ambiental	24 Marcos superficiais	07 Marcos de referência	01 Medidor de vazão automatizado	03 Sensores de nível d'água do reservatório automatizados	09 Tiltímetros	02 Estações meteorológicas (01 manual e 01 automatizada)	01 Pluviômetro	01 Régua do reservatório	04 Sismógrafos	Câmeras de videomonitoramento 24h (crista, talude de jusante e emboque do extravasor), InSAR, Georadar e ETR.	AA-314-TY-0580-267-RT-0046_0 Report Mensal - Julho/2025  PSB - Vol III - Registros e Controle
21 Piezômetros															
10 Indicadores de nível d'água															
01 Piezômetro ambiental															
24 Marcos superficiais															
07 Marcos de referência															
01 Medidor de vazão automatizado															
03 Sensores de nível d'água do reservatório automatizados															
09 Tiltímetros															
02 Estações meteorológicas (01 manual e 01 automatizada)															
01 Pluviômetro															
01 Régua do reservatório															
04 Sismógrafos															
Câmeras de videomonitoramento 24h (crista, talude de jusante e emboque do extravasor), InSAR, Georadar e ETR.															
HIDROLOGIA/HIDRÁULICA		REFERÊNCIA													
Área da Bacia de Contribuição (km <sup>2</sup> )	0,38	AA-314-TY-0580-267-RT-0053 RISR 02/2025													
Vazão Máxima Afluente - PMP (m <sup>3</sup> /s)	12,80														
Vazão Máxima Defluente - PMP (m <sup>3</sup> /s)	4,11														
Elevação da Soleira do Extravasor (m)	859,70														





 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	MANUAL DE MONITORAMENTO	
BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO		Nº AGA AA-229-TY-0580-267-MA-0001	Revisão: 3
		Nº TELLUS TL24-0108-0107-GT-MA-0001	Folha 19/87

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA		
NA Máximo Maximorum - PMP (m)	861,08	
Borda Livre Remanescente (m)	1,92	
DIQUE DE SELA		REFERÊNCIA
Elevação da crista (m)	863	AA-314-TY-0580-267-RT-0053 RISR 02/2025
Largura da crista (m)	5	
Comprimento atual da crista (m)	~61,00	
Cota do pé do dique (m)	854	
Altura máxima (m)	5	
Inclinação talude de Jusante	1,0V:2,0H	
Inclinação talude de Montante	1,0V:2,0H	
BERMA DE EQUILÍBRIO		REFERÊNCIA
Fundação	Tratamento de fundação por agulhamento com blocos de rocha e matacões	AA-461-TY-0580-267-RT-0001 Projeto As Is/2025
Maciço	Aterro compactado e homogêneo - estéril granular	
Drenagem interna	Porção central: Tapete drenante do tipo sanduíche (0,30 m de areia + 0,30 m de brita 0 ou pedrisco + 0,30 m de brita 1 - seção drenante + 0,30 m de brita 0 ou pedrisco + 0,30 m de areia)	

### 6.3 Histórico de Construção

De acordo com o Relatório *As Is* (AA-173-WA-0598-267-RT-00), elaborado pela WALM em 2020, revisado em 2022 (AA-287-WA-0580-267-RT-0001\_rev.02) e atualizado pela Tellus em 2025 (AA-461-TY-0580-267-RT-0001), a **Barragem Calcinados** foi construída em 1986 para receber rejeitos calcinados processados na Planta do Queiroz. Os alteamentos foram realizados utilizando o rejeito ciclonado (*underflow*) até atingir a cota 860,0 m e, posteriormente, com solo compactado, oriundo de área de empréstimo, até atingir a cota atual (863,0 m).



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>
		<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 20/87

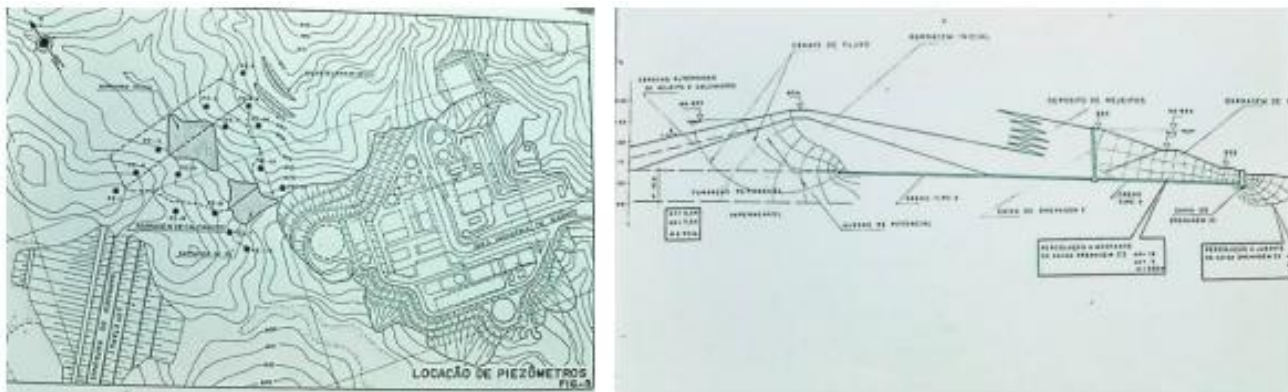


Figura 6.2 - Arranjo geométrico do maciço e seus alteamentos (Elcio Barbosa) (AGA, 2024).



O sistema de drenagem interna da barragem é composto apenas por drenos de fundo em várias seções típicas, funcionando como *finger drains*, coletando as vazões das ombreiras para a seção central. Em situação de operação normal, o nível de água no reservatório é operado por sistema de bombeamento para recirculação deste para a planta de beneficiamento do minério, utilizando-se o sistema extravasor de emergência apenas em casos de eventos extremos de precipitação.



Figura 6.3 - Construção do sistema de dreno de fundo (Elcio Barbosa) (AGA, 2024).

Ao longo dos anos, foram realizadas várias campanhas de investigações geotécnicas, contemplando ensaios de campo e laboratório. Em 2023, foi realizada uma nova campanha de investigação geológico-geotécnica, proposta




 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS  ENGENHARIA DETALHADA  GEOTECNIA  MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 3</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 21/87	

pela projetista responsável pela descaracterização da estrutura. Adicionalmente, foi realizada campanha complementar, proposta pelo EoR, contemplando sondagens e ensaios, realizados entre o final de 2023 e início de 2024.

Destaca-se que o detalhamento histórico dos projetos e estudos foi apresentado no Relatório do Histórico da Estrutura (AA-314-TY-0580-206-RT-0101), emitido em junho de 2023. Ressalta-se que, após emissão do referido documento, foram realizadas novas campanhas de investigação a fim de complementar o conhecimento sobre a estrutura. A cronologia dos estudos e/ou projetos desenvolvidos para a estrutura é apresentada na **Figura 6.4**.



		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 22/87

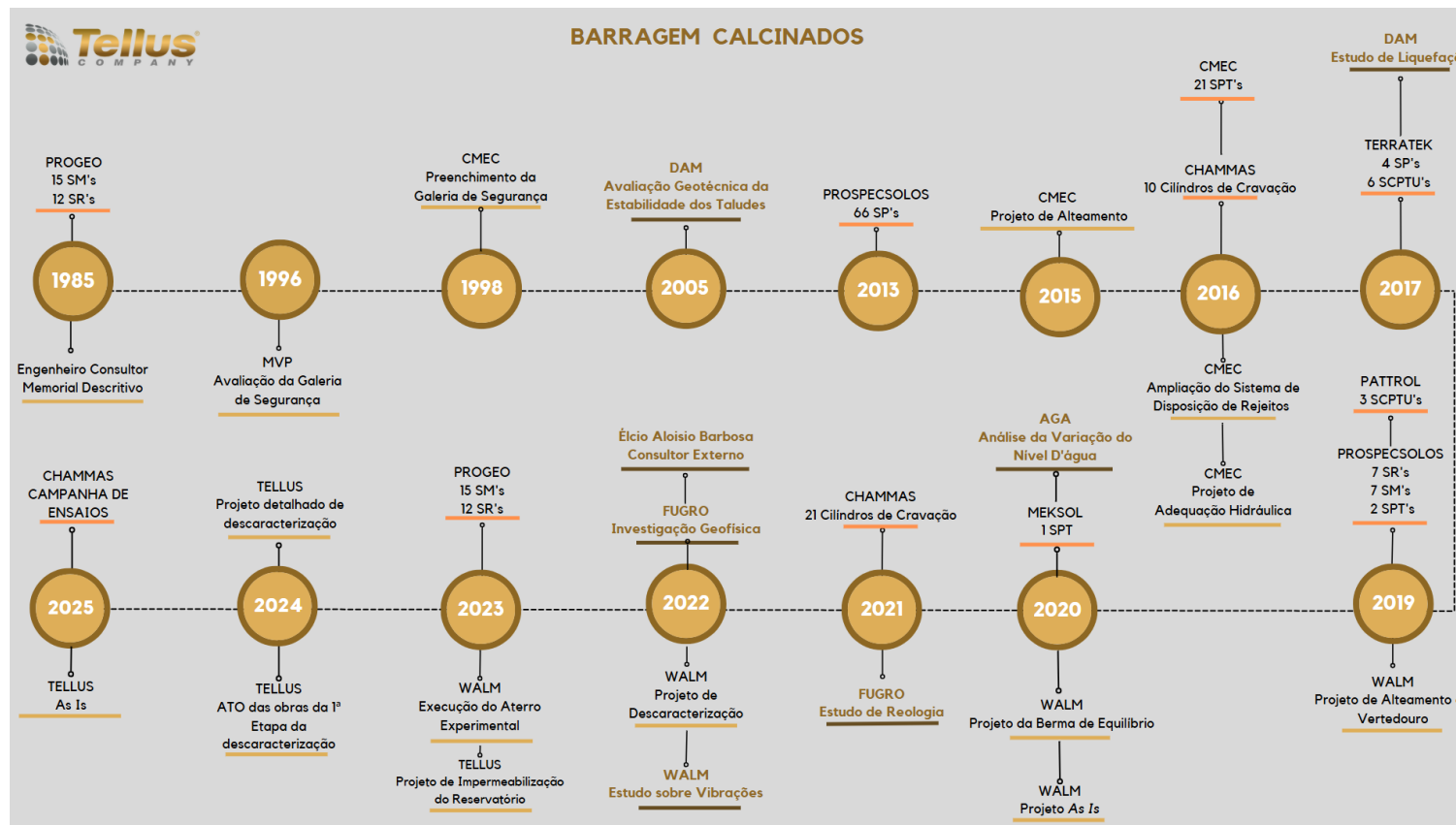




Figura 6.4 - Linha do tempo dos projetos, estudos e campanhas de sondagens da estrutura.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 23/87	

#### 6.4 Projeto de Descaracterização da Barragem Calcinados



O Projeto de Descaracterização da **Barragem Calcinados** desenvolvido pela Tellus, envolve o fechamento do reservatório a partir da regularização com rejeitos filtrados com declividades de 0,7%, direcionando os escoamentos superficiais para canais periféricos a serem implantados no entorno do reservatório e um reforço no pé da estrutura após a desativação da torre de percolados que irá elevar a cota de extravasamento da drenagem interna de 806,5 m (bombeamento atual) para 808,76 m, conforme detalhes apresentados no relatório técnico de número AA-198-TY-0580-206-RT-0003.

As obras de fechamento do reservatório da **Barragem Calcinados** para conferir a inclinação necessária para o correto direcionamento do percolado para os canais periféricos foram previstas para serem executadas em seis etapas denominadas 1A, 2A, 2B, 3, 4, 5 e 6, conferindo a redução dos riscos e a estabilização física e química a longo prazo da estrutura. Este processo permite o controle de uma área menor com rejeitos expostos e mantém as demais áreas impermeabilizadas evitando sobrecarga da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e contribui para a boa gestão das águas no projeto, conforme detalhes construtivos apresentados no Relatório descritivo do Plano de Chuvas, documento de número AA-198-TY-0580-206-RT-0008.

O sequenciamento das operações considera tanto o período de seca quanto o período chuvoso, assegurando o direcionamento apropriado da água limpa (sem contato com rejeitos) para o reservatório da Barragem Rapaunha e da água contaminada para o *sump* com bombeamento para o Dique de Balsa e seu posterior tratamento na ETE (Estação de Tratamento de Efluentes). A sequência também considera a construção de acessos operacionais no interior do reservatório e o controle de erosão dos taludes expostos à medida que eles foram sendo formados durante as etapas com a disposição dos rejeitos filtrados para o fechamento da área. Essa proteção deverá ser realizada através do cobrindo com uma camada de laterita ou material semelhante que proporcione proteção contra erosão do material e impeça a contaminação do escoamento pluvial para região de água limpa, até que seja atingida a cota final de fechamento. Para isso foram previstas obras de drenagem superficial, tanto provisórias quanto permanentes, para garantir a eficácia do processo.

Após finalizada a etapa de fechamento, deverá ser executado o reforço previsto no pé da estrutura para possibilitar a desativação da torre de percolados, redirecionando seu efluente para o novo *sump* impermeabilizado, a ser construído a jusante da barragem, com bombeamento do efluente armazenado neste, para a estação de tratamento d'água. Adicionalmente, mesmo que tenha sido feita a avaliação da estrutura quanto as novas solicitações de carga resultantes da abertura da torre, mostrando que a estrutura atende satisfatoriamente aos fatores de segurança exigidos para concreto sem apresentar patologias, conforme



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 24/87	

apresentado no Relatório Técnico de Verificação da Abertura da Torre de percolados, documento de número AA-198-TY-0580-267-RT-0009 o projeto prevê o preenchimento da torre com brita para maior segurança quanto a colapso, além da inserção de uma tubulação perfurada com diâmetro suficiente para implantação de um sistema de bombeamento no interior da torre garantindo uma estrutura backup em caso de necessidade de bombeamento.

É considerado um volume de regularização do reservatório de aproximadamente 495.000 m<sup>3</sup> com rejeitos filtrados esteirados, desde que este controle seja verificado e aprovado após a 1ª etapa do Projeto de Descaracterização da Barragem Calcinados garantindo o correto direcionamento da drenagem, conforme detalhado na Nota Técnica número AA-198-TY-0580-267-NT-0001. O arranjo geral do projeto executivo e os estudos desenvolvidos estão apresentados de forma detalhada no relatório técnico de número AA-198-TY-0580-206-RT-0003, assim como a lista de documentos completa do projeto em questão.



## **7 AUSCULTAÇÃO DA ESTRUTURA**

### **7.1 Locação e Cadastro da Instrumentação**

A instrumentação da **Barragem Calcinados** é composta atualmente pelos seguintes instrumentos:

- A instrumentação atual da estrutura compreende:
- 19 piezômetros no barramento;
- 02 piezômetros no dique de sela;
- 10 indicadores de nível d'água no barramento;
- 01 piezômetro ambiental no barramento;
- 07 marcos topográficos de referência;
- 24 marcos superficiais;
- 07 tiltímetros no barramento;
- 02 tiltímetros de integridade;
- 01 medidor de vazão;
- 01 sensores de nível d'água no reservatório (Lago 2)
- 01 sensor de nível d'água na torre de percolados.
- 04 sismógrafos;



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 25/87	

Como um complemento, a barragem é também submetida ao monitoramento por meio de InSAR e GeoRadar. Nos tópicos seguintes são apresentados os dados cadastrais da instrumentação existente na **Barragem Calcinados**.

## 7.2 Pluviometria

A Planta do Queiroz conta com um pluviômetro e duas estações meteorológicas, sendo uma manual, que está ativa desde 01/01/2017, e uma automatizada, que foi instalada em 30/06/2023. Atualmente, são realizadas as leituras de ambas as estações, sendo as coordenadas destas apresentadas na **Tabela 7.1**.

Tabela 7.1 - Dados cadastrais - Estações pluviométricas e Pluviômetro.

INSTRUMENTO	COORDENADAS (m) <sup>(1)</sup>		COTA (m)	TIPO DE LEITURA
	NORTE	ESTE		
MET_MANUAL_QZ	7.792.108,72	621.340,79	866,76	Manual
CAL_MET	7.792.108,00	621.339,00	-	Automatizado

Nota: <sup>(1)</sup> Coordenadas UTM em Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23, Zona K

## 7.3 Nível d'água do reservatório



A **Barragem Calcinados** está equipada com uma régua, que é utilizada para o monitoramento do nível d'água tanto do reservatório da barragem quanto do Dique de Sela. A régua está instalada no Lago 2 e seus dados cadastrais são apresentados na **Tabela 7.2**.

Tabela 7.2 - Dados cadastrais - Régua do reservatório.

INSTRUMENTO	COORDENADAS (m) <sup>(1)</sup>		TIPO DE COLETA
	NORTE	ESTE	
CAL-RR-LAGO2	7.792.417,91	621.622,51	Automática

**Nota:**  
<sup>(1)</sup> Coordenadas UTM em Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23, Zona K;



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 26/87	

#### 7.4 Torre de percolados

A Barragem Calcinados possui uma torre de percolados de maneira prevenir que as águas contaminadas provenientes do rejeito, classificado como perigoso (Classe I), sejam liberadas para jusante. Dessa forma, as vazões da drenagem interna coletadas na torre de percolados são bombeadas de volta para o reservatório em circuito fechado. A Tabela 7.3 apresenta a localização do sensor de nível d'água torre.

Tabela 7.3 - Locação do sensor de nível d'água torre de percolados.

INSTRUMENTO	COORDENADAS (m) <sup>(1)</sup>		TIPO DE COLETA
	NORTE	ESTE	
CAL-RRA-TORREPERCOLADOS	7.791.984,49	621.585,83	AUTOMÁTICA
Nota: <sup>(1)</sup> Coordenadas UTM em Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23, Zona K;			

#### 7.5 Vazão da drenagem interna

A **Barragem Calcinados** possui um medidor de vazão para monitoramento das vazões percoladas pelo maciço, do tipo *flow meter*, localizado na tubulação de bombeamento do efluente da torre de percolados, com localização indicada na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Dados cadastrais - Dispositivo para medição da vazão de drenagem interna.



INSTRUMENTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS (m) <sup>(1)</sup>		COTA (m)	TIPO DE LEITURA
		Este	Norte		
CAL-MVA-01	Medidor de Vazão (flow meter)	621.642,087	7.792.344,620	871,812	Automatizado
Nota: <sup>(1)</sup> Coordenadas UTM em Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23, Zona K					

#### 7.6 Controle de percolação e piezometria

A estrutura da **Barragem Calcinados** possui 32 instrumentos de monitoramento em operação, sendo 21 piezômetros (5 manuais e 16 automatizados), 1 piezômetro ambiental e 10 indicadores de nível d'água (INA).

Na **Figura 7.1** tem-se o mapa de localização de localização dos piezômetros e indicadores de nível d'água da **Barragem Calcinados**. A **Tabela 7.5** lista os instrumentos existentes para o controle da piezometria, juntamente com dados de coordenadas, cotas, entre outras informações.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 27/87	

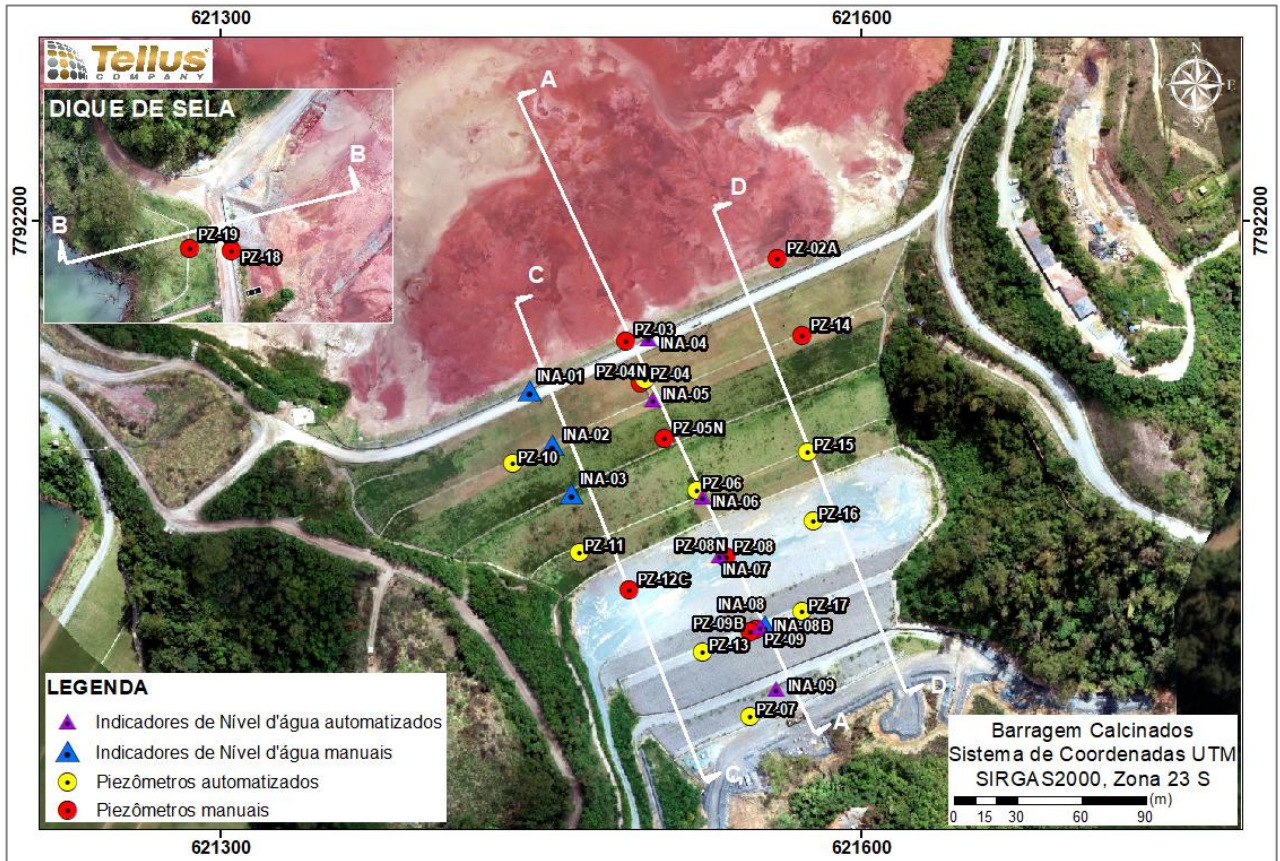


Figura 7.1 - Mapa de localização dos piezômetros e indicadores de nível d'água.



MANUAL DE MONITORAMENTO

BARRAGEM CALCINADOS  
ENGENHARIA DETALHADA  
GEOTECNIA  
MANUAL DE MONITORAMENTO

Nº AGA  
AA-229-TY-0580-267-MA-0001

Revisão: 4

Nº TELLUS  
TL24-0108-0107-GT-MA-0001

Folha  
28/87

Tabela 7.5 - Instrumentos para controle da piezometria - Barragem Calcinados.

ID	Instrumento	Dados	Seção	COORDENADAS (M)		COTA DE TOPO (M)	PROFUNDIDADE (M)	COTA DE FUNDO (M)
				UTM SIRGAS 2000 23K			Calculado	
				Leste "E"	Norte "N"			
Projeto								
CAL-PZ-02A	Piezômetro	Manual	D-D'	621.561,01	7.792.182,35	862,07	23,76	838,31
CAL-PZ-03	Piezômetro	Manual	A-A'	621.489,73	7.792.144,02	861,68	43,18	818,5
CAL-PZ-04	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.498,77	7.792.125,84	857,92	37,96	819,96
CAL-PZ-04N	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.496,60	7.792.124,49	857,65	40,38	817,27
CAL-PZ-05N	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.496,60	7.792.124,49	846,09	49,14	796,95
CAL-PZ-06	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.523,12	7.792.074,10	836,02	25,72	810,3
CAL-PZ-07	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.548,27	7.791.968,31	811,22	6,99	804,23
CAL-PZ-08	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.536,23	7.792.042,61	830,53	30,81	799,72
CAL-PZ-08N	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.537,15	7.792.043,04	830,52	23,7	806,82
CAL-PZ-09	Piezômetro	Manual	A-A'	621.550,82	7.792.008,93	825,78	21,21	804,57
CAL-PZ-09B	Piezômetro	Automatizado	A-A'	621.548,27	7.792.007,97	825,69	21,82	803,87
CAL-PZ-10	Piezômetro	Automatizado	C-C'	621.436,66	7.792.086,65	853,47	39,07	814,4
CAL-PZ-11	Piezômetro	Automatizado	C-C'	621.468,07	7.792.045,05	834,49	21,01	813,48
CAL-PZ-12C	Piezômetro	Automatizado	C-C'	621.491,63	7.792.027,43	830,19	31,98	798,21
CAL-PZ-13	Piezômetro	Automatizado	C-C'	621.526,02	7.791.998,43	825,73	17,59	808,14
CAL-PZ-14	Piezômetro	Automatizado	D-D'	621.572,53	7.792.146,38	853,26	33,3	819,96





MANUAL DE MONITORAMENTO

BARRAGEM CALCINADOS  
ENGENHARIA DETALHADA  
GEOTECNIA  
MANUAL DE MONITORAMENTO

Nº AGA  
AA-229-TY-0580-267-MA-0001



Revisão: 4

Nº TELLUS  
TL24-0108-0107-GT-MA-0001

Folha  
29/87

ID	Instrumento	Dados	Seção	COORDENADAS (M)		COTA DE TOPO (M)	PROFUNDIDADE (M)	COTA DE FUNDO (M)
				UTM SIRGAS 2000 23K			Calculado	
				Leste "E"	Norte "N"			
Projetos								
CAL-PZ-15	Piezômetro	Automatizado	D-D'	621.575,28	7.792.092,15	834,84	29,98	804,86
CAL-PZ-16	Piezômetro	Automatizado	D-D'	621.577,58	7.792.059,81	830,4	37,98	792,42
CAL-PZ-17	Piezômetro	Automatizado	D-D'	621.572,63	7.792.017,21	825,92	36,75	789,17
CAL-PZ-DS-18	Piezômetro	Manual	B-B'	621.139,33	7.792.332,79	863,5	16,93	846,57
CAL-PZ-DS-19	Piezômetro	Manual	B-B'	621.124,43	7.792.333,48	858,78	14,04	844,74
CAL-MN-01	Indicador de Nível d'Água	Manual	C-C'	621.445,09	7.792.120,52	863,51	21,4	842,11
CAL-MN-02	Indicador de Nível d'Água	Manual	C-C'	621.455,28	7.792.095,21	853,47	21,63	831,84
CAL-MN-03	Indicador de Nível d'Água	Manual	C-C'	621.464,41	7.792.072,41	844,24	18,48	825,76
CAL-MN-04	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.500,42	7.792.144,90	863,06	42,89	820,17
CAL-MN-05	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.502,74	7.792.116,28	853,61	40,51	813,1
CAL-MN-06	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.525,61	7.792.070,97	834,91	33,07	801,84
CAL-MN-07	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.533,94	7.792.043,46	830,48	35,29	795,19
CAL-MN-08	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.552,81	7.792.009,76	825,85	35,35	790,5
CAL-MN-08B	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.555,22	7.792.010,76	825,6	36,78	788,82
CAL-MN-09	Indicador de Nível d'Água	Automatizado	A-A'	621.560,50	7.791.980,92	814,76	23,1	791,66
CAL-PMS-129	Piezômetro	Manual	A-A'	621.588,49	7.791.980,00	809,49	6,31	803,18



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 30/87	

### 7.7 Monitoramento de marcos superficiais

A **Barragem Calcinados** conta com 24 marcos superficiais, 07 marcos de referência e 09 tiltímetros para controle e monitoramento dos deslocamentos verticais (recalques) e horizontais (Norte e Este).

A localização dos instrumentos no talude da estrutura é apresentada na **Figura 7.2**. Destaca-se que os dados dos marcos superficiais são monitorados diariamente por meio da Estação Total Robótica (ETR). Os dados cadastrais desses instrumentos estão na **Tabela 7.6**.

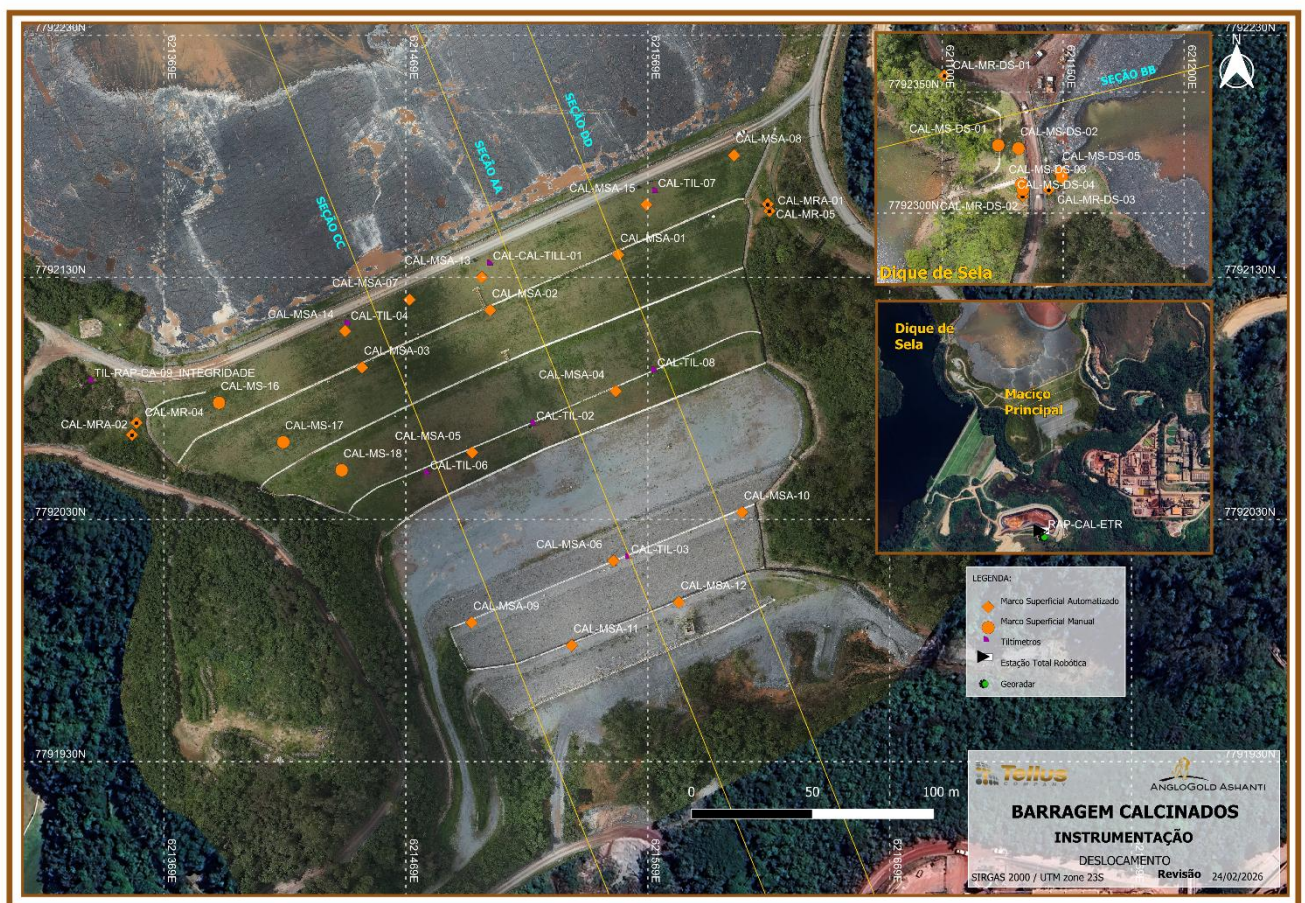


Figura 7.2 - Mapa de localização dos prismas topográficos da Barragem Calcinados.



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 31/87	

Tabela 7.6 - Dados dos marcos superficiais, marcos de referência e tiltímetros instalados na Barragem Calcinados.

Identificação - SHMS	Instrumento (Modelo)	Dados	Local	Coordenadas (m) UTM SIRGAS 2000 23K		Cota (m)
				Leste "E"	Norte "N"	
RAP-CAL-ETR	ETR	Manual	-	621486,16	7791563,33	843,36
CAL-MRA-01	Marco de Referência	Automatizado	Ombreira	621620,06	7792157,49	856,94
CAL-MRA-02	Marco de Referência	Automatizado	Ombreira	621356,54	7792065,04	861,67
CAL-MR-04	Marco de Referência	Manual	Ombreira	621358,38	7792070,05	861,53
CAL-MR-05	Marco de Referência	Manual	Ombreira	621619,36	7792160,21	857,17
CAL-MR-DS-01	Marco de Referência	Manual	Ombreira DS	621101,65	7792356,86	863,15
CAL-MR-DS-02	Marco de Referência	Manual	Ombreira DS	621134,01	7792307,02	863,90
CAL-MR-DS-03	Marco de Referência	Manual	Ombreira DS	621144,84	7792309,70	864,56
CAL-MSA-01	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621554,91	7792141,99	853,72
CAL-MSA-02	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621501,89	7792119,05	853,95
CAL-MSA-03	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621448,91	7792095,48	853,76
CAL-MSA-04	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621553,86	7792085,65	835,44
CAL-MSA-05	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621494,42	7792060,29	835,10
CAL-MSA-06	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621552,83	7792015,54	826,92
CAL-MSA-07	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621468,48	7792123,41	862,86
CAL-MSA-08	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621602,62	7792182,97	862,94
CAL-MSA-09	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621494,17	7791990,06	826,22
CAL-MSA-10	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621606,04	7792035,59	825,90
CAL-MSA-11	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621535,57	7791980,64	816,22
CAL-MSA-12	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621579,91	7791998,47	816,04
CAL-MSA-13	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621498,41	7792132,71	861,07
CAL-MSA-14	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621441,88	7792110,52	862,56
CAL-MSA-15	Marco Superficial	Automatizado	Maciço	621566,49	7792162,64	861,06
CAL-MS-16	Marco Superficial	Manual	Maciço	621389,79	7792080,85	859,52
CAL-MS-17	Marco Superficial	Manual	Maciço	621416,36	7792064,59	850,56
CAL-MS-18	Marco Superficial	Manual	Maciço	621440,48	7792052,99	842,22
CAL-MS-DS-01	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621121,20	7792330,63	858,66
CAL-MS-DS-02	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621129,55	7792329,35	861,62
CAL-MS-DS-03	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621130,68	7792314,44	861,15



Segurança



Qualidade





Sustentabilidade



Inovação





 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>N° AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>
		<b>N° TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 32/87

Identificação - SHMS	Instrumento (Modelo)	Dados	Local	Coordenadas (m) UTM SIRGAS 2000 23K		Cota (m)
				Leste "E"	Norte "N"	
CAL-MS-DS-04	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621131,38	7792312,26	861,18
CAL-MS-DS-05	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621147,00	7792319,30	862,14
CAL-MS-DS-06	Marco Superficial	Manual	Dique de Sela	621147,54	7792317,51	862,12
TI-01	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.134,97	621.502,61	806
TI-02	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.068,96	621.520,51	774
TI-03	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.013,74	621.559,69	806
TI-04	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.110,25	621.443,74	774
TI-05*	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.791.583,52	621.437,57	806
TI-06	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.048,45	621.476,57	774
TI-07	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.164,94	621.570,82	863
TI-08	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.792.090,87	621.570,48	835
TI-09*	Tiltímetros	Automatizado	Maciço	7.791.756,49	621.061,47	854

\*Tiltímetros de integridade.



		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 33/87

## 8 MODOS DE FALHA

A definição dos modos de falha de uma estrutura como uma barragem, inclusive durante o processo de descaracterização, é essencial para definições do plano de monitoramento e instrumentação. Os principais modos de falha associado a Barragem Calcinados estão apresentados a seguir, conforme análise de risco elaborado para a estrutura (AA-359-GW-0514-267-RT-0010).

### Erosão interna (*piping*)

A erosão interna ocorre quando partículas de solo, dentro de um maciço ou em suas fundações, são carregadas para jusante pelo fluxo de percolação (Silva, 2016). Geralmente, este fenômeno pode ocorrer devido a um conjunto de fatores, tais como: elevado gradiente hidráulico, granulometria uniforme dos materiais utilizados, ausência de dimensionamento de transições entre fundação e maciço, dentre outros.

O processo de erosão interna pode acontecer somente pelo maciço, somente pela fundação, ou por ambos e, segundo o ICOLD (2015) pode ocorrer de três formas:



- Erosão interna regressiva e erosão por vazamento concentrado;
- Erosão interna regressiva na fundação com a formação de um *piping*;
- Erosão interna no maciço para a fundação com a formação de um *piping*.

O risco de erosão interna (*piping*) fica reduzido quando:

- A estrutura apresenta sistema de drenagem interna operativo, dimensionado considerando o nível de água máximo operacional do reservatório;
- A construção do maciço se dá com controle tecnológico, atendendo aos critérios estabelecidos em projeto;
- Os materiais utilizados durante a construção da estrutura foram os especificados em projeto, atendendo às características de granulometria, resistência e permeabilidade;
- Há monitoramento das vazões de saída do sistema de drenagem interna.

A barragem encontra-se sem aporte de rejeitos em polpa em seu reservatório desde 2022 (atualmente ocorre a disposição de rejeito filtrado no reservatório como parte do projeto de descaracterização), conta com grande parte do reservatório impermeabilizado, e, com base nos dados de instrumentação, não há histórico de fluxo d'água elevados através do barramento, tampouco evidências de surgências ou alterações nas vazões do sistema de drenagem interna que possam indicar a formação dos processos de *piping*.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 34/87	

De acordo com a AGA, a vazão de drenagem interna é conduzida para a torre de percolados, onde o sistema de bombeamento opera. O histórico do monitoramento disponibilizado apresentou comportamento regular e com sensibilidade normal aos índices pluviométricos.

Sendo assim, entende-se que o modo de falha causado por uma erosão interna (*piping*) na Barragem Calcinados seja uma hipótese de falha de baixa probabilidade de ocorrência.

### Galgamento (*overtopping*)

Para que ocorra o galgamento em uma barragem é necessária a ocorrência de um evento de precipitação que gere vazões as quais a estrutura não seja capaz de amortecer, ou devido a um mal funcionamento do sistema extravasor.

Segundo o relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem Calcinados (AA-314-TY-0580-206-RT-0054), elaborado pela Tellus no segundo ciclo de 2025, o reservatório da estrutura possuía dois lagos (lago 01 e lago 02), que desempenhavam um papel no manejo hídrico do reservatório. Estes lagos operam com um sistema de bombeamento, contribuindo para a manutenção da área de praia. Em outubro de 2024, o Lago 1 foi descomissionado.

A **Figura 8.1** mostra os dados históricos dos últimos 02 anos (2023 a 2025) do nível d'água do reservatório na Barragem Calcinados.

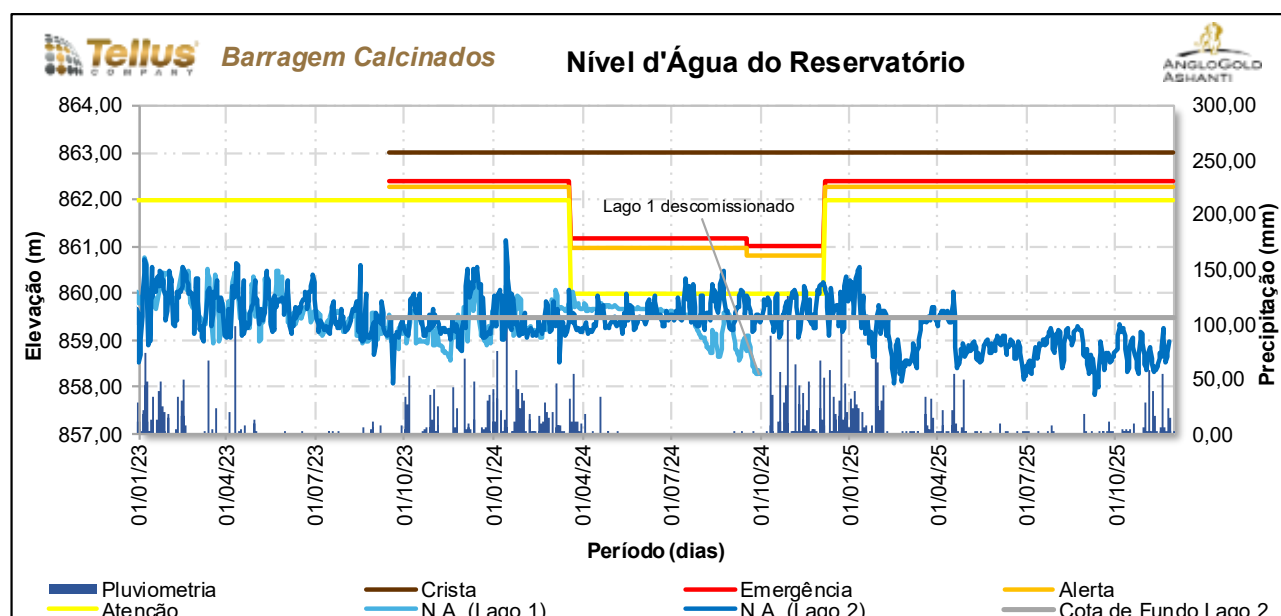




Figura 8.1 - Histórico das medições de nível d'água da Barragem Calcinados (2023 - 2025).



		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>
<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 35/87

Conforme ilustrado no gráfico, pode-se identificar os níveis de água observados nos lagos 01 e 02 mantiveram comportamento histórico regular, mesmo com oscilações nos índices pluviométricos. Durante o período de junho/24 a janeiro/25, observou-se que as leituras registradas oscilam valores próximos ou abaixo da cota do sensor até acima do nível de atenção. A partir de meados de janeiro/25, as leituras registradas encontram-se em sua maioria abaixo da cota do sensor, tendo em alguns períodos registros próximos ou acima dessa referência.

De modo geral, o nível d'água do reservatório permaneceu bem abaixo da linha de crista da barragem e abaixo da cota de fundo do sensor. Dada a variação das leituras registradas com variação no comportamento do nível d'água ao longo dos meses, entende-se que a cota do sensor possa estar desatualizada.

O reservatório se apresenta majoritariamente seco, visto que está impermeabilizado e encontra-se em nível normal de operação.

Diante das características da estrutura, entende-se que galgamento seja um método de falha de baixa probabilidade de ocorrência.

### **Instabilidade Estrutural**

A ruptura local ou global dos taludes de um maciço ocorre pela redução do fator de segurança, provocada por diversos mecanismos como: erosões nos taludes de jusante ou montante, elevação do nível freático, deformação excessiva, rebaixamento rápido do nível do reservatório, eventos sísmicos, colmatação de filtros e drenos, deficiência na compactação do maciço, falhas no tratamento de fundação e erros de projeto.



Segundo o relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem Calcinados (AA-314-TY-0580-257-RT-0054), elaborado pela Tellus no segundo ciclo de 2025, a barragem atende a todos os fatores mínimos exigidos em todas as condições apresentadas (NBR 13.028:2024), para todas as seções analisadas, garantindo assim a estabilidade da barragem contra escorregamento.

Dessa forma, não é esperado, em condições normais de operação, a falha da Barragem Calcinados por este modo de falha.

### **Liquefação**

Segundo Silva (2010), o termo liquefação traduz basicamente um fenômeno gerado pelo acréscimo rápido de poropressões não passíveis de dissipação imediata, que implicam em uma redução súbita de tensão efetiva



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 36/87	

e conseqüentemente em uma queda substancial na resistência ao cisalhamento. Isso implica em rupturas ocorrendo com deslocamentos de massas com altas velocidades e grandes mobilizações.

A construção de aterros e diques sobre rejeitos fofos e saturados, podem induzir a aumentos rápidos nos níveis de tensões e condições não drenadas, além de a disposição de rejeitos nesse tipo de barramento ser feita por aterro hidráulico, ou seja, acrescentando-se rejeito saturado à estrutura (SILVA, 2010).

O escorregamento, quando iniciado, continuará até que as tensões atuantes sejam igualadas às tensões resistentes do solo no estado liquefeito. Os trechos não envolvidos na ruptura inicial podem liquefazer posteriormente por descarregamento lateral, aumentando o volume de solo que flui a jusante.

Conforme Nota Técnica de avaliação de susceptibilidade de liquefação dos rejeitos da Barragem Calcinados (AA-314-TY-0580-206-NT-0020), elaborado pela Tellus em fevereiro de 2024, os materiais que constituem o reservatório e o maciço da barragem foram avaliados quanto à susceptibilidade ao fenômeno de liquefação. Para tal foram utilizados ensaios de campo (SPT e CPTu), adotando como referência as metodologias propostas por Olson e Stark (2003), Robertson (2016) e Jefferies e Been (2006). Diante dos resultados, foi possível observar que parte do rejeito existente no maciço e no reservatório da estrutura apresentam comportamento contráctil, ou seja, são susceptíveis à liquefação.



Diante das características supracitadas, aliada à instantaneidade do fenômeno e à dificuldade em se controlar os possíveis gatilhos, este modo de falha foi considerado como o mais crítico dentre os plausíveis para a Barragem Calcinados.

## 9 MONITORAMENTO E INDICADORES DE SUCESSO

Para o acompanhamento da descaracterização da **Barragem Calcinados**, visando avaliar a eficiência do projeto técnico e indicar o seu sucesso, como estratégias de monitoramento são previstos três âmbitos distintos e complementares:

- **Monitoramento Ambiental:** tem o intuito de acompanhar a qualidade da água pluvial que entra em contato com a estrutura, a qualidade da água a jusante da estrutura, avaliação do sedimento gerado, da qualidade do ar, e da qualidade do solo, a flora e a fauna do entorno da estrutura;
- **Monitoramento dos Dispositivos de Drenagem:** posteriormente à instalação dos sistemas de drenagem do projeto de descaracterização, é imprescindível conduzir inspeções visuais para detectar quaisquer sinais de erosão ou irregularidades antes do período de chuva, a fim de avaliar e monitorar a condição dos sistemas de drenagem. Após o período chuvoso, é necessário conferir a necessidade



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 37/87	

de execução de reparos.

- Monitoramento Geotécnico: O monitoramento geotécnico tem como objetivo garantir as condições de segurança da estrutura durante e após o processo de descaracterização. Para isso, o monitoramento geotécnico da barragem será conduzido conforme apresentado neste manual. Será utilizada a instrumentação existente no barramento, juntamente com a instalação de novos instrumentos antes e após o processo de descaracterização. Além disso, serão realizadas inspeções visuais, que fornecem informações qualitativas sobre as condições da estrutura.

Nesse contexto, o presente Manual de Monitoramento e Níveis de Controle da **Barragem Calcinados** contempla o detalhamento do monitoramento dos dispositivos de drenagem e geotécnicos. Quanto ao monitoramento ambiental, a **Barragem Calcinados** possui no seu entorno piezômetros ambientais. Entretanto, ressalta-se que este documento não abordará as especificações referentes ao monitoramento ambiental, ficando a cargo da AGA a determinação desse monitoramento, definindo os pontos de coleta, parâmetros, periodicidade e duração.



## 10 PLANO DE MONITORAMENTO INSTRUMENTAL

O monitoramento de instrumentos geotécnicos é uma importante ferramenta para ajudar a diagnosticar e verificar a aderência da operação ao previsto em projeto, a adequabilidade e a validação da técnica construtiva utilizada, além da natureza de um evento adverso específico. Os instrumentos em sua totalidade permitem um adequado controle do desempenho da estrutura durante e após o processo de descaracterização.

Para o monitoramento da barragem foram considerados os instrumentos já instalados na estrutura. O monitoramento da estrutura inclui:

- Piezômetros: para o monitoramento do desenvolvimento de poropressões no interior do maciço ou na fundação do barramento;
- Indicadores de nível de água: para acompanhamento da linha freática no maciço;
- Medidores de vazão: para a medição da quantidade de água efluente do sistema de drenagem interno do barramento;
- Marcos superficiais e referenciais: para o monitoramento de deslocamentos horizontais e verticais no maciço;



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 38/87	

- Inclínômetros: para o monitoramento de eventuais deslocamentos durante a execução das obras de descaracterização da barragem;
- Acelerômetros: para acompanhamento da estrutura em eventuais eventos sísmicos naturais e/ou causados pelos processos da mina;
- Tiltímetros: para medição de possíveis deslocamentos gerados por grandes acelerações na estrutura;

O plano de monitoramento da **Barragem Calcinados** inclui os dispositivos existentes na estrutura que devem ser mantidos durante e após o período de descaracterização. Ressalta-se que os instrumentos já existentes na estrutura devem ter seu desempenho avaliado, e caso seja verificado o não funcionamento do instrumento, outro deve ser instalado nas proximidades.

### 10.1 Níveis de Controle para o Nível d'água do reservatório

A Tabela 10.1 apresenta os níveis de controle para o reservatório da Barragem Calcinados, definidos a partir do estudo de trânsito de cheias realizado para a estrutura no RISR 02/2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0053).

Tabela 10.1 - Níveis de controle para os níveis de água do reservatório.

Nível	Nível de água (m)	Condição
<b>Normal</b>	Menor/Igual a 859,70 m	NA Máx Maximorum frente a cota da soleira
<b>Atenção</b>	Maior que 859,70 m e Menor/Igual a 860,84 m	NA Máx Maximorum frente ao trânsito de cheias, entre o NA máximo Normal e o NA para o TR de 1.000 anos
<b>Alerta</b>	Maior que 860,84 m e Menor/Igual a 861,08 m	NA Máx Maximorum frente ao trânsito de cheias, entre o NA para o TR de 1.000 anos e NA para PMP
<b>Emergência</b>	Acima de 861,08 m	NA Máx Maximorum frente ao trânsito de cheias para PMP



### 10.2 Torre de percolados

A Tabela 10.2 representa os níveis de controle para a elevação do nível d'água na torre de percolados da Barragem Calcinados estabelecidos para o período de obra. Tais níveis foram definidos a partir da estabilidade por equilíbrio limite da seção A-A'.

Tabela 10.2 - Níveis de controle da torre de percolados.

Instrumento	Unidade	Normal <sup>(1)</sup>	Atenção <sup>(1)</sup>	Alerta <sup>(1)</sup>	Emergência <sup>(1)</sup>
-------------	---------	-----------------------	------------------------	-----------------------	---------------------------



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 39/87	

		Menor/igual que	Acima de	Acima de	Acima de
Torre de percolados	m	805,00	805,00	807,00	809,00

### 10.3 Vazão de drenagem interna

Para avaliar a vazão do sistema de drenagem interna da **Barragem Calcinados** e definir o nível de controle, foram analisados os registros históricos de leituras de vazão obtidas por meio dos instrumentos de monitoramento de vazão instalados na estrutura.

A Figura 10.1 apresenta os dados históricos de monitoramento de vazão realizados na Barragem Calcinados e a Figura 10.2 exibe os dados históricos de monitoramento da vazão de bombeamento do dreno de fundo na **Barragem Calcinados**, para o período de 2022 a 2025.

Cabe ressaltar que em 2022 foi realizada a troca do medidor de vazão e aferição do instrumento, onde foi apresentado um valor de vazão igual à 26 m<sup>3</sup>/h. Observou-se posteriormente um comportamento regular e com sensibilidade normal aos índices pluviométricos.

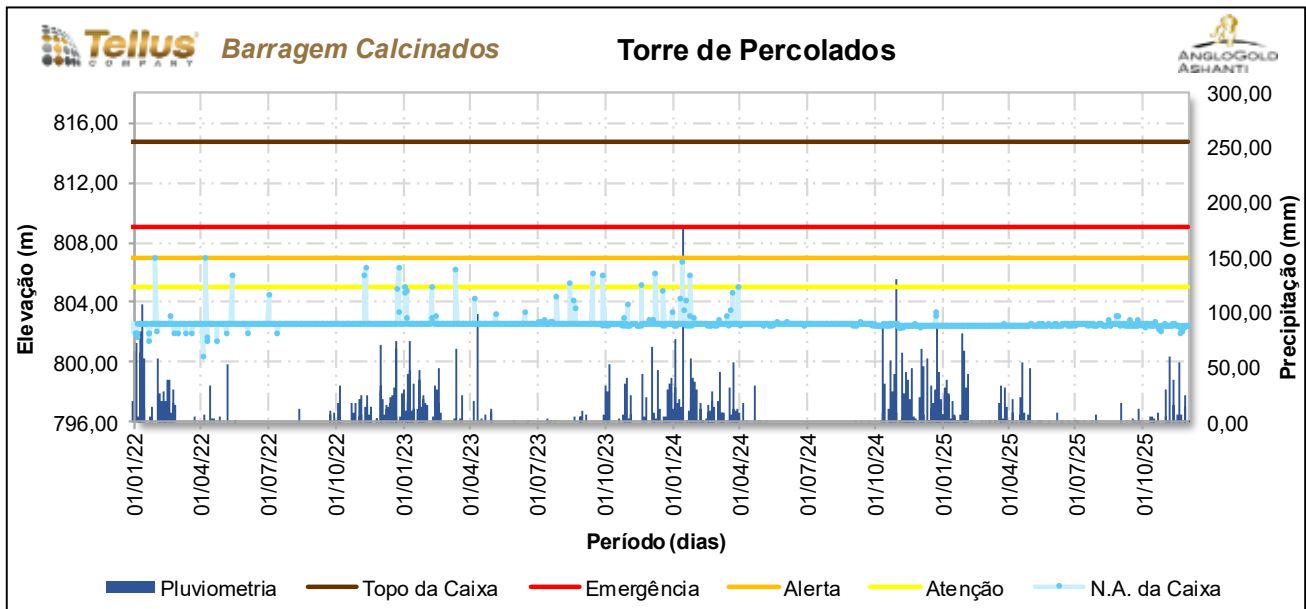


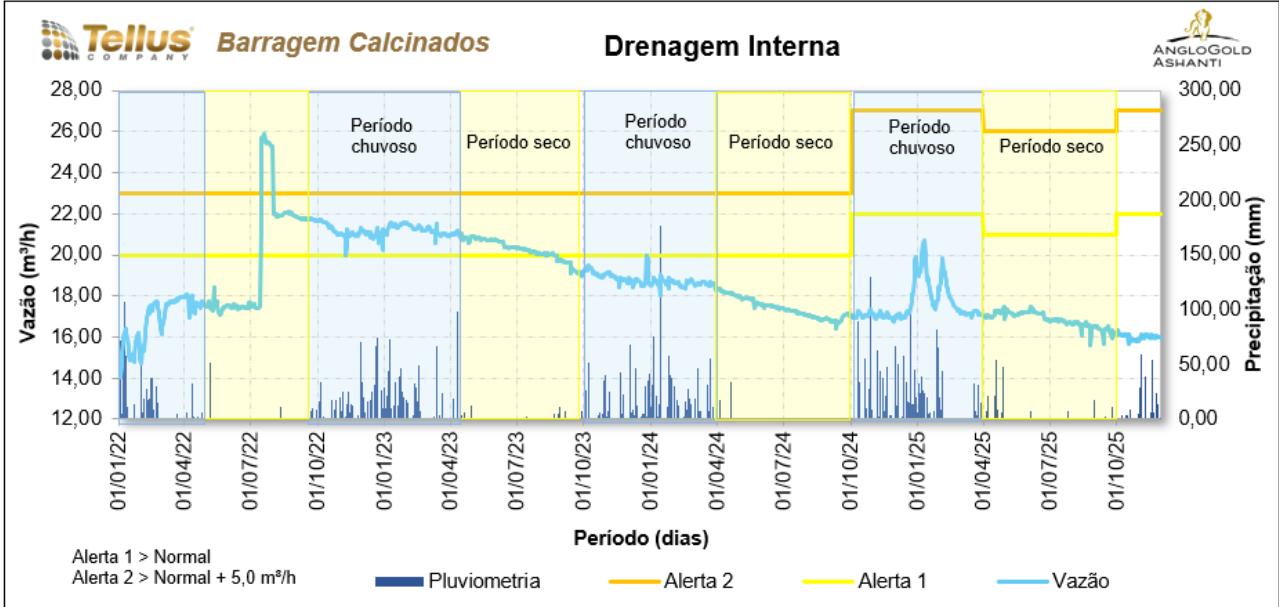


Figura 10.1 - Histórico do bombeamento da torre de percolados da Barragem Calcinados (2022 - 2025).





		<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 40/87



**Figura 10.2** - Histórico do monitoramento da vazão bombeada do dreno de fundo (2022 - 2025).



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 41/87	

A partir das leituras disponibilizadas e análise dos dados, as seguintes considerações sobre os registros de leitura de vazão do sistema de drenagem interna da **Barragem Calcinados** foram realizadas:

- A leitura registrada no dia 14/07/2022 se refere a troca do medidor de vazão e aferição do instrumento, onde foi apresentado um valor de vazão igual à 26 m<sup>3</sup>/h. Esta leitura de vazão não foi considerada como representativa para o controle de monitoramento e, portanto, foram desconsideradas;
- Os registros históricos apontaram vazão máxima para o período chuvoso (outubro a março) de 22 m<sup>3</sup>/h e mínima de 18,60 m<sup>3</sup>/h e para o período seco (abril a setembro) apontam vazão máxima de 21 m<sup>3</sup>/h e mínima de 17,76 m<sup>3</sup>/h;

Vale ressaltar que, devido ao processo de descaracterização em que a estrutura se encontra, não é esperado um acréscimo de vazão referente ao máximo registro obtido no histórico avaliado, o que já é observado nas leituras registradas que apresentam uma tendência de queda nos resultados.

O monitoramento da vazão da drenagem interna deve ser avaliado em associação às leituras de piezômetro e indicadores de nível de água, como indicativos de alerta para detectar possíveis modos de falha relacionados à instabilidade e a erosão interna. Um procedimento adicional relacionado ao monitoramento das vazões de drenagem é a análise da turbidez da água percolada, podendo então ser integrado o uso de turbidímetros em conjunto com inspeções visuais.

A **Tabela 10.3** apresenta a média do volume por hora a ser bombeada para manutenção da condição normal de operação da torre de percolados.



Tabela 10.3 - Níveis de controle - vazão de drenagem interna - período seco

NÍVEL	UNIDADE	NORMAL <sup>(1)</sup>
Normal (período seco)	m <sup>3</sup> /h	Menor/Igual que 21
Normal (período chuvoso)	m <sup>3</sup> /h	Menor/Igual que 22

**Notas:** <sup>(1)</sup> A verificação de leituras com variação acima de 5 m<sup>3</sup>/h da condição normal de operação deverá ser objeto de avaliação criteriosa do geotécnico responsável pela gestão de segurança da barragem e do respectivo Engenheiro de Registro (EdR) visando a definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação destas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem como dos níveis de controle.

Destaca-se que qualquer alteração abrupta ou contínua, acima de 5m<sup>3</sup>/h, em relação ao valor de vazão definido para a condição normal deve ser analisada pelo engenheiro de registro responsável em conjunto com os demais instrumentos de controle da estrutura e reportado o plano de ação necessário para regularização do sistema.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 42/87	

#### 10.4 Níveis de Controle para a Instrumentação

Para estabelecer os níveis de controle do plano de monitoramento durante a implantação do Projeto de Descaracterização da **Barragem Calcinados**, foram adotados como referência os critérios definidos pela Resolução ANM Nº 95, de 07 de fevereiro de 2022.

*“Art. 40. Considera-se iniciada uma situação de alerta ou emergência quando:*

*I. Situação de Alerta:*

- a) For detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 2 (dois) EIR seguidos; ou*
- b) For detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada; ou*
- c) A critério da ANM.*

*II. Situação de Emergência:*

- a) Iniciar-se uma ISE da Barragem de Mineração; ou*
- b) Em qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura; ou*
- c) Em qualquer dos casos elencados no inciso II do art. 41 desta Resolução; ou*
- d) A critério da ANM.*

*Art. 41. O empreendedor, ao ter conhecimento de uma situação de alerta ou de emergência expressa no art. 40, deve avaliá-la e classificá-la, por intermédio do coordenador do PAEBM e da equipe de segurança de barragens, de acordo com os seguintes Níveis:*



*I. Nível de Alerta:*

- a) Quando identificada situação descrita no inciso I do art. 40;*

*II. Nível de Emergência 1 - NE1:*

- a) Quando a barragem de mineração estiver com Categoria de Risco Alta; ou*
- b) Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 4 (quatro) EIR seguidos; ou*
- c) Quando for detectada anomalia com pontuação 10 (dez) no EIR; ou*
- d) Qualquer situação elencada no §1º do art. 5º desta Resolução; ou*



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 43/87	

e) Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre  $1,3 \leq FS < 1,5$  ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre  $1,2 \leq FS < 1,3$  ou quando o Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre  $1,2 \leq FS < 1,5$  para os casos elencados no inciso I, §3º do art. 59 desta Resolução; ou

f) Para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.

g) Nível de Emergência 2 - NE2:

i. Quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do § 1º do art. 31 desta Resolução; ou

ii. Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre  $1,1 \leq FS < 1,3$  ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre  $1,0 \leq FS < 1,2$ .

h) Nível de Emergência 3 - NE3:

i. A ruptura é inevitável ou está ocorrendo; ou

ii. Quando o Fator de Segurança drenado estiver abaixo de 1,1 ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver abaixo de 1,0."

Nos tópicos, **10.4.1**, **10.4.2** e **10.4.3** são apresentadas as definições para os níveis de controle dos piezômetros, indicadores de nível de água, vibrações sísmicas e medidores de vazão da drenagem interna para a situação atual da estrutura. Durante a fase de obras, até que seja finalizado o processo de descaracterização e desativação da torre de percolados, os níveis de controle permanecem os mesmos estabelecidos para a condição atual, conforme apresentado na Carta de Risco, elaborada em dezembro de 2023 e apresentada no documento de número AA-000-AA-0580-867-RT-0002.



**Ressalta-se ainda que leitura de um instrumento nunca deve ser analisado de forma isolada, desconsiderando o contexto geral da avaliação da condição da estrutura. Para situações de Alerta, Nível de Emergência 1 (NE1), Nível de Emergência 2 (NE2) e Nível de Emergência 3 (NE3), é crucial a análise das leituras obtidas como um todo e com uma abordagem multidisciplinar, contando com a presença de equipes de engenharia responsáveis pela estrutura.**

#### **10.4.1 Piezômetros e Indicadores de Nível D'Água**

Em relação os níveis de controle de piezômetros e indicadores de nível d'água, e considerando a Resolução ANM No 95, de 07 de fevereiro de 2022, são feitas análises de estabilidade modificando as condições de contorno e parâmetros dos materiais de forma a se obter diferentes valores de Fatores de Segurança (FS).

Assim, para o caso de **condição de solicitações drenadas**, os Fatores de Segurança (FS) devem estar dentro



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 44/87	

de valores ou intervalos conforme segue abaixo. Em parêntesis nomenclatura da Resolução ANM No 95, de 07 de fevereiro de 2022.

- Nível Normal: FS maior ou igual a 1,5, e nível normal identificado nos outros instrumentos analisados, e nas inspeções visuais realizadas;
- **Nível de Atenção (ou Nível de Emergência 1, NE1):  $1,3 \leq FS < 1,5$ ;**
- **Nível de Alerta (ou Nível de Emergência 2, NE2):  $1,1 \leq FS < 1,3$ ;**
- **Nível de Emergência (ou Nível de Emergência 3, NE3): FS abaixo de 1,1.**

E para o caso de **condição de solicitações não drenadas**, os Fatores de Segurança (FS) devem estar dentro de valores ou intervalos conforme segue abaixo:



- Nível Normal: FS maior ou igual a 1,3, e nível normal identificado nos outros instrumentos analisados, e nas inspeções visuais realizadas;
- **Nível de Atenção (ou Nível de Emergência 1, NE1):  $1,2 \leq FS < 1,3$ ;**
- **Nível de Alerta (ou Nível de Emergência 2, NE2):  $1,0 \leq FS < 1,2$ ;**
- **Nível de Emergência (ou Nível de Emergência 3, NE3): FS abaixo de 1,0.**

Visto que os fatores de segurança para as análises de estabilidade por equilíbrio limite sob condições de carregamento não drenadas foram as menores calculadas, os níveis de controle foram definidos considerando esta condição. Exceção é feita para a seção B-B' (Dique de Sela), onde não há materiais com comportamento não drenado.

Para determinação da superfície de ruptura correspondente a cada um dos FS preconizado pela norma para definição dos limites de controle, procedeu-se com análises de estabilidade por equilíbrio limite com a utilização do *software Slide2*, desenvolvido pela *Rocscience Inc*. Como método de busca da superfície de ruptura utilizou-se os métodos de Morgenstern-Price, Spencer e Sarma. Além disso, destaca-se que foram consideradas superfícies de ruptura não circulares e otimizadas.

As análises de estabilidade foram realizadas com o objetivo de obter os valores de Fatores de Segurança definidos para os Níveis de Controle dos piezômetros e indicadores de nível d'água que abrange a situação atual da **Barragem Calcinados**. Para isso, procedeu-se com as análises de estabilidade considerando as variações



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 45/87	

nas condições de contorno do nível freático a partir da utilização do Método de Elementos Finitos (MEF), baseado nas condições da carga hidráulica do reservatório, coeficientes de permeabilidade (k) dos materiais que compõem maciço e fundação da Barragem Calcinados, conforme apresentado no APÊNDICE I.

Os resultados dos níveis de controle determinados para os piezômetros e indicadores de nível de água são apresentados na **Tabela 10.4**.





 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 46/87

Tabela 10.4 - Quadro resumo - Níveis de controle para a condição de solicitações não drenadas.

INSTRUMENTOS	SEÇÃO	DIÂMETRO	TIPO	COTA DOS INSTRUMENTOS (m)		NORMAL	ATENÇÃO		ALERTA		EMERGÊNCIA
				Topo	Fundo	(FS ≥ 1,3)	(1,2 ≤ FS < 1,3) (NE1)		(1,0 ≤ FS < 1,2) (NE2)		(FS < 1,0) (NE3)
						Menor que	De	Até	De	Até	Maior que
PZ-03	A-A'	1"	Piezômetro	861,68	818,50	833,18	833,18	835,05	835,06	840,20	840,21
PZ-04		857,92		819,96	830,12	830,12	831,99	832,00	837,12	837,13	
PZ-04N		857,65		817,27	830,08	830,08	831,95	831,96	837,07	837,08	
PZ-05N		846,09		796,95	826,04	826,04	827,91	827,92	832,41	832,42	
PZ-06		836,02		810,30	822,16	822,16	824,03	824,04	826,60	826,61	
PZ-08		830,53		799,72	816,73	816,73	818,60	818,61	819,30	819,31	
PZ-08N		830,52		806,82	816,74	816,74	818,61	818,62	819,31	819,32	
PZ-09		825,78		804,57	810,42	810,42	812,29	812,30	813,31	813,32	
PZ-09B		825,69		803,87	810,45	810,45	812,32	812,33	813,32	813,33	
PZ-07		811,22		804,23	806,70	806,70	808,21	808,22	808,36	808,37	
INA-04	1 1/2"	Indicador de Nível d'água	863,06	820,17	832,69	832,69	834,56	834,57	839,71	839,72	
INA-05	853,61		813,10	828,59	828,59	830,46	830,47	835,63	835,64		
INA-06	834,91		801,84	821,59	821,59	823,46	823,47	825,77	825,78		
INA-07	830,48		795,19	817,02	817,02	818,89	818,90	819,67	819,68		
INA-08	825,85		790,50	810,41	810,41	812,28	812,29	813,30	813,31		
INA-08B	825,60		788,82	810,39	810,39	812,26	812,27	813,29	813,30		
INA-09	814,76		791,66	806,92	806,92	808,57	808,58	808,63	808,64		



**BARRAGEM CALCINADOS  
ENGENHARIA DETALHADA  
GEOTECNIA  
MANUAL DE MONITORAMENTO**

**N° AGA**  
AA-229-TY-0580-267-MA-0001



**Revisão:** 4

**N° TELLUS**  
TL24-0108-0107-GT-MA-0001

**Folha**  
47/87

INSTRUMENTOS	SEÇÃO	DIÂMETRO	TIPO	COTA DOS INSTRUMENTOS (m)		NORMAL	ATENÇÃO		ALERTA		EMERGÊNCIA
				Topo	Fundo	(FS ≥ 1,3)	(1,2 ≤ FS < 1,3) (NE1)		(1,0 ≤ FS < 1,2) (NE2)		(FS < 1,0) (NE3)
						Menor que	De	Até	De	Até	Maior que
INA-01	C-C'	1 1/2"	Indicador de Nível d'água	863,51	842,11	-	-	-	-	-	842,11
INA-02		1 1/2"		853,47	831,84	832,50	832,50	833,84	833,85	836,72	836,73
INA-03		1 1/2"		844,24	825,76	828,43	828,43	829,77	829,78	831,91	831,92
PZ-10	C-C'	1"	Piezômetro	853,47	814,40	832,34	832,34	833,67	833,68	836,52	836,53
PZ-11		1"		834,49	813,48	823,72	823,72	825,06	825,07	826,63	826,64
PZ-12C		1"		830,19	798,21	816,77	816,77	818,11	818,12	820,61	820,62
PZ-13		1"		825,73	808,14	811,00	811,00	812,34	812,35	813,32	813,33
PZ-02A	D-D'	1"	Piezômetro	862,07	838,31	841,66	841,66	843,03	843,04	845,73	845,74
PZ-14		1"		853,26	819,96	833,29	833,29	834,32	834,33	837,02	837,03
PZ-15		1"		834,84	804,86	822,18	822,18	823,56	823,57	826,26	826,27
PZ-16		1"		830,40	792,42	814,88	814,88	816,26	816,27	818,96	818,97
PZ-17		1"		825,92	789,17	809,68	809,68	811,04	811,05	813,74	813,75
PZ-18	Dique de Sela <sup>1</sup>	-	Piezômetro	863,50	846,57	857,52	857,52	860,44	860,44	862,96	862,96
PZ-19		-		858,78	844,74	856,07	856,07	858,78	858,78	-	-

<sup>1</sup> Os níveis de controle do Dique de Sela foram definidos segundo o método estatístico proposto por Divino e Fusaro (2006).



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 48/87	

Ressalta-se que, caso sejam verificadas variações abruptas nas leituras de algum dos instrumentos (da ordem de 50 cm), será acionado o nível de atenção para esse dispositivo. Em seguida, deverá ser realizada uma análise de estabilidade da seção em que o instrumento se encontra, conforme indicado nas ações associadas ao nível de controle de atenção.

Os níveis de controle aqui estipulados devem ser considerados como referência para monitoramento da instrumentação instalada na estrutura e deverão ser revistos frente a qualquer nova informação obtida ou a critério do geotécnico responsável pela gestão de segurança da estrutura e do respectivo Engenheiro de Registros (EdR).



Para os níveis de controle registrados por cada instrumento devem ser previstas ações que orientem a equipe de monitoramento e manutenção a identificar precocemente situações que possam comprometer a segurança geotécnica da estrutura. Ressalta-se que as ações listadas, devem ser avaliadas pelo Responsável Técnico pela estrutura e pela equipe geotécnica, que definirá o melhor plano de ação para as ocorrências verificadas. Dessa forma, as atividades associadas aos níveis de controle são elencadas abaixo:



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 49/87



NÍVEL	RECOMENDAÇÕES
<b>Normal</b>	<p>Caso os instrumentos de auscultação apresentem Nível Normal, deve-se prosseguir com o Plano de Monitoramento e Manutenção apresentado nesse relatório.</p>
<b>Atenção</b>	<p>Se os instrumentos instalados registrarem Nível de Atenção, recomenda-se proceder, preferencialmente de forma simultânea, e não necessariamente nessa ordem, com as seguintes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar continuidade ao Plano de Monitoramento e Manutenção estabelecido neste manual;</li> <li>• Comunicar ao RT sobre o Nível de Atenção registrado pelo instrumento;</li> <li>• Repetir as leituras registradas como Nível de Atenção para os instrumentos manuais, e realizar leituras manuais para os instrumentos automatizados, a fim de verificar a operacionalidade do instrumento;</li> <li>• Realizar análises de estabilidade nas seções em que os instrumentos apresentaram Nível de Atenção, considerando as leituras registradas nos instrumentos da seção no período em que esse máximo foi registrado;</li> <li>• Proceder avaliação conjunta entre o instrumento com leituras em Nível de Atenção, os outros instrumentos da estrutura e as inspeções visuais realizadas;</li> <li>• Caso seja constatada a estabilidade da estrutura, e os instrumentos continuarem indicando leituras anômalas, deve-se executar o teste de vida desses equipamentos;</li> <li>• Caso não seja constatada a estabilidade, deve-se avaliar estudos e projetos para reduzir os níveis freáticos, e estabilizar a estrutura.</li> </ul>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 50/87



NÍVEL	RECOMENDAÇÕES
<b>Alerta</b>	<p>Caso seja verificado o Nível de Alerta em algum instrumento, recomenda-se proceder, preferencialmente de forma simultânea, e não necessariamente nessa ordem, com as seguintes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar novamente a leitura dos instrumentos manuais que indicaram situação de Alerta e efetuar a leitura manual de um dos dispositivos automatizados que apresentaram Nível de Alerta, para verificar a operacionalidade dos instrumentos;</li> <li>• Comunicar imediatamente ao RT da estrutura;</li> <li>• Realizar análises de estabilidade nas seções em que os instrumentos apresentaram Nível de Alerta, considerando as leituras registradas nos instrumentos da seção no período em que esse máximo foi registrado;</li> <li>• Proceder avaliação conjunta entre o instrumento com leituras em Nível de Alerta, os outros instrumentos da estrutura e as inspeções visuais realizadas;</li> <li>• Caso seja constatada a estabilidade da estrutura, e os instrumentos continuarem indicando leituras anômalas, deve-se executar o teste de vida do equipamento;</li> <li>• Caso as análises de estabilidade não indiquem situação satisfatória, deve-se avaliar a necessidade de tomada das seguintes ações: paralização das atividades de descaracterização da estrutura; de estudos e projetos com a finalidade de promover o alívio de subpressões, em caráter de urgência; do acionamento do Plano de Ações Emergenciais (PAE) com o prosseguimento dos procedimentos de emergência pertinentes; identificação das potenciais causas da anomalia e avaliar as ações necessárias para redução dos níveis freáticos; intensificação do acompanhamento das leituras dos instrumentos; realização de inspeção visual diária na estrutura; solicitar suporte à empresa responsável pelo desenvolvimento do projeto; e seguir com os protocolos de comunicação aos órgãos externos.</li> </ul>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> <small>COMPANY</small>	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 51/87

NÍVEL	RECOMENDAÇÕES
<b>Emergência</b>	<p>Na constatação do Nível de Emergência em algum dos instrumentos, recomenda-se proceder, preferencialmente de maneira simultânea, e não necessariamente de maneira sequencial, com as seguintes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetir imediatamente a leitura dos instrumentos manuais, e verificar os dados dos instrumentos automatizados, a partir de leitura manuais, a fim de verificar a operacionalidade do dispositivo;</li> <li>• Comunicar imediatamente ao RT da estrutura;</li> <li>• Análise da possibilidade de interrompimento das atividades de descaracterização da barragem entre o RT, e equipe interna da AGA;</li> <li>• Realizar análises de estabilidade nas seções em que os instrumentos apresentaram Nível de Emergência, considerando as leituras registradas nos instrumentos da seção no período em que esse máximo foi registrado;</li> <li>• Proceder avaliação conjunta entre o instrumento com leituras em Nível de Emergência, os outros instrumentos da estrutura e as inspeções visuais realizadas;</li> <li>• Caso seja constatada a estabilidade da estrutura, e os instrumentos continuarem indicando leituras anômalas, deve-se executar o teste de vida do equipamento;</li> <li>• Caso as análises de estabilidade não indiquem situação satisfatória, deve-se tomar as seguintes medidas: realizar de estudos e projetos para promover a estabilização da estrutura através do alívio das subpressões, como medida emergencial; acionar o Plano de Ações Emergenciais (PAE) e proceder com os procedimentos de emergência pertinentes; detectar as possíveis causas da instabilidade, e caso necessário, proceder com ações para redução do nível d'água; intensificar o processo de leitura dos instrumentos e de inspeções visuais, realizando-os a cada hora, se as condições de segurança permitirem; solicitar suporte à empresa responsável pelo desenvolvimento do projeto;</li> </ul>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 52/87



#### 10.4.2 Vibrações

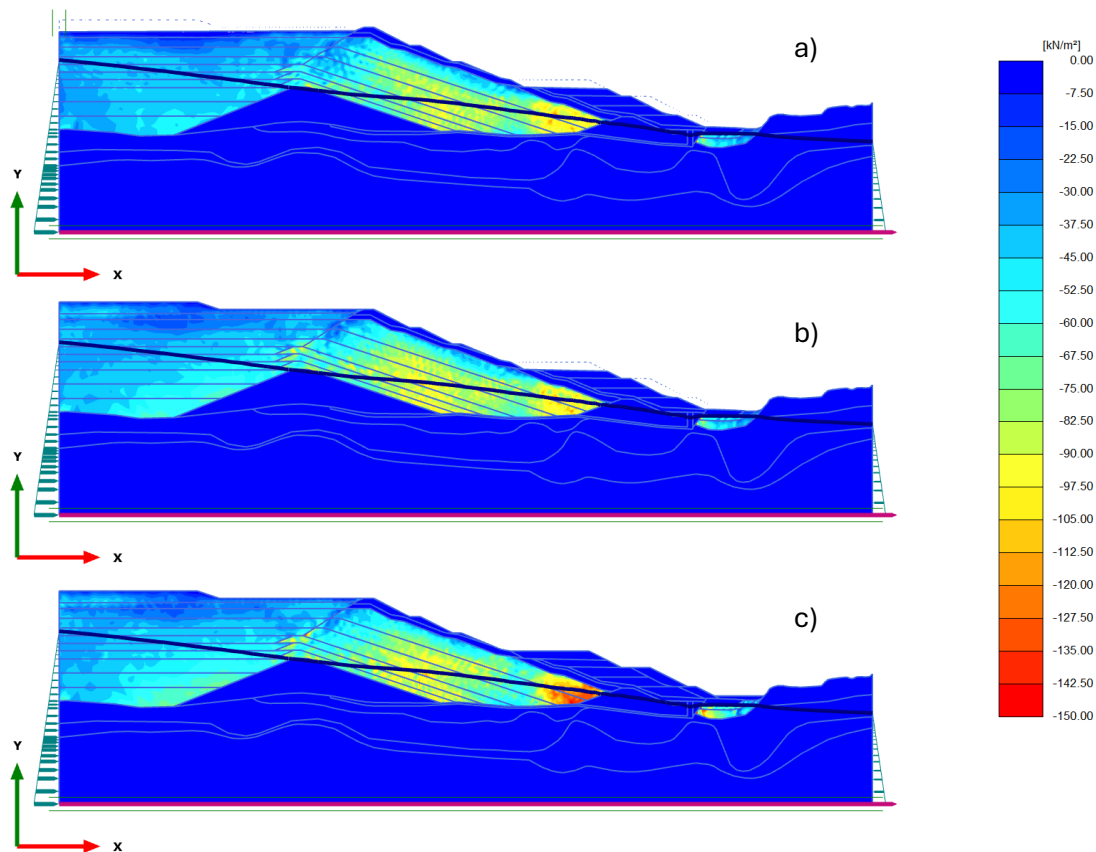
Comumente as análises de estabilidade que consideram sismos são procedidas em análise de equilíbrio limite inserindo esforços de aceleração horizontal e vertical simulando as ações provocadas por um evento sísmico. Este tipo de análise é denominado de pseudoestática, e resulta em redução do fator de segurança em comparação com a análise de estabilidade sem sismo. No entanto, para avaliar o gatilho de liquefação por sismo, este tipo de abordagem não é adequado.

Desta forma, considerando o resultado positivo para a susceptibilidade à liquefação do rejeito *underflow* utilizado no alteamento da Barragem Calcinados, conforme apresentado na Nota Técnica de número AA-314-TY-0580-206-NT-0020 (Tellus, 2024) a partir do tratamento dos dados obtidos nos resultados dos ensaios de campo e laboratório realizados no material foi desenvolvido para o Projeto de Descaracterização da Barragem Calcinados uma análise de tensão x deformação dinâmica apresentada no relatório de número AA-198-TY-0580-206-RT-0004. O estudo teve como principal objetivo avaliar a segurança do projeto de Descaracterização da Barragem Calcinados frente ao excesso de poropressões, assim como as deformações que possam ser ocasionadas por eventos sísmicos com base no estudo de ameaça sísmica da Planta de Queiroz.

O resultado da análise dinâmica concluiu que o maciço da estrutura não apresenta excesso de poropressão significativo, sendo este comportamento observado somente em duas regiões específicas, próximo ao dique de pé e mais a jusante na região dos materiais de baixa resistência, sendo eles, aluvião e rejeito de cocuruto. A Figura 10.3 apresenta essas regiões pelas cores vermelha e amarela extraídas da modelagem realizada no software PLAXIS 2D da Bentley.





 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 53/87	

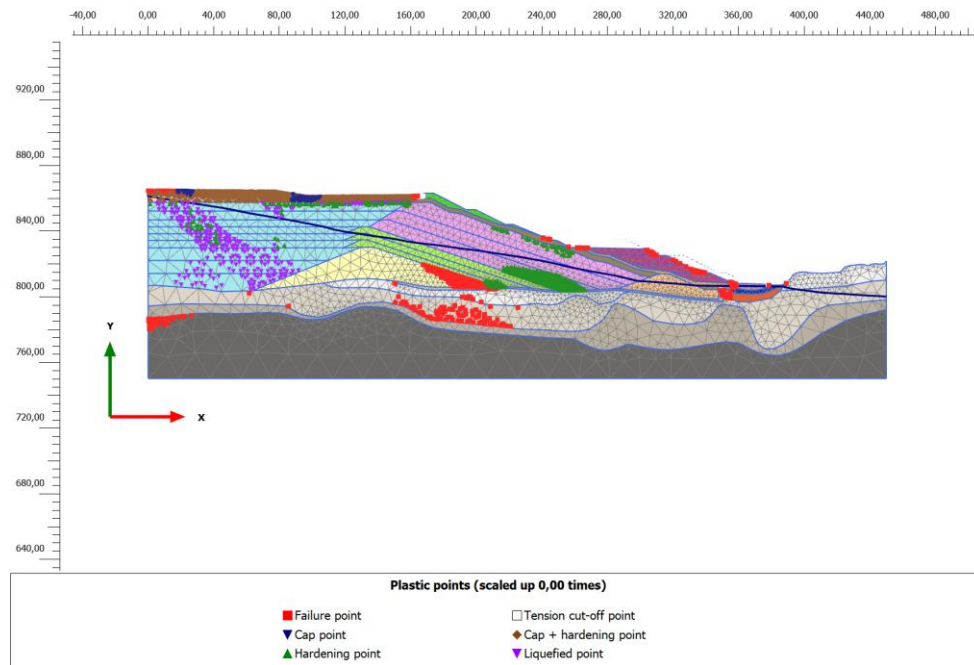


**Figura 10.3 - Distribuição do excesso de poropressão máxima para o sismo de Calexico. Escala em kPa. a) Estado atual. b) Estado intermediário. c) Estado final. Máximo excesso de poropressão = aprox. 150 kPa.**

Além da análise de tensão x deformação dinâmica, o projeto de descaracterização também realizou a avaliação do potencial de liquefação da Barragem Calcinados frente as solicitações de obra a partir do estudo de tensão x deformação estática não drenada empregando o uso do modelo constitutivo NorSand para os rejeitos conforme apresentado no relatório de número AA-198-TY-0580-267-RT-0007.

Na presente análise, embora os resultados apresentem geração de excesso de poropressão positiva, ao inspecionar os pontos de plastificação, observa-se a presença de áreas liquefeitas somente na região do reservatório, concluindo que o projeto não compromete a estabilidade e integridade da estrutura, conforme pode ser visualizado na **Figura 10.4**.

 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 54/87





**Figura 10.4 - Pontos de plastificação. (Condição: Não drenada).**

Com base nos resultados apresentados e no estado da arte da engenharia atual, a Tellus conclui que ainda não é possível quantificar com precisão os valores de leitura dos instrumentos de vibração da Barragem Calcinados que definam limites aceitáveis para evitar o acionamento do gatilho relacionado ao fenômeno de liquefação. Assim, para evitar falsos acionamentos de planos de ação devido à excedência de limites ainda incertos e sujeitos a fragilidades conceituais, o controle de segurança da estrutura deve ser conduzido por meio de um monitoramento integrado. Esse monitoramento deve considerar as leituras dos geofones, associadas as leituras dos piezômetros buscando avaliar se a vibração registrada resultou em geração de excesso de propressão, em caso positivo e sempre que o monitoramento identificar um comportamento anômalo com base no histórico dos dados, estas informações deverão ser utilizadas nos modelos numéricos desenvolvidos para o projeto buscando simular aquela condição apresentada em campo e avaliar os resultados da simulação frente aos dados obtidos.

Com base nos resultados da modelagem, será possível obter informações mais precisas e coerentes sobre a segurança da estrutura nas condições às quais estará submetida. A partir dessas informações, será possível determinar o nível de emergência a que estará sujeita, permitindo, assim, a definição e execução do plano de ação correspondente. Entretanto, alguns valores de referência foram definidos com base em dados históricos para que a passagem de caminhão durante as obras seja realiza em base segura sem corroborar com a



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 55/87	

alteração do comportamento geomecânico dos materiais da estrutura.

Para isso, foi considerado o estudo realizado pela empresa Walm apresentado no documento de número AA-198-WA-0580-267-RT-0001\_2, elaborado em novembro de 2022. Este estudo avaliou o histórico de dados obtidos a partir das duas campanhas de análise de vibrações realizadas pela empresa MecRoc através das medições das vibrações originadas por equipamentos móveis trafegando sobre a crista da Barragem Calcinados considerando diferentes cenários para medição conforme apresentado a seguir:



**Cenários da Campanha de 28/07/2022:**

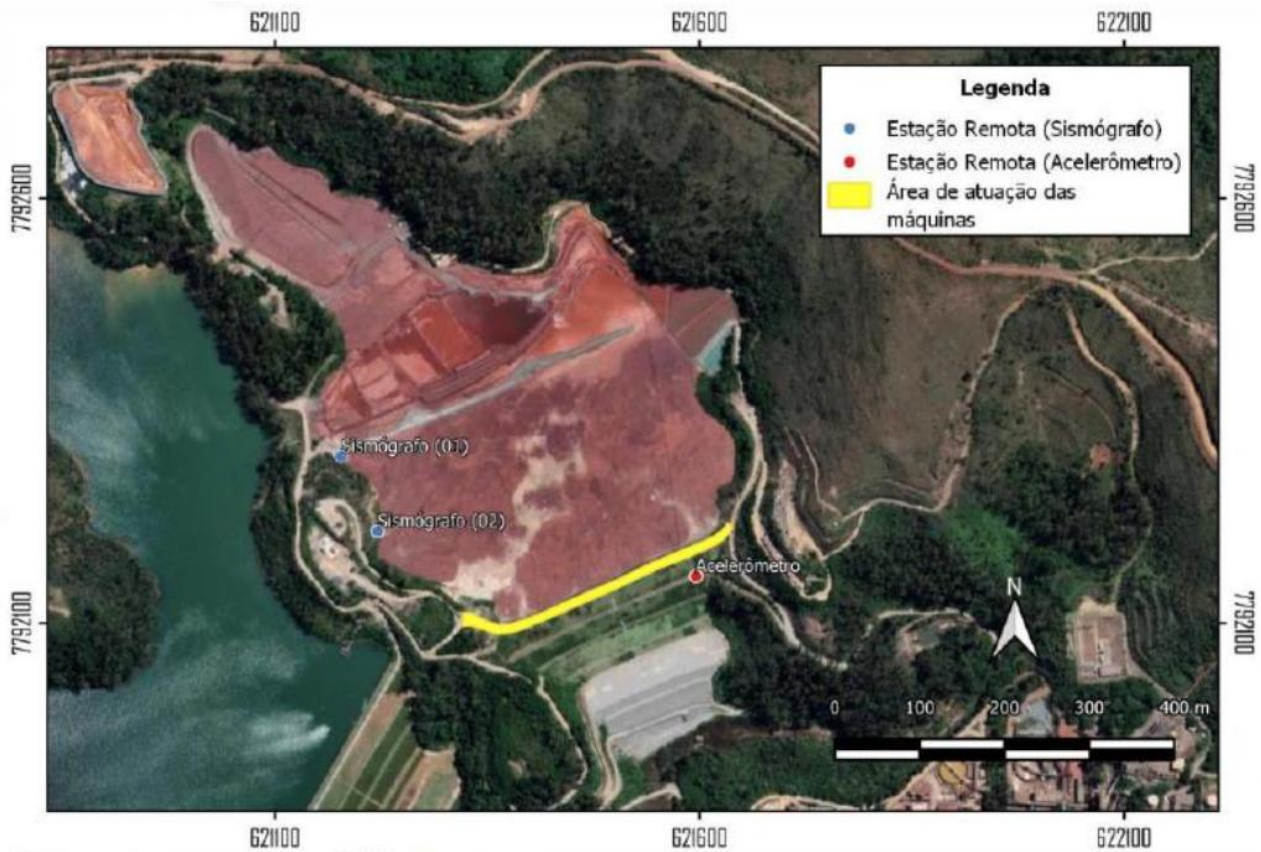
- Caminhão Munck trafegando na crista da barragem;
- Caminhão cheio trafegando na crista da barragem;
- Veículos Leves trafegando na crista da barragem sozinhos e em comboio.

**Cenários da Campanha de 25/10/2022:**

- Caminhão vazio trafegando na crista da barragem;
- Caminhão cheio trafegando na crista da barragem;
- Dois caminhões vazios trafegando simultaneamente na crista da barragem;
- Caminhão pipa cheio trafegando na crista da barragem.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 56/87	



**Figura 10.5 - Localização dos instrumentos de medição da campanha 28/07/2022 (Fonte: MecRoc, 2022)**

A partir dos resultados das análises realizadas pela empresa MecRoc e, considerando que o gatilho de liquefação em solos arenosos e areno-siltoso está associado a deformações cisalhantes superiores à  $10^{-2}$  %, conforme apresentado por Dobry e Abdoun (2015) a Walm utilizou os resultados obtidos nos 3 (três) ensaios piezôcone sísmico - SCPTUs executados pela Pattrol em 2019 no maciço, maciço de Calcinados (BCA-SM-03, BCA-SR-04 e BCA-SR-05), para aplicar a teoria de tensões em propagação de onda, conforme apresentado em Bretz (1990) e obter a correlação entre a velocidade de onda cisalhante com as tensões e deformações provocadas nos solos de acordo com a seguinte equação:



$$\varepsilon = V_p / V_c$$

Onde:

$$\varepsilon = \text{Deformação}$$

$$V_p = \text{Velocidade de partícula}$$



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 57/87	

Vc = Velocidade de onda cisalhante

Desta forma, considerando que as menores velocidades cisalhantes obtidas nos 3 ensaios de campo foram cerca de 100 m/s, adotando uma análise mais conservadora, obteve-se a velocidade da partícula igual à 10 mm/s e **o resultado limite aceitável para vibração da partícula igual à 3,33 mm/s** aplicando um fator de segurança de 3,0 estando este limite próximo ao sugerido por Tripathy & Shirke (2010) que sinalizam que critérios conservadores indicam uma faixa de trabalho variando de 5 mm/s a 15 mm/s.



Ressalta-se que os dados de monitoramento deverão ser avaliados em tempo real (online), ou seja, os níveis de vibração medidos devem ser observados e comparados ao limite estabelecido neste relatório. Em relação aos piezômetros, deverá ser realizada leituras antes de aplicação da passagem do caminhão, para servir de referência. Os excessos de poropressão gerados deverão ser compatíveis com carregamento do caminhão e serem dissipados em até 24hrs. Caso seja identificado que esses excessos não estejam sendo dissipados, o transporte deverá ser paralisado e deverá ser realizada a modelagem numérica para simulação do modelo considerando os registros observados em campo. O retorno da operação de transporte deverá ocorrer após aprovação do EoR e/ou após a verificação e certificação que as leituras dos instrumentação se normalizaram.

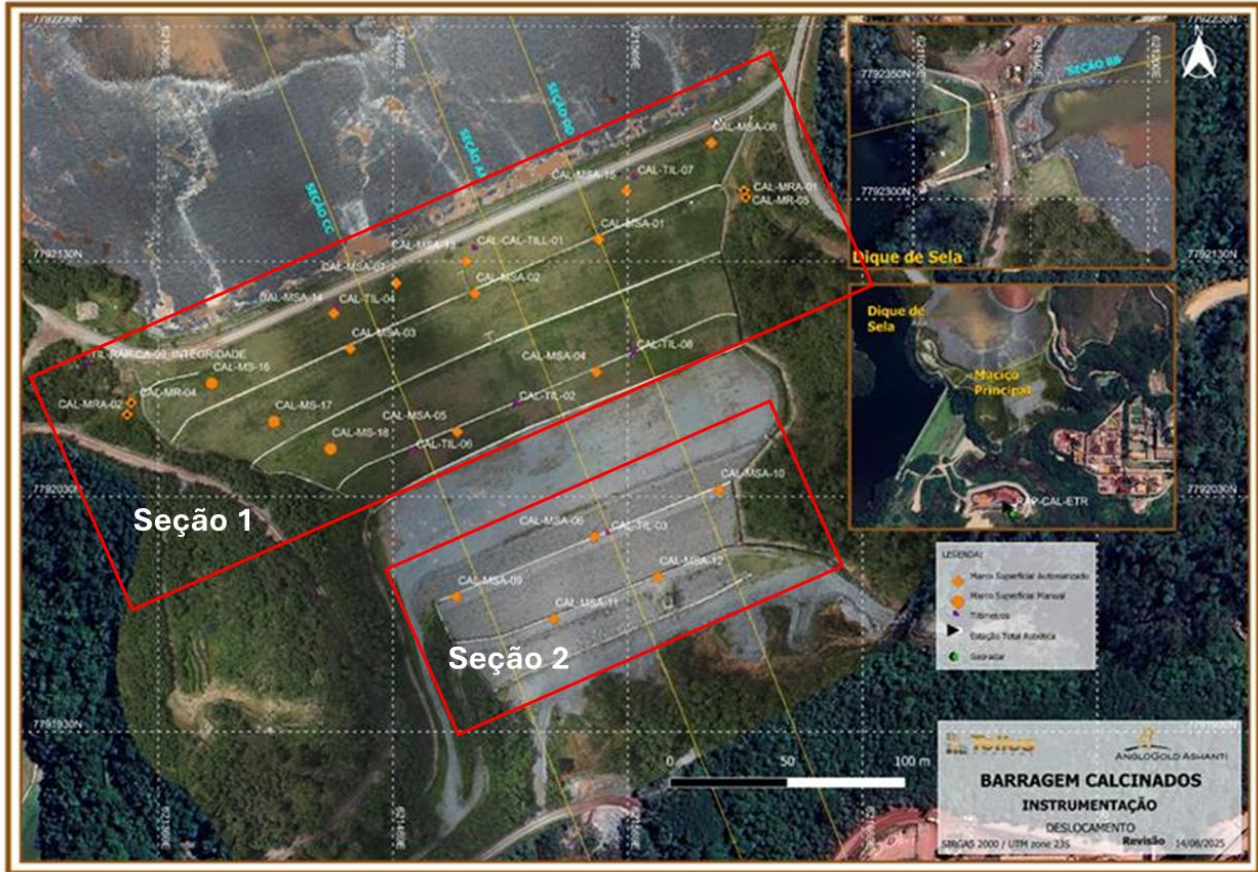
A tendência é que não haverá riscos de deflagração de gatilho de ruptura caso os registros de vibração indiquem valores abaixo de 3,33 mm/s, podendo exceder em picos momentâneos e localizados até um valor de 10 mm/s, desde que não sejam identificados excessos de poropressão nos piezômetros. Caso contrário, deve-se paralisar os trabalhos e avaliar eventuais medidas mitigadoras de redução de vibração. Caso não existam, esta situação deverá ser comunicada à projetista.

#### 10.4.3 Deslocamentos (Marcos Superficiais)

A Tabela 6-11 apresenta o controle dos níveis para os marcos superficiais, adotando o critério da Relação entre a Velocidade média dos deslocamentos medidos nos últimos 15 dias (Vm15d) para as determinações das movimentações verticais, movimentações horizontais Leste e movimentações horizontais Norte, respectivamente. Na avaliação foi considerado o histórico de dados de 2023 a 2025, contemplando o período do início das obras de descaracterização. No apêndice II são apresentados os gráficos com histórico de deslocamento e de velocidade média. Ademais, a avaliação foi conduzida discretizando a área do barramento em dois setores, conforme mostrado na Figura 10.6.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 58/87	





**Figura 10.6 - Locação dos marcos de deslocamento e identificação dos setores de avaliação.**

A Tabela 10.5 e Tabela 10.6 apresenta os deslocamentos verticais e horizontais máximos, em milímetros por dia (mm/dia), previstos para cada um dos níveis de controle. Cabe destacar que os níveis de controle propostos neste documento têm a finalidade de alertar possíveis condições adversas, sendo que estes não garantem a estabilidade da barragem.

**Tabela 10.5 - Níveis de controle dos marcos superficiais - Setor 1.**

ID	Velocidade de deslocamentos limites (mm/dia)	
	Normal	Alerta
CAL-MAS-01 CAL-MAS-02 CAL-MAS-04 CAL-MAS-05 CAL-MAS-07	Velocidade de deslocamentos verticais (mm/dia)	
	Vm15d < 0,50	Vm15d > 0,50
Velocidade de deslocamentos horizontais - Norte (mm/dia)		



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 59/87	

CAL-MAS-08 CAL-MAS-13 CAL-MAS-14 CAL-MAS-14 CAL-MAS-15 CAL-MS-16 CAL-MS-17 CAL-MS-18	Vm15d < 0,50	Vm15d > 0,50
	<b>Velocidade de deslocamentos horizontais - Leste (mm/dia)</b>	
	Vm15d < 0,50	Vm15d > 0,50

Nota:(1) O cálculo desta velocidade média deve ser atualizado a cada nova leitura considerando as leituras correspondentes aos 15 dias anteriores;

2) Os níveis de controle aqui estipulados devem ser considerados como referência para monitoramento da instrumentação instalada na barragem e deverão ser revistos frente a qualquer nova informação obtida ou a critério do geotécnico responsável pela gestão de segurança da estrutura e do respectivo Engenheiro de Registros (EdR);

(3) A verificação de leituras de um ou mais instrumentos em alerta deverá ser objeto de avaliação criteriosa do geotécnico responsável pela gestão de segurança da barragem visando a definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação destas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem como dos níveis de controle;

Tabela 10.6 - Níveis de controle dos marcos superficiais- Setor 2.

ID	Velocidade de deslocamentos limites (mm/dia)	
	Normal	Alerta
CAL-MAS-06 CAL-MAS-09 CAL-MAS-10 CAL-MAS-11 CAL-MAS-12	<b>Velocidade de deslocamentos verticais (mm/dia)</b>	
	Vm15d < 0,40	Vm15d > 0,40
	<b>Velocidade de deslocamentos horizontais - Norte (mm/dia)</b>	
	Vm15d < 0,20	Vm15d > 0,20
	<b>Velocidade de deslocamentos horizontais - Leste (mm/dia)</b>	
	Vm15d < 0,60	Vm15d > 0,60

Nota:(1) O cálculo desta velocidade média deve ser atualizado a cada nova leitura considerando as leituras correspondentes aos 15 dias anteriores;

2) Os níveis de controle aqui estipulados devem ser considerados como referência para monitoramento da instrumentação instalada na barragem e deverão ser revistos frente a qualquer nova informação obtida ou a critério do geotécnico responsável pela gestão de segurança da estrutura e do respectivo Engenheiro de Registros (EdR);



(3) A verificação de leituras de um ou mais instrumentos em alerta deverá ser objeto de avaliação criteriosa do geotécnico responsável pela gestão de segurança da barragem visando a definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação destas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem em níveis de emergência;

2) Os níveis de controle aqui estipulados devem ser considerados como referência para monitoramento da instrumentação instalada na barragem e deverão ser revistos frente a qualquer nova informação obtida ou a critério do geotécnico responsável pela gestão de segurança da estrutura e do respectivo Engenheiro de Registros (EdR);

(3) A verificação de leituras de um ou mais instrumentos em alerta deverá ser objeto de avaliação criteriosa do geotécnico responsável pela gestão de segurança da barragem e do respectivo Engenheiro de Registro (EdR) visando a definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação destas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem em níveis de controle;

Na avaliação dos níveis de controle e avaliação do comportamento é importante ressaltar que **um instrumento nunca deverá ser analisado de forma isolada, fora de um contexto de avaliação da condição integral da estrutura, para situação de emergência de acordo com a resolução nº 95, sendo necessário o complemento da análise multidisciplinar com a presença de equipes de engenharia responsável pela estrutura.**



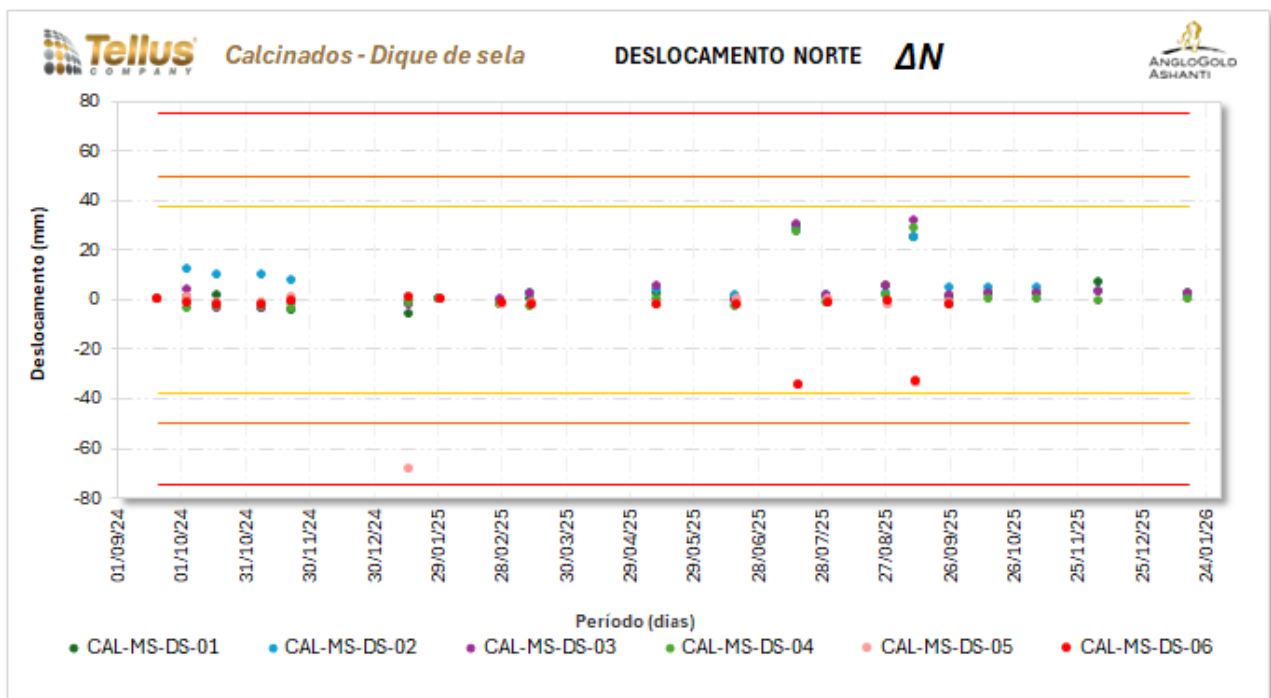
 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 60/87

Para os marcos de deslocamento do Dique de sela não foi realizada uma avaliação em termos de velocidade devido ao intervalo não contínuo de leituras disponível para definição de velocidade média com período dos últimos 15 dias. Dessa forma, recomenda-se que caso sejam identificadas variações abruptas entre as leituras de dias consecutivos, estas leituras devem ser comparadas aos dados históricos dos instrumentos para avaliação da condição da estrutura.



Complementarmente destaca que as definições dos **níveis de controle devem ser aplicados durante o período de obras na estrutura, após a conclusão os níveis devem ser atualizados conforme manual de monitoramento do projeto de descaracterização.**

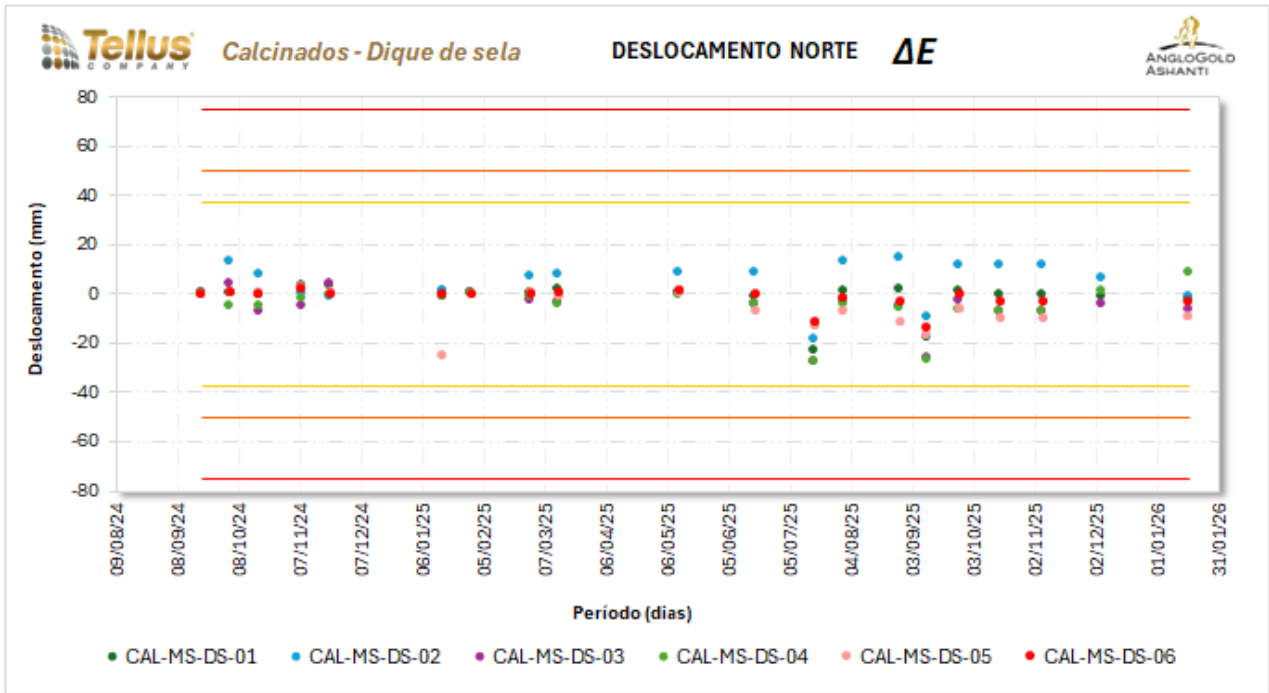
#### 10.4.3.1 Dique de Sela

O monitoramento dos deslocamentos do Dique de Sela é realizado através de 06 marcos superficiais no corpo do barramento (CAL-MS-DS-01 a 06). A Figura 10.7 à Figura 10.9 ilustram as leituras dos medidores.

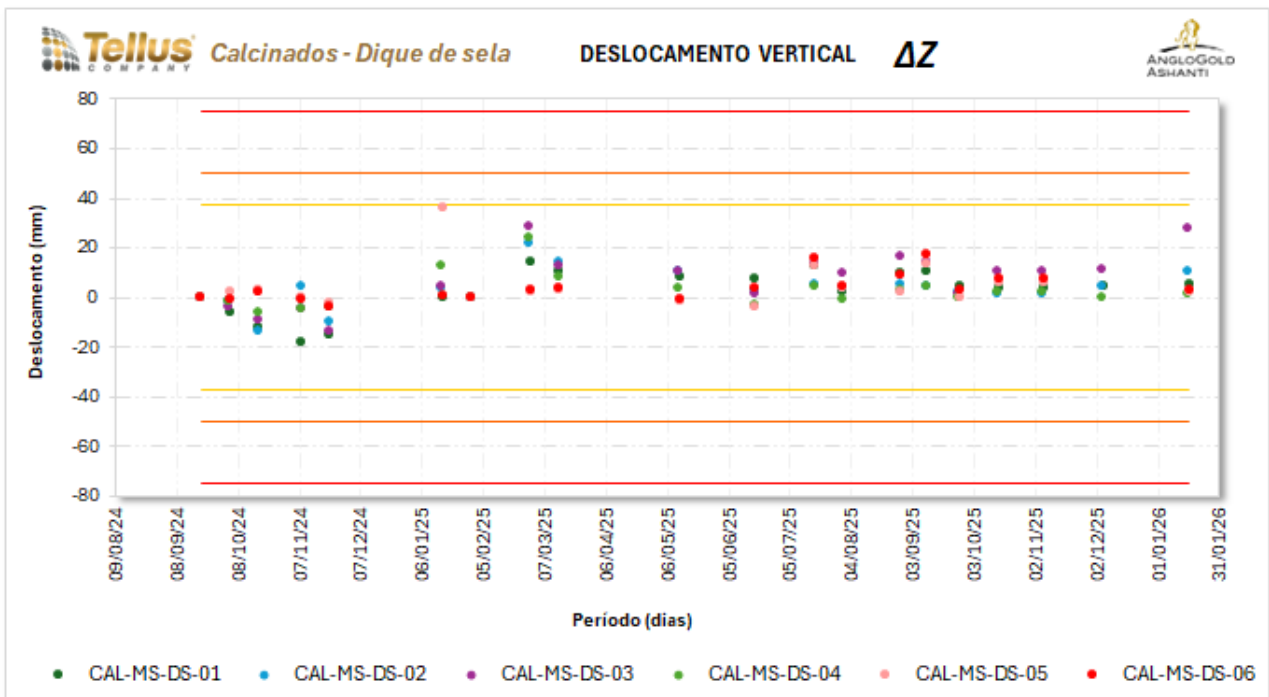


**Figura 10.7 - Dique de Sela - Medição dos deslocamentos - Norte**

 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 61/87





**Figura 10.8 - Dique de Sela - Medição dos deslocamentos - Leste**



**Figura 10.9 - Dique de Sela - Medição dos deslocamentos - Vertical**



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 62/87	

Para os marcos superficiais, a partir dos dados históricos dos deslocamentos da estrutura, foram definidos os níveis de controle baseados na amplitude e nas taxas de deformações. Os limites definidos são apresentados na Tabela 10.7.

**Tabela 10.7- Dique de Sela - Níveis de controle para os marcos superficiais.**

NÍVEL	Limites
Normal	Deformações com amplitudes inferiores à 2,5 cm.
Atenção	Deformações com amplitudes entre o nível normal (2,5 cm) e 1,5 vezes nível normal, e taxa de deformação decrescente (37,5 cm)
Alerta	Deformações com amplitudes entre o nível normal (2,5 cm) e 2,0 vezes nível normal, e taxa de deformação decrescente (5,0 cm)
Emergência	Deformações com amplitudes entre o nível normal (2,5 cm) e 3,0 vezes nível normal, e taxa de deformação decrescente (75,0 cm)

## 10.5 Frequência das Leituras

Durante o processo de descaracterização da **Barragem Calcínados**, as leituras dos instrumentos devem ser frequentes e sistemáticas. Durante a obra, as leituras são realizadas regularmente para monitorar a estabilidade, pressões hidráulicas e outros parâmetros relevantes. Após a conclusão da obra, as leituras continuam, com foco na detecção precoce de quaisquer mudanças nas condições da barragem. Durante o período chuvoso, as leituras são intensificadas devido ao aumento do risco de erosão e outros problemas relacionados à água. O monitoramento regular dos instrumentos é essencial para garantir a segurança e a eficácia das medidas de descaracterização da barragem.

Ressalta-se ainda que todas as leituras dos instrumentos devem ser registradas e documentadas de forma adequada e, posteriormente, tratadas e interpretadas conforme metodologia para cada tipo de instrumento. Além disso, deve-se incluir relatórios detalhados das condições observadas, resultados de medições e quaisquer ações tomadas em resposta ao monitoramento instrumental da estrutura.

Na **Tabela 10.8** é apresentada a periodicidade de monitoramento dos instrumentos previstos durante e após a realização das obras de descaracterização.





 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 63/87	



Tabela 10.8 - Periodicidade de leitura dos instrumentos durante e após obras de descaracterização.

Instrumento	Periodicidade mínima de leituras	
	Período de obra	Período Chuvoso - Obra
<b>Pluviômetro</b>	Diária	Diária
<b>Piezômetros</b>	Quinzenal (manual)	Quinzenal (manual)
	6 horas (automático)	6 horas (automático)
<b>Indicadores de Nível d'água</b>	Quinzenal	Quinzenal
<b>Marcos Superficiais</b>	6 horas (automático)	6 horas (automático)
<b>Sismógrafos</b>	24 horas por dia	24 horas por dia
<b>Medidores de vazão</b>	Quinzenal	Quinzenal
<b>Georadar</b>	24 horas por dia	24 horas por dia
<b>Videomonitoramento</b>	24 horas por dia	24 horas por dia
<b>Tiltímetros</b>	Os tiltímetros são instrumentos destinados ao acionamento de sirene, assim a frequência de leitura, bem como as TARPs associadas ao sistema de emergência são de responsabilidade da AGA.	

Ademais, algumas recomendações são feitas, para serem levadas em consideração durante o processo de coleta de dados dos instrumentos:

- O RT poderá alterar a frequência de monitoramento das estruturas a partir da análise dos resultados das leituras dos instrumentos. O diagnóstico deverá levar em consideração os critérios de normalidade, atenção e alerta da estrutura;
- Registros extraordinários deverão ser verificados após chuvas atípicas, de grande intensidade e duração;
- Os instrumentos analisados devem ter frequência de coleta dos dados iguais, devendo ser realizadas nos mesmos dias e horários;
- Após a coleta dos dados dos instrumentos, os resultados devem ser apresentados em gráficos cronológicos e anexados às tabelas digitais dos valores das leituras, bem como ao Volume 3 do PSB. Esses arquivos devem ser verificados e comparados com os níveis de segurança estabelecidos nas



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 64/87	

cartas de risco e submetidos à análise do RT;

- A Barragem Calcinados deve ser monitorada pelo Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) da planta de Queiroz, que deve operar 24 horas por dia, 7 dias por semana, com coleta de dados constantes e apresentados nos Relatórios de Monitoramento das Barragens. O CMG deve possuir equipe qualificada e dedicada para monitoramento e tomada de decisões em tempo integral, com conhecimento dos níveis de controle da instrumentação existente, conforme preconizado pela Resolução nº 95/2022 para barragens classificadas com DPA alto, como é o caso da Barragem Calcinados.
- Caso seja identificada a necessidade de realização de leituras em espaços de tempo mais curtos, estas deverão ser realizadas sempre que indicado pela equipe técnica especializada responsável pela estrutura.

## 11 PLANO DE INSPEÇÕES

O Plano de Inspeção complementa o Plano de Monitoramento por instrumentação, fornecendo uma avaliação qualitativa das condições físicas da estrutura. As inspeções permitem a identificação de anomalias que possam afetar a estabilidade e o estado de conservação do barramento durante e após o processo de descaracterização.



Ressalta-se que essa atividade deve ser realizada por equipe capacitada e treinada, de maneira que as anomalias passíveis de afetar a segurança da estrutura consigam ser identificadas visualmente.

Ademais, as inspeções realizadas devem ser devidamente registradas em ficha de inspeção interna da AGA, e logo após cadastradas devem ser arquivadas em local de fácil acesso para visitação e armazenadas em formato digital no Volume 3 do PSB da estrutura. No **Anexo A** é apresentado um modelo de Ficha de Inspeção a ser utilizado nas inspeções visuais.

### 11.1 Níveis de Controle das Inspeções

Para a definição dos níveis de controle para as inspeções visuais a serem realizadas na **Barragem Calcinados**, foi utilizado o Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), presente no Anexo IV da Resolução 95 da ANM. Diante disso, os níveis de controle são definidos da seguinte forma:



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 65/87	

*“Nível Normal: quando não forem identificadas anomalias quaisquer na barragem e as atividades de manutenção preventiva estiverem sendo executadas conforme planejado.*

*Nível de Alerta: quando ocorrerem uma ou mais das seguintes situações:*

*For detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV da Resolução 95 da ANM em 2 (dois) EIR seguidos; ou*

*For detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada;*

*Nível de Emergência 1: quando ocorrerem uma ou mais das seguintes situações:*

*Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV da Resolução 95 da ANM em 4 (quatro) EIR seguidos; ou*

*Quando for detectada anomalia com pontuação 10 (dez) no EIR;*

*Para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.*

*Nível de Emergência 2: Quando a anomalia que resultou na pontuação máxima de 10 (dez) pontos não foi controlada e tampouco extinta, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-la; ou*

*Nível de Emergência 3: Observadas anomalias que indicam que a ruptura é inevitável ou está ocorrendo;”*



No tópico 11.2 são apresentados os procedimentos a serem realizados nas inspeções para cada um dos principais componentes da estrutura.

## 11.2 Aspectos de Inspeção visual

A seguir, são apresentados os itens que deverão ser inspecionados regularmente em cada um dos componentes principais da **Barragem Calcinados**. Entretanto, cabe ressaltar que não se deve restringir-se às inspeções aqui apresentadas, mas também considerar as inspeções específicas de avaliações de segurança, as determinadas por legislações estaduais e federais, bem como as determinadas pelo EoR, comissão de consultores externos e pela própria AGA.

### 11.2.1 Acessos



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 66/87	

Os acessos operacionais da barragem devem estar em condições adequadas de trafegabilidade por pessoas, veículos e equipamentos. O material de revestimento dos acessos deve permitir o tráfego e suportar as cargas previstas, independente do regime de chuvas.

Os taludes dos acessos devem estar estáveis e revestidos por cobertura vegetal para evitar o desenvolvimento de processos erosivos ou até mesmo ruptura que possa bloquear ou prejudicar o uso do acesso. O correto direcionamento da drenagem superficial contribuirá para as boas condições do acesso, evitando empocamento, erosões ou instabilizações.

### 11.2.2 Estrutura do barramento



O coroamento, taludes e ombreiras do maciço devem estar isentos de trincas, recalques, abatimentos, potenciais superfícies instáveis, erosões, surgências e áreas umedecidas. A detecção de alguma dessas anomalias deve ser registrada com a data, local de ocorrência, extensão, orientação, abertura e profundidade, com possíveis justificativas para a causa da anomalia. Esse registro deve ser encaminhado imediatamente para o RT visando sua avaliação aprofundada e a definição das medidas de tratamento e mitigação de riscos necessárias.

O revestimento superficial dos taludes deve ser observado quanto à homogeneidade da cor e cobertura vegetal. De modo geral, é recomendada a proteção vegetal utilizando espécies de gramíneas, que contribuem para minorar processos erosivos e carreamento de sedimentos. Ressalta-se que a presença de espécies vegetais com raízes extensas, presença de formigueiros ou tocas de animais podem favorecer caminhos preferenciais de percolação de água ou vazios no maciço e, portanto, devem ser eliminados.

É importante salientar que atenção especial deve ser dada a eventuais regiões saturadas ou surgências d'água identificadas ao longo dos taludes e ombreiras das estruturas. Evidências da ocorrência deste tipo de anomalia podem incluir: coloração diferenciada observada na vegetação ou crescimento anômalo; áreas com solos ou rejeitos bastante umedecidos ou de consistência mole.

O responsável pela inspeção também deve realizar registros na ficha de inspeção de qualquer sinal de movimentação identificado, bem como de caminhos preferenciais de água, ravinamentos, erosões e surgências, incluindo data, local, características (como a presença ou ausência de carreamento de material), e possíveis causas. Ademais, o Responsável Técnico deve ser comunicado para que providências sejam tomadas. Em casos de surgência, é necessário delimitar topograficamente as regiões saturadas ou úmidas para permitir a realização de inspeções diárias para controlar a evolução ou regressão da anomalia.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 67/87	

### 11.2.3 Espaldar de jusante (taludes e bermas)

Na inspeção do espaldar de jusante, abrangendo taludes e bermas, deve ser verificada a presença de cicatrizes de rastejo superficial, abaulamento, trincas, recalques, abatimentos, potenciais superfícies instáveis ou erosões e surgências ou áreas umedecidas.

Caso sejam identificadas surgências ou região saturada nos taludes, estas devem ser delimitadas topograficamente para permitir a realização de inspeções diárias para controle da evolução ou regressão da anomalia. A surgência deve ser classificada como superficial ou não, se apresenta carreamento de partículas etc.

O revestimento superficial dos taludes deve ser observado quanto à homogeneidade da cor e cobertura vegetal, além do crescimento da vegetação nos taludes e bermas de jusante, de montante e no contato com as ombreiras. Além disso, deve-se observar se há presença de insetos/animais e pontos com acúmulo de água, bem como a possibilidade de a inclinação da berma estar direcionada para o talude de jusante, o que pode ocasionar vertimento nessa direção e viabilizar focos erosivos, e as condições das canaletas.

Ademais, também devem ser verificados sinais de movimentação, procurando indicadores de deslizamento planares ou circulares e de enrugamentos no talude. Qualquer anomalia encontrada deve ser devidamente registrada na ficha de inspeção e comunicada ao Responsável Técnico, para que as providências sejam tomadas.



### 11.2.4 Drenagem Superficial

O sistema de drenagem existente deve conduzir o fluxo de água e direcioná-lo de forma ordenada para jusante da estrutura, buscando evitar o surgimento de processos erosivos.

Para o bom funcionamento do sistema de drenagem, caso haja solicitação, é fundamental que os elementos estejam preservados e em condições adequadas de funcionamento. Assim, a inspeção visual desempenha um importante papel nesse processo, sendo essencial observar o estado de conservação e o direcionamento, tanto o caimento transversal como o longitudinal, de cada dispositivo.

O responsável pela inspeção visual deve observar e realizar os registros na ficha de inspeção: da presença de vegetação invasora nos dispositivos de drenagem; do nível de assoreamento do sistema; das condições dos revestimentos; da obstrução do sistema; da existência de trincas/fissuras/abatimentos nos dispositivos; do acúmulo de água (empoçamento) na drenagem ou ao redor dela; da existência de pontos de escape da água; da ocorrência de sinais que possam indicar o surgimento de processos erosivos na região de



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 68/87	

desemboque das canaletas ou descidas d'água, além de outras condições anômalas verificadas.

### 11.2.5 Sumps

No Projeto Executivo de Descaracterização da **Barragem Calcinados** está prevista a execução de três estruturas destinadas à contenção de sedimentos, sumps temporários e um sump permanente à jusante da estrutura para contenção da vazão da drenagem interna e direcionamento para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

As estruturas temporárias têm como objetivo reter a contribuição difusa contaminada, em contato com o rejeito, advindas em períodos chuvosos durante as atividades de fechamento do reservatório da barragem. Nesse sentido, as inspeções visuais desses dispositivos devem ser realizadas regularmente visando identificar quaisquer problemas ou danos que possam comprometer a funcionalidade dos sumps e sua limpeza deverá ser realizada a cada 3 meses e/ou a cada evento chuvoso.

No sump definitivo, à jusante da estrutura, e nos canais de drenagem deverão ser realizadas limpezas a cada 6 meses e/ou a cada evento chuvoso.



Dentre as atividades de inspeção dessas estruturas, incluem-se a identificação de sinais visíveis de danos, erosões, rachaduras, deformações ou qualquer outra anomalia que possa comprometer a funcionalidade dos sumps; o monitoramento da capacidade de retenção dos sumps conforme o projetado (22 m<sup>3</sup>/h), com base na aferição dos medidores de vazão instalados na saída da torre de percolados. Além disso, atenção especial deve ser dada a essas estruturas durante o período chuvoso. Isso inclui observar a integridade dos sumps e verificar se a inclinação de seus taludes está conforme o projeto, além da garantia de bombeamento durante os eventos não excedendo uma pausa com mais de 24h, conforme estabelecido em projeto.

### 11.2.6 Extravasor

Nas inspeções realizadas no extravasor, devem ser realizadas verificações que garantam a integridade da estrutura e seu pleno funcionamento.

O responsável pela inspeção visual deve observar e realizar os registros na ficha de inspeção: da presença de vegetação e sedimentos no emboque do extravasor, que podem dificultar o vertimento; da presença de material na porção de descida e bacia de dissipação; no surgimento de processo erosivo na porção imediatamente à jusante do desemboque da bacia de dissipação; do surgimento de danos físicos na estrutura de concreto, como trincas, recalques diferenciais, armação exposta, vazamento nas juntas, entre outros; no



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 69/87	

assoreamento por sedimentos ou outros materiais que podem comprometer o desempenho do extravasor; da cavitação no concreto, de modo a evitar a erosão por esse processo, entre outros.

### 11.2.7 Sistema de cobertura do reservatório

O Projeto Executivo de Descaracterização da **Barragem Calcinados** prevê a proteção da superfície final do reservatório com uma camada de rejeito filtrado esteirado, seguida por uma camada de 40 cm de solo da área de empréstimo da jazida 1, 20 cm de solo orgânico e 10 cm de cobertura vegetal. A impermeabilização do reservatório tem como objetivo minimizar a infiltração e garantir a gestão da água.

Nesse contexto, as inspeções nessa região têm a finalidade de garantir a estabilidade, segurança e eficácia do sistema de cobertura durante o processo de descaracterização e após sua conclusão.

Dentre as atividades de inspeção visual na região do reservatório, incluem-se: a identificação de quaisquer sinais de dano, erosão, infiltração, irregularidades ou outras anomalias; identificação do surgimento de vegetação arbustiva na borda do reservatório; o acompanhamento da compactação do solo e da inclinação da cobertura; verificação em relação ao transporte de sedimentos; além da observação de possíveis instabilidades que possam exigir intervenções.

### 11.2.8 Instrumentação

Para assegurar a operacionalidade tanto da instrumentação atual quanto daquela que será implementada, é fundamental realizar verificações regulares do estado de conservação dos instrumentos, além de providenciar uma identificação e sinalização adequadas para eles.



### 11.2.9 Ações de Inspeção

Na Tabela 11.1 são listados os aspectos visuais e as ações a serem executadas durante as inspeções realizadas na **Barragem Calcinados**.

Tabela 11.1 - Ações nas inspeções.



Item inspecionado	Ação na inspeção
<b>Acessos à Barragem Calcinados e estruturas anexas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar as condições dos acessos à Barragem Calcinados;</li> </ul>



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 70/87	

Item inspecionado	Ação na inspeção
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar se as condições dos acessos estão adequadas para a trafegabilidade de veículos e de equipamentos de manutenção, independente do regime de chuvas;</li> <li>• Verificar as condições dos dispositivos de drenagem anexos aos acessos.</li> </ul>
<b>Taludes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a ocorrência de sinais visíveis de erosão, rachaduras, escorregamentos de terra, ou qualquer outra anomalia que possa comprometer a estabilidade do talude;</li> <li>• Após a ocorrência de chuvas fortes, deve-se avaliar possíveis danos causados a estrutura dos taludes;</li> <li>• Avaliação da eficácia do sistema de drenagem dos taludes, visando garantir a não ocorrência de acúmulo de água no talude, de modo a preservar sua estabilidade;</li> <li>• Verificar as condições do revestimento vegetal do talude de jusante, garantindo sua proteção contra processos erosivos;</li> <li>• Verificação de surgências de água, presença de áreas úmidas, bolhas, pontos moles e áreas com desenvolvimento incomum ou coloração diferenciada na vegetação;</li> <li>• No caso de ocorrência de surgências, sua origem deve ser determinada.</li> </ul>
<b>Maciço</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar a camada de proteção superficial, o nivelamento, a largura e possíveis recalques ao longo da crista;</li> <li>• Verificar a ocorrência de fissuras e trincas. Essas anomalias devem ser avaliadas quanto à sua espessura, comprimento e profundidade, além da avaliação e monitoramento do seu comportamento (progressão, regressão ou estabilização);</li> <li>• Avaliação do sistema de drenagem superficial, observando deficiências que possam resultar em fluxos descontrolados, com potencial para processos erosivos, percolação e/ou saturação do maciço. As deficiências no sistema de drenagem podem se manifestar por meio de trincas e fissuras nas estruturas de concreto, ou pelo deslocamento de blocos nas estruturas de enrocamento, podendo criar caminhos alternativos de escoamento de água.</li> </ul>
<b>Percolação e controle da drenagem interna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecionar a água extravasada pela torre de percolados, verificando se há a ocorrência de materiais carreados;</li> </ul>
<b>Dispositivos de drenagem superficial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a ocorrência ou não de material sólido depositado nos canais periféricos, e proceder com as atividades de manutenção necessárias;</li> <li>• Realizar atividades de manutenção, que podem envolver reparos, limpeza, reforço estrutural e outras ações para assegurar que os dispositivos de drenagem permaneçam em ótimas condições de funcionamento.</li> </ul>
<b>Sumps temporários</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar sinais visíveis de danos, erosões, rachaduras, deformações ou qualquer outra anomalia nos <i>sumps</i>;</li> <li>• Monitorar regularmente a capacidade dos <i>sumps</i> e correto direcionamento para o Dique de Balsa;</li> <li>• Realizar atividades de manutenção, tais como reparos, limpeza, reforço estrutural e outras intervenções necessárias para garantir que a estrutura se mantenha em condições adequadas de funcionamento.</li> </ul>



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	MANUAL DE MONITORAMENTO	
BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO	Nº AGA AA-229-TY-0580-267-MA-0001	Revisão: 4	
	Nº TELLUS TL24-0108-0107-GT-MA-0001	Folha 71/87	

Item inspecionado	Ação na inspeção
Sistema de cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante o período de descaracterização:</li> <li>• Realizar inspeções visuais regulares no sistema de cobertura para identificar quaisquer sinais de danos, erosões, infiltrações, irregularidades ou qualquer outra anomalia;</li> <li>• Monitorar os recalques do solo, a inclinação da cobertura e quaisquer sinais de instabilidade que possam indicar a necessidade de intervenção.</li> <li>• Para a estrutura descaracterizada:</li> <li>• Avaliar a integridade e a eficácia do sistema de cobertura;</li> <li>• Implementar medidas de manutenção e reparo conforme necessário para assegurar a integridade do sistema de cobertura. Isso pode envolver reparos de danos, reforço da estrutura, manutenção dos sistemas de drenagem e outras ações corretivas.</li> </ul>

### 11.3 Frequência de Inspeção



Durante o processo de descaracterização da **Barragem Calcinados**, as inspeções devem ser frequentes e abrangentes. Durante a obra, as inspeções são realizadas regularmente para monitorar a estabilidade, segurança e conformidade com os padrões de engenharia. Após a conclusão da obra, as inspeções continuam, com foco na integridade do sistema de cobertura, controle de erosão e eficácia das medidas de mitigação. O monitoramento contínuo é essencial para garantir a segurança e minimizar os impactos ambientais durante todo o processo de descaracterização da barragem.

Diante desse contexto, na **Tabela 11.2** são apresentados os tipos e a frequência das inspeções a serem realizadas na **Barragem Calcinados**.

Tabela 11.2 - Tipos e periodicidade das inspeções para a Barragem Calcinados.

Tipos de Inspeção	Responsáveis	Registro	Frequência das Inspeções
Inspeção rotineira ou regular	Geotecnia Operacional	Caso seja identificada alguma anomalia deve-se preencher <i>check list</i> conforme apresentado no Anexo A e enviar ao RT e avaliar a frequência das inspeções.	Quinzenal
Inspeção formal	Responsável Técnico	Deve ser emitido um relatório contendo as observações de campo e as recomendações pertinentes.	Trimestral



 ANGLOGOLD ASHANTI	 Tellus COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS ENGENHARIA DETALHADA GEOTECNIA MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 72/87

Tipos de Inspeção	Responsáveis	Registro	Frequência das Inspeções
Inspeção especial	Geotecnia Operacional; Responsável Técnico	Deve ser emitido relatório contendo as seguintes informações, sem a elas se limitar: data; local; diagnóstico da anomalia verificada; ações de mitigação dos riscos associados; plano de ação pelo Geotécnico e áreas relacionadas; e a revisão da periodicidade de monitoramento e inspeção da estrutura.	Sempre que o monitoramento registrar leituras em nível de Atenção, Alerta ou Emergência, conforme as respectivas cartas de riscos, mediante avaliação técnica do geotécnico responsável, que deverá definir a necessidade, ou quando as inspeções visuais identificarem anomalias na estrutura.

Salienta-se ainda que quaisquer anomalias identificadas durante a realização das inspeções, devem ser comunicadas prontamente ao Responsável Técnico e a equipe de Geotecnia. Isso permite que o geotécnico avalie a anomalia, determine sua severidade e classificação conforme o quadro do Estado de Conservação, e aplique as medidas necessárias para mitigar os riscos.



Além disso, caso sejam identificadas anomalias não triviais, estas devem ser acompanhadas por engenheiro geotécnico, priorizadas para manutenção e registradas em Nota Técnica, para garantir a rastreabilidade em relação à detecção e ao tratamento da anomalia identificada.

Cabe destacar que todas as inspeções realizadas devem ser registradas nas fichas de inspeção e as fichas devem ser armazenadas, em formato digital, no Volume 3 do PSB da estrutura, na pasta referente às Fichas de Inspeções de Segurança de Barragens.

De acordo com a Resolução nº 95 da ANM, caso for detectada anomalia com pontuação 6 na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação quanto à Categoria de Risco (Estado de Conservação) do Anexo IV em 2 Extratos de Inspeção Regular seguidos; ou for detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada; ou a critério da ANM, considera-se iniciada uma situação de nível de alerta da estrutura.

Caso sejam constatadas anomalias com pontuação máxima de 10 pontos no Estado de Conservação da Matriz de Categoria de Risco, da Resolução ANM nº 95/2022, ou qualquer outra situação com potencial de comprometimento da estrutura, dá-se início a uma situação de emergência com a execução das ações previstas no PAEBM, bem como a realização de Inspeção de Segurança Especial (ISE), com frequência



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 73/87	

diária, e preenchimento diário do extrato de inspeção no SIGBM. A extinção ou controle da anomalia detectada deve ser comunicada à ANM e deve ser emitido o Relatório de Conclusão de Inspeção Especial (RCIE), acompanhado da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do profissional responsável pela elaboração, conforme estabelecido no art. 77 da Resolução.

## 12 PLANO DE AÇÃO DOS NÍVEIS



De maneira geral, definem-se ações para os níveis de controle (Figura 12.1), caso seja identificado que a barragem se encontra em algum dos níveis especificados. O **Anexo B - Fluxograma 4.7 - Realizar monitoramento contínuo das instrumentações geotécnicas** disponibilizado pela Gerência de Geotecnia Operacional da AGA pode ser empregado como uma ferramenta operacional do monitoramento geotécnico da barragem.

<b>ATENÇÃO</b>	<b>ALERTA</b>	<b>EMERGÊNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Avisar ao Geotécnico responsável da estrutura;</li> <li>Repetir imediatamente as leituras de campo de todos instrumentos;</li> <li>Executar inspeção visual das estruturas da barragem;</li> <li>Verificar o aparecimento de surgências e processos erosivos nos taludes e área a jusante;</li> <li>Inspecionar a saída da drenagem interna em busca de carreamento de sólidos (água suja);</li> <li>Avaliar a necessidade de se executar teste nos instrumentos</li> <li>Verificar necessidade de suporte da projetista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avisar ao Geotécnico responsável da estrutura;</li> <li>Repetir imediatamente as leituras de campo de todos instrumentos;</li> <li>Executar inspeção visual das estruturas da barragem;</li> <li>Verificar o aparecimento de surgências e processos erosivos nos taludes e área a jusante;</li> <li>Inspecionar a saída da drenagem interna em busca de carreamento de sólidos (água suja);</li> <li>Avaliar a necessidade de se executar teste nos instrumentos;</li> <li>Verificar necessidade de suporte da projetista;</li> <li>Acionar Plano de Contingências internamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avisar ao Geotécnico responsável da estrutura;</li> <li>Repetir imediatamente as leituras de campo de todos instrumentos;</li> <li>Executar inspeção visual das estruturas da barragem;</li> <li>Verificar o aparecimento de surgências e processos erosivos nos taludes e área a jusante;</li> <li>Inspecionar a saída da drenagem interna em busca de carreamento de sólidos (água suja);</li> <li>Avaliar a necessidade de se executar teste nos instrumentos;</li> <li>Verificar necessidade de suporte da projetista;</li> <li>Acionar Plano de Contingências internamente e Externamente;</li> <li>Projetar e executar obras de estabilização ou de alívio de subpressões em caráter de emergência.</li> </ul>

Figura 12.1 - Ações a serem realizadas considerando cada nível de controle atingido.

Atingindo qualquer um dos níveis de controle, a partir da interpretação conjunta das leituras dos instrumentos e da inspeção visual, o geotécnico responsável pela estrutura deverá avisar o responsável do Plano de Ação de Emergência da Barragem de Mineração (PAEBM) para que sejam acionadas as ações previstas no documento para a situação de emergência.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 74/87	

### 13 PLANO DE OPERAÇÃO DURANTE OBRAS DE DESCARACTERIZAÇÃO

A seguir serão apresentados o plano operacional para o transporte e disposição dos rejeitos filtrados para o fechamento do reservatório da Barragem Calcinados no processo de descaracterização, assim como a operação para manter a estrutura em boa condição, estabelecendo os processos a serem seguidos, de modo a atender aos requisitos estabelecidos em projeto.

#### 13.1 Objetivo

O plano de operação tem a finalidade de definir os padrões e procedimentos operacionais, de acordo com os critérios do projeto de descaracterização, requisitos regulatórios, políticas da empresa e práticas operacionais sólidas, abrangendo todos os aspectos significativos e atividades para a disposição e armazenamento econômico, seguro e ambiental responsável dos rejeitos filtrados e gestão hídrica. A **Figura 13.1** apresenta o fluxograma de operações conforme estabelece o manual de operação da MAC.

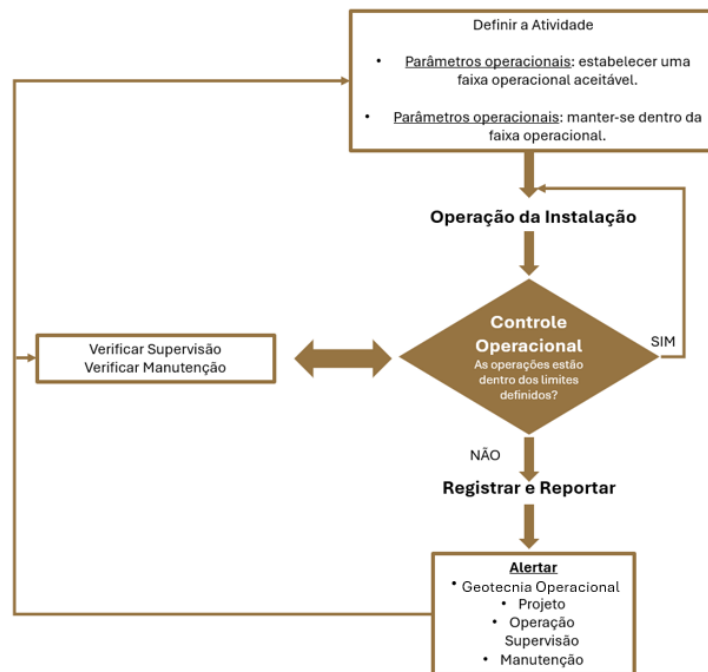




Figura 13.1 - Fluxograma de Operações (Fonte: Desenvolvendo um Manual de Operação, Manutenção e Supervisão para Instalações de Gestão de Rejeitos e Água, MAC).

#### 13.2 Transporte e Deposição dos Rejeitos Filtrados

A disposição dos rejeitos filtrados no reservatório da **Barragem Calcinados** se dará como parte integrante do projeto de descaracterização de modo a conferir a inclinação necessária para o correto direcionamento do percolado para os canais periféricos de drenagem superficial propostos para o fechamento da estrutura.

 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 75/87	

O escoamento pluvial oriundo das encostas na região do reservatório da **Barragem Calcinados**, bem como as vazões originadas da contribuição direta sobre a camada de cobertura depositada serão conduzidos por canais até as descidas d'água cujo desague se dá no reservatório da Barragem Rapauinha, adjacente a estrutura. Esta estrutura foi verificada para a vazão de projeto calculada e se mostra adequada para a condução do escoamento, conforme apresenta o documento AA-198-TY-0580-206-RT-0003.

A **Figura 13.2** apresenta a diagramação da drenagem com as declividades previstas para o fechamento do reservatório, parte integrante do projeto de descaracterização da estrutura.

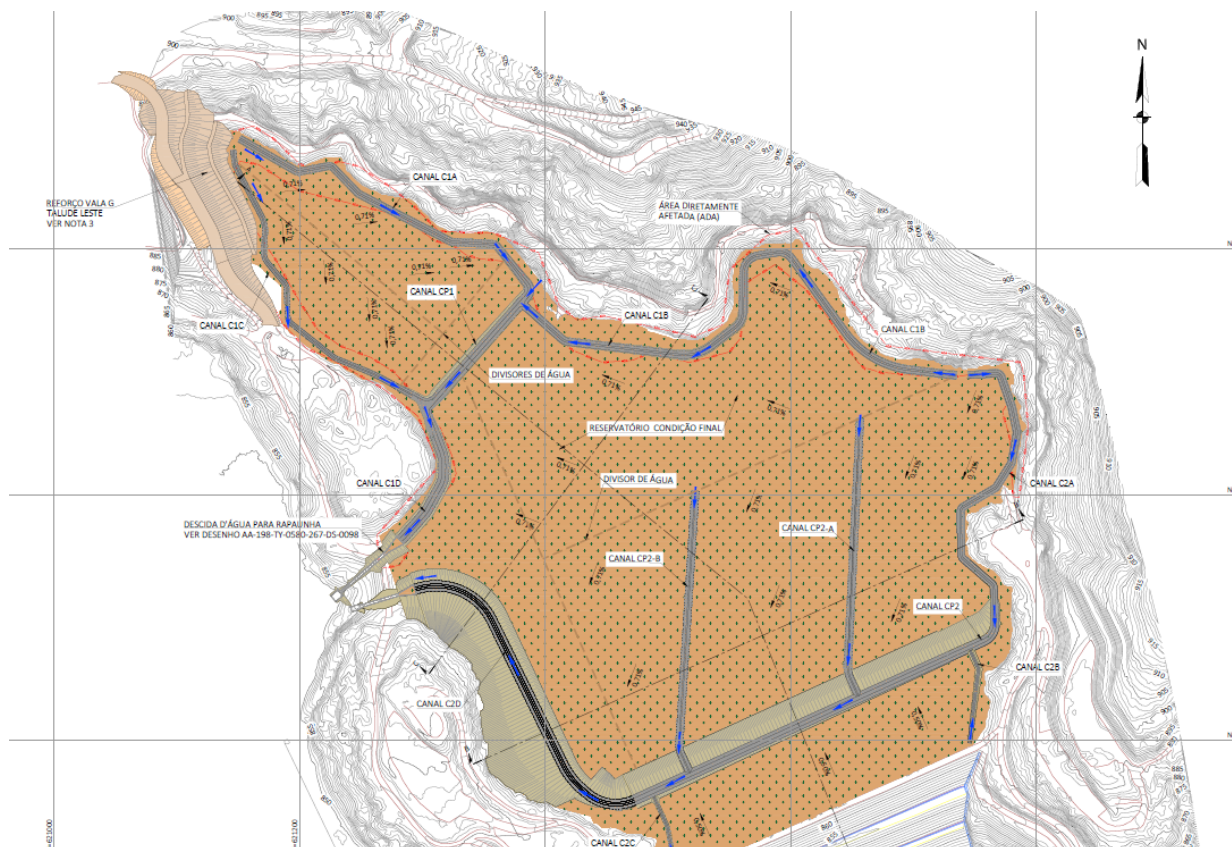




Figura 13.2 - Projeto de Descaracterização - Diagramação da drenagem superficial no reservatório da Barragem Calcinados (Desenho: AA-198-TY-0580-267-DS-0031, Tellus 2024).

O dimensionamento dos dispositivos considerou-se o tempo de retorno de 500 anos, conforme a NBR 13.028/2017, exceto para os canais de cintura na região sul do reservatório, sendo eles: C2A, C2B, C2C, C2D, CP2, CP2A o CP2AB, onde considerou-se a PMP.



Segurança      Qualidade      Sustentabilidade      Inovação



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 76/87	

Ressalta-se que todos os dispositivos dimensionados para o TR 500 anos foram majorados 30%, conforme recomendação de Pinheiro (2011), sendo verificados com a vazão oriunda da precipitação com tempo de retorno de 1.000 anos e PMP, sem majoração, e todos são capazes de conduzir o fluxo sem o transbordo.

A etapa de disposição dos rejeitos para regularização e fechamento do reservatório foi subdividida em seis etapas visando a segurança operacional e demandas de produção dos rejeitos, permitindo assim, o controle de uma área menor com rejeitos expostos, garantindo a impermeabilização das demais áreas do reservatório.

A 1ª etapa de fechamento, apresentada na nota técnica de número AA-198-TY-0580-267-NT-0001, foi desenvolvida em maio de 2024 visando subsidiar a definição da melhor sistemática construtiva, permitindo a definição da espessura da camada lançada tal que se obtenha as características e comportamento do material desejado, auxiliando na definição do controle tecnológico a ser adotado para as demais etapas de regularização. Após a execução desta etapa, o presente estudo deverá ser revisado contemplando o controle tecnológico definido para as demais etapas de disposição conforme registro de campo e operação realizados para execução da 1ª etapa de fechamento.



Adicionalmente, esta operação também possibilita a observação visual da disposição e a identificação de eventuais problemas de laminação, trincas e abatimentos, que podem impactar no direcionamento correto da drenagem superficial para os canais periféricos.

### 13.3 Gestão da Água

O reservatório da **Barragem Calcinados** encontra-se impermeabilizado com geomembrana de PEAD conforme projeto elaborado pela **Tellus Company**, apresentado no documento de número AA-404-TY-0598-206-NT-0001. A impermeabilização do topo do reservatório objetivou o controle da qualidade da água que escoar por ele, além de redução de infiltração e, conseqüentemente, das medidas das cargas piezométricas no interior do maciço da estrutura.

Para disposição dos rejeitos no reservatório considerando a etapa de fechamento do projeto será necessária a remoção gradativa desta geomembrana, considerando as etapas definidas na sequência construtiva do projeto, visando o não acúmulo de água no interior do reservatório após seu fechamento e garantindo o controle da gestão de água em cada uma das etapas, de forma que somente a área exposta na etapa direcione água contaminada para a estação de tratamento de água (ETE), enquanto as demais regiões permanecerão impermeabilizadas direcionando seu fluxo para o reservatório de Rapauha até seu fechamento.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 77/87	

As etapas construtivas do projeto estão detalhadas nos desenhos de número AA-198-TY-0580-267-DS-0044, AA-198-TY-0580-267-DS-0046, AA-198-TY-0580-267-DS-0048, AA-198-TY-0580-267-DS-0050, AA-198-TY-0580-267-DS-0052 e AA-198-TY-0580-267-DS-0054.

Os níveis de controle da turbidez da saída de água da barragem devem atender aos requisitos estabelecidos nas normas reguladoras referentes à qualidade de águas.

Observa-se que, quanto às responsabilidades e controles das questões ambientais, além das exigências da legislação vigente, relativa à qualidade da água, devem atender as observações apresentadas nos procedimentos internos específicos (AGA) da equipe de meio ambiente da **AGA**. Em especial, destacam-se as análises trimestrais de qualidade da água realizadas a partir de coleta nos piezômetros ambientais locados no entorno da estrutura e, também nos pontos de monitoramento definidos no documento CL-HC-969-01-01, elaborado pela Clam Meio Ambiente em setembro de 2022. Cabe ressaltar que as orientações contidas no referido documento são de responsabilidade da **AGA**.

#### 13.4 Proteção Ambiental



Para promover a correta descaracterização de estruturas minerárias, é importante que as áreas afetadas pelas atividades da mineração sejam readequadas de acordo com a finalidade para elas pré-determinada após o fechamento. Para o caso da Barragem Calcinaços, a estrutura será revegetada através de hidrossemeadura nas áreas que tiveram seu uso e ocupação originais alterados pela atividade minerária de forma a se tornarem habitat propícios para o desenvolvimento de fauna e flora da região.

As áreas que serão revegetadas devem receber manutenção por um determinado espaço de tempo após o seu plantio, como forma de propiciar e avaliar as condições mínimas para o desenvolvimento das coberturas formadas. Para tanto, deverão ser executados os tratamentos culturais de praxe (combate à formiga, replantio, adubação de cobertura, entre outros) projetados de acordo com as condições gerais da área revegetada.

Além disso, o monitoramento deve verificar a porcentagem de mortalidade entre as mudas plantadas, verificação dos sistemas de deficiência nutricional ou toxidez pelo excesso de alguns elementos, verificação de eventuais pontos de erosão e identificação de pragas e doenças. A partir desse monitoramento, eventuais ações de manutenção, como replantios, adubação de cobertura, prevenção e combate a pragas e doenças, podem ser necessárias.

Dessa forma, a avaliação de *background* e do fluxo percolado pela estrutura é de fundamental importância durante a sua fase de implantação, pois assim poderá também ser verificado e comprovado se uma possível deficiência na reabilitação da área possa estar relacionada com aspectos químicos e/ou biológicos da área e/ou dos resíduos que formam a estrutura como um todo. Em geral, os planos de monitoramento são previstos



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 78/87	

para ocorrerem em um prazo de dez (10) a quinze (15) anos, entretanto esse prazo deve ser analisado e revisto, de acordo com a evolução da revegetação e reabilitação da estrutura, avaliando-se, portanto, suas peculiaridades. Assim, esse prazo poderá ser otimizado ou dilatado.

Além da revegetação das áreas antropizadas, o projeto garante o controle das águas através da impermeabilização com geomembrana do seu reservatório e a construção de um sump que irá conduzir toda contribuição da drenagem interna para a estação de tratamento d'água da planta industrial de Queiroz.

O monitoramento da estabilidade física e química da Barragem Calcinados deverá ser realizado por meio de inspeções visuais e observação da instrumentação instalada, mensalmente. Nos períodos chuvosos, estas atividades deverão ser intensificadas, passando a ocorrer semanalmente. Além disto, para a estabilidade química, devem ser realizadas análises químicas e biológicas do fluxo percolado e do background da região, de modo a identificar a necessidade de realização de tratamento químico ou biológico para evitar que ocorra percolação e/ou carreamento de material não apropriado para a natureza.

## 14 PLANO DE MANUTENÇÃO



O programa de manutenção da **Barragem Calcinados** será feito da seguinte forma: atividades de manutenção preventiva, visando evitar a ocorrência de anomalias, e de forma corretiva, com realização de atividades para corrigir eventuais anomalias detectadas.

### 14.1 Atividades de Manutenção Preventiva

Dentre as atividades de manutenção preventiva, inclui-se:

- Manutenção de dispositivos de drenagem superficial, com a finalidade de manter o pleno funcionamento da estrutura durante o período chuvoso. Periodicidade - semanalmente durante o período de obras e após finalização;
- Tratamentos pontuais das estruturas de concreto (fissuras, delaminação ou corrosão);
- Ordenação da drenagem superficial (geometria de bermas, acessos e crista, promovendo declividades de projeto);
- Manutenção dos acessos operacionais, não permitindo a formação de ravinamentos ou perda de material de revestimento. Adotar regularização dos acessos com motoniveladora anteriormente ao período chuvoso;
- Reparo de sulcos de erosão nos taludes, bermas, terreno das ombreiras e estradas de acesso às barragens;



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 79/87	

- Manutenção de áreas verdes, através de roçada, remoção de arbustos e poda de vegetação no entorno da estrutura, além do replantio da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Taludes e bermas livres de animais, como cavalos, formigas, cupins, entre outros, com controle de pragas e vetores. Deve ser elaborado plano efetivo para eliminação dos focos de cupins e formigueiros que venham a se desenvolver no maciço;
- Calibração dos equipamentos de monitoramento, visando assegurar condições adequadas de funcionamento. Periodicidade - conforme orientação do fabricante. Em caso de danos aos instrumentos, é necessário realizar manutenção corretiva ou substituí-los;
- Manutenção das bombas e do gerador da torre de percolados;
- Manutenção das bombas do sistema do Lago 1 e Lago 2 até que o dique de balsa seja desativado;
- Manutenção das bombas dos sumps temporários de obra;
- Desassoreamento do Lago 1 e, quando possível, do Lago 2, de maneira a permitir a manutenção de volume de amortecimento na condição atual de fechamento do reservatório;
- Remoção de materiais flutuantes nos emboques dos extravasores;
- Limpeza dos sumps e extravasores.

De maneira geral, é indicado que a proteção vegetal seja realizada com espécies de vegetação gramínea, visto que contribuem para minorar processos erosivos e carreamento de sedimentos.

Em relação aos instrumentos de monitoramento, o ideal é que ocorram manutenções e calibrações preventivas nos instrumentos e inspeções ao redor deles, bem como aferições com frequências mínimas, conforme indicado na Tabela 14.1. Devem ser gerados relatórios dessas manutenções, que devem ser arquivados no volume 3 do PSB da estrutura.

Tabela 14.1 - Frequência de manutenção preventiva nos instrumentos.

Tipo de instrumento	Tipo de plano	Período
Piezômetro / Piezômetros automatizados	Teste de vida	Conforme necessidade
Piezômetros automatizados	Aferição	Semestral
Marcos superficiais	Manutenção preventiva	Conforme necessidade



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4	
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 80/87	
Medidor de vazão		Manutenção preventiva		Anual

## 14.2 Atividades de Manutenção Corretiva

Já as atividades de manutenção corretiva, devem ser realizadas imediatamente após a detecção da anomalia, ou até prazo estabelecido pelo Responsável Técnico da barragem. Os serviços de manutenção corretiva incluem, mas não se limitam a:



- Limpeza de dispositivos de drenagem superficial;
- Recomposição de erosão no entorno, nos taludes e nas bermas;
- Remoção de cupinzeiros, tocas e formigueiros dos taludes da barragem;
- Manutenção dos acessos, garantindo a condição de acesso independente da precipitação;
- Recuperação ou substituição de instrumentos danificados;
- Poda e recomposição da cobertura vegetal nos taludes;
- Manutenção e/ou substituição de elementos de drenagem danificados, incluindo canaletas de drenagem, parapeitos, poços, sistema de bombeamento e geração da torre de percolados e bombeamento dos Lagos 1 e 2, entre outros;
- Recomposição da cobertura vegetal em caso de falhas.

Ressalta-se que a equipe responsável pela manutenção da barragem deve possuir treinamento para a realização dos trabalhos de rotina, além de estar apta a iniciar os protocolos de controle em situações emergenciais. Para isso, os treinamentos devem fornecer esclarecimentos à equipe sobre as atividades a serem executadas e o desempenho esperado.

## 15 IMPLANTAÇÃO DO MANUAL DE MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

O processo de implementação deste Manual de Monitoramento e Manutenção requer o conhecimento aprofundado dos procedimentos aqui descritos por todos os envolvidos no monitoramento e manutenção das estruturas da **Barragem Calcinados**. Isso garantirá a clareza dos deveres e responsabilidades de cada um. Nesse sentido, o Responsável Técnico deve:



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 81/87

- Divulgar as orientações e procedimentos constantes neste manual;
- Programar a realização de treinamentos personalizados com todos os *stakeholders* internos;
- Desenvolver um plano de gestão contendo o planejamento de atividades, os equipamentos, mão de obra, responsabilidades e orçamentos necessários.

A divulgação deve comunicar com clareza a existência de procedimentos específicos para a barragem, os quais requerem cuidados de segurança também específicos.

O treinamento personalizado dos envolvidos no processo, deve garantir o entendimento claro das responsabilidades de cada um e das técnicas a serem empregadas no monitoramento e manutenção da estrutura, de modo a evitar quaisquer dúvidas. É recomendável que o treinamento seja abrangente, alcançando não apenas as pessoas que trabalharão diretamente na barragem, mas também aqueles que terão envolvimento indireto, incluindo contratados e fornecedores, para garantir o entendimento dos requisitos a serem cumpridos.

Quaisquer modificações neste documento devem ser divulgadas para todos os envolvidos, assim como providenciado o treinamento apropriado.

## **16 MONITORAMENTO DO PERÍODO DE OBRAS**

Além das recomendações já mencionadas neste Manual de Monitoramento, inclui-se uma avaliação adicional da instrumentação para o período de obras em função das áreas onde foram identificadas possíveis zonas de geração de excesso de poropressão devido às atividades de descaracterização, e dos outros resultados obtidos no estudo tensão-deformação (**AA-198-TY-0580-267-RT-0007**), e na análise tensão-deformação dinâmica (**AA-198-TY-0580-206-RT-0004**).



Para essa avaliação definiu-se os níveis de controle descritos nos tópicos seguintes.

### **16.1 Avaliação da Formação de Trincas**

Durante o período de obras, o processo de formação de trincas também deverá ser avaliado. Para isso, foram definidas ações (Tabela 16.1), levando em consideração o comprimento e a espessura das trincas.

Tabela 16.1 - Processo de formação de trincas - Recomendações.



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 82/87

Situação	Recomendações
Ausência de trincas nas praças de trabalho, no reservatório e no maciço do barramento	1. Seguir as orientações do Plano de Monitoramento Instrumental.
Trincas na praça de trabalho com: espessura inferior a 10 mm, e comprimento inferior a 20 m	2. Avisar o geotécnico responsável da estrutura; 3. Inspeccionar o local onde se observam as evidências. Registrar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 4. Caso se confirme a ocorrência de trincas, verificar a opção de realizar correção de selar trinca contra infiltração e escoamento superficial. 5. Verificar a opção de escavar a região afetada até ultrapassar o fundo das rachaduras ou erosões e reaterrar com compactação, recompondo a geometria original. - Monitorar a região para verificar o possível retorno do problema.
Trincas na praça de trabalho com: espessura superior a 10 mm, e comprimento superior a 20 m	1. Paralisar as atividades de obra; 2. Avisar o geotécnico responsável da estrutura, projetista e EoR; 3. Inspeccionar o local onde se observam as evidências. Registrar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 4. Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.

## 16.2 Avaliação de Surgências

Da mesma forma, para o período de obras, foram definidas ações com base na verificação ou não de surgências nas praças de trabalho (**Tabela 16.2**).







 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 83/87	

Tabela 16.2 - Avaliação de possíveis surgências - Recomendações

Situação	Recomendações
Ausência de surgências nas praças de trabalho	1. Seguir as orientações do Plano de Monitoramento Instrumental.
Surgências pontuais e com fluxo por tempo limitado nas praças de trabalho	2. Avisar o geotécnico responsável da estrutura; 3. Inspeccionar o local onde se observam as evidências. Registrar a localização, se há carreamento de material, intensidade do fluxo e outros aspectos físicos pertinentes. 4. Verificar possíveis discrepâncias e aumentar a frequência das leituras da instrumentação; 5. Medir e monitorar o fluxo da saída de água e verificar se há aumento ou diminuição da vazão percolada; 6. Caso se confirme a ocorrência de surgências pontuais, verificar a opção de realizar correção (dreno invertido) e recompor a proteção superficial do talude; 7. Recompor a proteção superficial do talude para proteção contra ocorrência de novos processos.
Surgências com fluxo contínuo nas praças de trabalho	1. Paralisar as atividades de obra; 2. Avisar o geotécnico responsável da estrutura, projetista e EoR; 3. Inspeccionar o local onde se observam as evidências. Registrar a localização, se há carreamento de material, intensidade do fluxo e outros aspectos físicos pertinentes. 4. Restabelecer as condições operacionais de desempenho da estrutura.

 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS</b> <b>ENGENHARIA DETALHADA</b> <b>GEOTECNIA</b> <b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão: 4</b>	
	<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 84/87	

## 17 DETECÇÃO E PROCEDIMENTOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A detecção de uma situação de emergência se inicia a partir de inspeções de campo realizadas pela equipe técnica de geotecnia ou através de observações de irregularidades percebidas por outros colaboradores da própria empresa, terceirizados, ou através dos desvios observados na rotina de monitoramento dos instrumentos.

Após identificação de uma situação insegura, a equipe de geotecnia avalia, classifica e aciona o Coordenador do PAEBM caso seja configurada uma situação de emergência. A descrição desse procedimento é apresentada no PSB.

O relatório técnico (UC-2022-AGA-RT-003-00), contido no PSB da estrutura, considera sempre o PAEBM em sua última revisão, possui informações que auxiliam nas tomadas de decisão em situação de emergência referentes a Mancha de inundação (com os respectivos mapas, indicação da Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados), níveis de emergência, acionamentos das notificações, fluxograma de notificação, contatos principais com meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência.



## 18 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou o manual de monitoramento e manutenção da **Barragem Calcinados**. O programa de monitoramento da estrutura inclui atividades de acompanhamento dos instrumentos instalados na barragem e da instrumentação prevista pelo projeto de descaracterização, conforme os níveis de controle estabelecidos neste documento, além de atividades de inspeções visuais. Ademais, o documento detalha as ações necessárias caso os níveis de controle estabelecidos sejam atingidos, a periodicidade de leitura dos instrumentos e da realização das inspeções visuais, bem como o programa de manutenção associado ao programa de monitoramento.

Ressalta-se que, os níveis de controle foram definidos considerando o cenário durante e final de descaracterização da **Barragem Calcinados**. Para a definição dos níveis de controle associados aos piezômetros e indicadores de nível d'água, foram utilizadas análises de estabilidade por equilíbrio limite sob condições de carregamento não drenadas considerando variação da condição de contorno da freática no interior da estrutura. Para os níveis de controle associados à vazão de drenagem interna, foi realizada uma análise estatística considerando os valores médios, máximos, mínimos e o desvio padrão das vazões.

É importante salientar novamente que a verificação de leituras de um ou mais instrumentos em níveis denominados aqui como "atenção", "alerta" ou "emergência" deverá ser objeto de avaliação criteriosa do



 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 85/87

geotécnico responsável pela gestão de segurança da barragem e do respectivo Engenheiro de Registro (EdR) visando à definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação dessas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem como um todo nesses níveis de controle citados. Um instrumento nunca deverá ser analisado de forma isolada, fora de um contexto de avaliação da condição integral da estrutura, para situação de níveis de controle é necessário o complemento da análise multidisciplinar com a presença de equipes de engenharia responsáveis pela estrutura.

## 19 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. **Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022.** Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

BRASIL. **Lei n. 14.066, de 30 de setembro de 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).



**Desenvolvendo um Manual de Operação, Manutenção e Supervisão** para Instalações de Gestão de Rejeitos e Água, The Mining Association of Canada, 2011.

DIVINO, P; FUSARO, T. Manual da Instrumentação: o Elo entre Projeto e Operação de Barragens. III Simpósio sobre Instrumentação de Barragens, São Paulo, 2006.






 <b>ANGLOGOLD ASHANTI</b>	 <b>Tellus</b> COMPANY	<b>MANUAL DE MONITORAMENTO</b>	
<b>BARRAGEM CALCINADOS          ENGENHARIA DETALHADA          GEOTECNIA          MANUAL DE MONITORAMENTO</b>		<b>Nº AGA</b> AA-229-TY-0580-267-MA-0001	<b>Revisão:</b> 4
		<b>Nº TELLUS</b> TL24-0108-0107-GT-MA-0001	<b>Folha</b> 86/87

## 20 APÊNDICE

 APENDICE I.pdf	APÊNDICE I - ANÁLISES DE ESTABILIDADE
 APENDICE II.pdf	APÊNDICE II - HISTÓRICO DE DESLOCAMENTO E VELOCIDADE MÉDIA

## 21 ANEXOS

 FICHA DE INSPEÇÃO - AGA.pdf	ANEXO A - MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO
 4.7_Fluxo_Realizar_m onitoramento_continu	ANEXO B - FLUXO REALIZAR MONITORAMENTO CONTÍNUO INSTRUMENTAÇÕES GEOTÉCNICAS
 AA-198-WA-0580-267 -RT-0001_2.pdf	ANEXO C - ESTUDO SOBRE VIBRAÇÕES - WALM - RELATÓRIO TÉCNICO





Barão Homem de Melo, 4554, 2º andar, Sala 202.  
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30.494-270  
[www.telluscompany.com.br](http://www.telluscompany.com.br)