

ENGENHARIA DE REGISTRO
BARRAGEM COCURUTO
MANUAL DE MONITORAMENTO

| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  |  | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 2/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| COMPLEXO DE QUEIROZ | | | | | | | |
|--|-------|-----------------------|------|---------------------------|-------|------------|------------------------------|
| CONTROLE DE REVISÃO E EMISSÃO DO DOCUMENTO | | | | | | | |
| REV. | EXEC. | VER. | ENG. | COORD | EMIS. | DATA | DESCRIÇÃO DAS ALTERAÇÕES |
| 0 | LFM | AGP | EAB | EAB | C | 09/12/2025 | PARA COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO |
| 1 | LFM | AGP | EAB | EAB | F | 15/12/2025 | LIBERADO PARA CONSTRUÇÃO |
| 2 | LFM | AGP | EAB | EAB | D | 30/12/2025 | APROVADO |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| (A) PRELIMINAR | | (E) PARA COTAÇÃO | | (I) CERTIFICADO | | | |
| (B) PARA CONHECIMENTO | | (F) LIBERADO PARA | | (J) CONFORME CONSTRUÍDO | | | |
| (C) PARA COMENTÁRIOS E | | (G) LIBERADO PARA | | (X) CANCELADO/SUBSTITUÍDO | | | |
| (D) APROVADO | | (H) CONFORME COMPRADO | | | | | |

| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 3/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

ÍNDICE

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 | OBJETIVO | 6 |
| 3 | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | 6 |
| 4 | ESCOPO DOS SERVIÇOS..... | 7 |
| 5 | IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR | 7 |
| 5.1 | IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR..... | 7 |
| 5.2 | IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | 8 |
| 5.3 | ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA..... | 8 |
| 5.4 | IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO | 8 |
| 6 | IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA DA EQUIPE INTERNA DO EMPREENDIMENTO | 9 |
| 7 | EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO RELATÓRIO | 11 |
| 8 | PAPEIS E RESPONSABILIDADES | 12 |
| 8.1 | OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO | 12 |
| 8.2 | CENTRO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO-CMG | 13 |
| 8.3 | INSPEÇÃO E MONITORAMENTO..... | 13 |
| 9 | INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA | 14 |
| 9.1 | LOCALIZAÇÃO E ACESSO | 14 |
| 9.2 | FICHA TÉCNICA | 14 |
| 9.3 | HISTÓRICO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO | 18 |
| 10 | CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS | 21 |
| 10.1 | GEOLOGIA LOCAL | 22 |
| 10.1.1 | Unidades Geológico-Geotécnicas..... | 22 |
| 10.2 | SISMICIDADE LOCAL | 23 |
| 11 | AUSCULTAÇÃO DA ESTRUTURA | 23 |



| | | | |
|---|---|---|----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 4/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| | |
|--|-----------|
| 11.1 LOCAÇÃO E CADASTRO DA INSTRUMENTAÇÃO | 23 |
| 11.1.1 Pluviometria | 23 |
| 11.1.2 Nível d'água do reservatório | 24 |
| 11.1.3 Vazão da drenagem interna..... | 24 |
| 11.1.4 Controle de percolação e piezometria | 25 |
| 11.1.5 Monitoramento de deslocamentos | 27 |
| 12 MODOS DE FALHA..... | 29 |
| 13 PLANO DE OPERAÇÃO | 32 |
| 13.1 OBJETIVO..... | 32 |
| 13.2 GESTÃO DA ÁGUA | 33 |
| 13.3 PROTEÇÃO AMBIENTAL..... | 35 |
| 14 PLANO DE MANUTENÇÃO..... | 36 |
| 14.1 ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA..... | 36 |
| 14.2 ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA | 37 |
| 15 MONITORAMENTO E INDICADORES DE SUCESSO | 38 |
| 16 PLANO DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO | 40 |
| 16.1 Nível d'água do reservatório..... | 40 |
| 17 PLANO DE MONITORAMENTO INSTRUMENTAL | 41 |
| 17.1 NÍVEIS DE CONTROLE PARA A INSTRUMENTAÇÃO..... | 42 |
| 17.1.1 Piezômetros e Indicadores de Nível D'Água..... | 43 |
| 17.1.1.1 Metodologia | 43 |
| 17.1.1.2 Avaliação da instrumentação..... | 46 |
| 17.1.1.3 Níveis de controle | 46 |
| 17.1.2 Vazão da drenagem interna: Medidor de vazão | 48 |
| 17.1.3 Deslocamentos: marcos superficiais..... | 53 |
| 17.2 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS..... | 61 |



| | | | |
|---|---|---|----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 5/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| | |
|---|-----------|
| 18 PLANO DE INSPEÇÕES..... | 63 |
| 18.1 NÍVEIS DE CONTROLE DAS INSPEÇÕES..... | 63 |
| 18.2 ASPECTOS RELEVANTES NAS INSPEÇÕES VISUAIS..... | 64 |
| 18.2.1 Acessos | 64 |
| 18.2.2 Estrutura do barramento | 64 |
| 18.2.3 Espaldar de jusante (talude e bermas) | 65 |
| 18.2.4 Percolação e Controle da Drenagem Interna..... | 66 |
| 18.2.5 Dispositivos de Drenagem Superficial | 66 |
| 18.2.6 Extravasor..... | 67 |
| 18.2.7 Instrumentação | 67 |
| 18.3 AÇÕES DE INSPEÇÃO..... | 68 |
| 18.4 FREQUÊNCIA DE INSPEÇÃO..... | 70 |
| 19 IMPLANTAÇÃO DO MANUAL DE MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO | 70 |
| 20 DETECÇÃO E PROCEDIMENTOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA..... | 71 |
| 21 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 72 |
| 22 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 72 |
| 23 ANEXOS..... | 74 |
| 24 APÊNDICES..... | 75 |

| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 6/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

1 INTRODUÇÃO

A **Tellus Company Engenharia Ltda (Tellus)** foi contratada pela **AngloGold Ashanti (AGA)** para elaborar o "Projeto de Descaracterização da **Barragem de Cocuruto**, localizada na Unidade de Queiroz, no município de Nova Lima, Minas Gerais.

O presente documento apresenta o Manual de Monitoramento da **Barragem de Cocuruto**, elaborado de acordo com 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 de Cocuruto** foi concebida com o propósito de armazenar os rejeitos provenientes da exploração de ouro no Complexo Queiroz.

2 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar o Manual de Monitoramento da **Barragem de Cocuruto**. Aqui são apresentados os papéis e responsabilidades, os procedimentos de monitoramento 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 da Barragem de Cocuruto, encontram-se listados na **Tabela 3-1**.

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-0059) | Tellus | 23/09/2025 |
| 2 | As is – Adequação Barragem Cocuruto (AA-319-TY-0580-267-RT-0001) | Tellus | 24/07/2024 |
| 3 | Dados de monitoramento da Barragem Cocuruto obtido do sistema SHMS (Slope Health Monitoring System) | AGA | 31/01/2025 |
| 4 | Topobatimetria emitida em dez/2024 (2671-C010585-BA-REV-0) | Mirante | 06/12/2024 |
| 5 | Desenho técnico As Built do dreno invertido (AA-379-TY-0580-206-DS-0099) | Tellus | 23/12/2024 |
| 6 | Especificação técnica construtiva – Preparação para a descaraterização de Cocuruto (AA-379-TY-0580-206-ET-0004) | Tellus | 19/04/2024 |



| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 7/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| Nº | Documento (Código) | Empresa | Data |
|----|---|---------|------------|
| 7 | Report mensal – Barragem Cocuruto – outubro de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0038) | Tellus | 17/11/2025 |
| 8 | Organograma Geotecnia Operacional 2025 | AGA | 12/05/2025 |
| 9 | Procedimento Normativo – Diret. Manual OMV (AA-405-GW-0014-267-PR-0016_2) | AGA | 29/12/2023 |

4 ESCOPO DOS SERVIÇOS

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

- Programa de Monitoramento e Inspeção, contemplando cartas de níveis de controle (AA-379-TY-0580-206-RT-0048) a serem utilizadas como referência para a gestão da segurança 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) da **Barragem Cocuruto**.

5 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

5.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O empreendedor responsável pelo Complexo Queiroz, incluindo a Barragem Cocuruto, é a AngloGold Ashanti, apresentando-se, na Tabela 5.1 a Tabela 5.4Tabela 5.3, as principais informações do empreendedor, representante legal e responsável técnico da estrutura em questão.

Tabela 5.1 – Dados gerais do empreendedor.

| IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----|----|---------|------------|-----------------|
| Razão Social Ou Nome | AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A | | | | | |
| Nome Fantasia: | AGA | | | | | |
| CNPJ/CPF: | 18.565.382/0006-70 | | | | | |
| Endereço: | Estrada Queiroz | | | Nº/ Km: | | S/N |
| Complemento: | Fazenda Rapaunha | | | | | |
| Bairro/ Localidade: | Galo Novo | | | | | |
| Município: | Nova Lima | UF: | MG | CEP: | 340.028-82 | Caixa Postal: - |
| Telefone: | (31) 3589-2399 | | | E-mail: | | - |



| | | | |
|--|--|--|-----------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 8/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

5.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Tabela 5.2 – Dados gerais do empreendimento.

| IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----|---------|------|-------------------|---------------|---|
| Razão Social ou nome: | AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A | | | | | | |
| Nome Fantasia: | AGA | | | | | | |
| CNPJ/CPF: | 18.565.382/0006-70 | | | | | | |
| Diretoria: | Vice-presidência de Geotecnia e Implantação de Capital | | | | | | |
| Complexo: | Queiroz | | | | | | |
| Mina: | Unidade Queiroz | | | | | | |
| Nome da estrutura: | Barragem Cocuruto | | | | | | |
| Finalidade da estrutura: | Inicialmente contenção de rejeitos e atualmente reservatório de amortecimento de cheias | | | | | | |
| Tipo de Barragem: | Heterogênea (Aterro Compactado e Rejeito) | | | | | | |
| Coordenadas (SIRGAS2000) | 622.409,545 m E | | | | 7.790.951,115 m S | | |
| Processo administrativo COPAM nº: | Processo de licenciamento ambiental em revalidação, através do Processo nº: 00089/1985/050/2014 – REVLO | | | | | | |
| Endereço: | Estrada Queiroz | | | | Nº/ Km: | S/N | |
| Bairro/ localidade: | Novo Galo | | | | | | |
| Município: | Nova Lima | UF: | MG | CEP: | 340.028-82 | Caixa Postal: | - |
| Telefone: | (31) 3589 2731 | | E-mail: | | | | |

5.3 ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA

Tabela 5.3 – Dados para envio de correspondência.

| ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA | | | |
|--|--|--------------|------------------|
| Destinatário: | AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A | | |
| Vínculo com a empresa: | - | | |
| Endereço: | Estrada Queiroz | Nº/ Km: | S/N |
| Bairro/ localidade: | Galo Novo | Complemento: | Fazenda Rapaunha |

5.4 IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO

Tabela 5.4 – Dados do representante do empreendimento.

| IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO | | | |
|--|------------------------------|---------|--------------------|
| Nome: | Luis Otávio Konflanz de Lima | | |
| CPF | 939.253.360-87 | Função: | Diretor Presidente |
| Telefone: | (31) 98449-6833 | E-mail: | lklima@aga.gold |



| | | | |
|---|---|---|----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 9/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

6 IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA DA EQUIPE INTERNA DO EMPREENDIMENTO

Na **Tabela 6.1** apresentam-se as informações sobre a estrutura organizacional associada à segurança da **Barragem Cocuruto**, que contempla o gerenciamento, a manutenção, monitoramento e a inspeção, incluindo-se, também, a designação dos responsáveis.

| | | | |
|---|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 10/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Tabela 6.1 – Informações sobre a Estrutura Organizacional (AGA, 2025).

| GERÊNCIA DE GEOTECNIA OPERACIONAL AGA | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------|--|---|------------------|---------------------|
| RESPONSABILIDADE / FUNÇÃO | NOME | EMPRESA | CARGO | RESPONSABILIDADES | CREA | E-MAIL |
| Gestão Corporativa de Geotecnia Operacional | Bernardo Beteli Silva Zanon | AGA | Diretor de Geotecnia Operacional – GGO | Gestão Corporativa de Geotecnia Operacional e Elaboração de PSB | 0130692D/MG | bbzanon@aga.gold |
| Gestão Corporativa de Geotecnia | Victor Lisboa Silveira | AGA | Gerente de Geotecnia | Inspeção, Monitoramento, Manutenção e Rotina Operacionais | 149654D | vlsilveira@aga.gold |
| Responsável Técnico das Barragens de Mineração | Ângelo Henrique Cruz Oliveira | AGA | Especialista em Geotecnia | RTFE das Estruturas Geotécnicas | MG 202263/D | aholiveira@aga.gold |
| Responsável Técnico pelo Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) | Herbert de Assis Castro Filho | AGA | Superintendente de Geotecnia | Centro de monitoramento Geotécnico (CMG) | 113624D/MG | hacastro@aga.gold |
| Responsável Técnico pela Coordenação do PAEBM | Thiago Filgueiras Biermann | AGA | Superintendente de PAEBM | Coordenação do PAEBM | - | tfbierman@aga.gold |
| Coordenação do PAEBM | Diogo Figueira | AGA | Engenheiro de planejamento | Coordenador PAEBM | 386632/MG | dcfgueira@aga.gold |
| Inspeção e Monitoramento | Matheus Brito Braga | AGA | Engenheiro geotécnico - coordenação | Inspeção e Monitoramento | DF000002933OD MG | mbbraga@aga.gold |
| Coordenação de Operação e Manutenção | Manoel Moreira dos Santos Ramos | AGA | Engenheiro civil - coordenação | Coordenador de Operação e Manutenção | 249491D/MG | mmramos@aga.gold |
| Inspeção e Monitoramento | Gabriela Vilela de Mattos | AGA | Engenheira geotécnica | Inspeção e Monitoramento | 245103D/MG | gvmattos@aga.gold |
| Operação e Manutenção de Campo | Rhuan Carlos Vidal Rocha | AGA | Superintendente Geotecnia (GOMP) | Operação e Manutenção de Campo | 131314D/MG | rcrocha@aga.gold |

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 11/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

7 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 7-1**.

Tabela 7-1 – Ficha técnica da equipe da Tellus envolvida no projeto.

| EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO | | | | |
|--|--|--|-----------------------|----------------------------------|
| Razão Social: | TELLUS COMPANY ENGENHARIA LTDA | | | |
| CNPJ: | 10.283.103/0001-77 | | | |
| Endereço: | Av. Barão Homem de Melo, nº 4554, 2º andar, Bairro Estoril, CEP 30.494-270 – Belo Horizonte/MG | | | |
| Telefone: | (31) 9.8355 2903 | | | |
| Site: | www.telluscompany.com.br | | | |
| Diretores: | Elder Beirigo / Germano Araújo | | | |
| EQUIPE TÉCNICA | | | | |
| Nome | Cargo | Responsabilidades | CREA | E-mail |
| Elder Beirigo | Engenheiro Geotécnico | Diretoria | CREA - MG 94.546/D | ebeirigo@telluscompany.com.br |
| Isabela Queiroz | Engenheira Geotécnico | Coordenação técnica de geotecnia / Revisão | CREA-MG 175.298D | iqueiroz@telluscompany.com.br |
| Ana Pires | Engenheiro Geotécnico | Estudos Geotécnicos / Revisão | CREA-MG 200.234/D | apires@telluscompany.com.br |
| Jair Valderrama | Engenheiro Geotécnico | Estudos Geotécnicos/elaboração | - | jvalderrama@telluscompany.com.br |

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 12/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

8 PAPEIS E RESPONSABILIDADES

8.1 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

- Realizar as Inspeções de Segurança Regulares (ISR): A equipe de operação deve realizar as inspeções visuais periódicas das barragens, conforme a periodicidade exigida pela Resolução;
- Preenchimento das Fichas de Inspeção Regular (FIR): A cada ISR realizada, é necessário preencher a Ficha de Inspeção Regular (FIR), que contém as observações das condições da barragem. As FIRs são arquivadas e utilizadas para compor o histórico da barragem.
- Preenchimento do Extrato de Inspeção Regular (EIR): Após cada ISR, o Extrato de Inspeção Regular (EIR) deve ser inserido no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) até o final da quinzena subsequente à inspeção. Caso uma anomalia grave (pontuação 10 na matriz de risco) seja detectada, ela deve ser reportada no SIGBM em até 24 horas.
- Responsabilidade de atualizar o SIGBM: A equipe de inspeção e monitoramento deve garantir que os dados referentes às inspeções visuais e às condições de segurança da barragem sejam atualizados quinzenalmente no SIGBM. Isso inclui o envio das Fichas de Inspeção Regular (FIR) e dos Extratos de Inspeção Regular (EIR).
- A equipe de operação e manutenção é responsável por garantir que qualquer anomalia detectada durante as inspeções seja corrigida prontamente. Isso inclui a execução de manutenções preventivas regulares para evitar o comprometimento estrutural e ações corretivas em caso de falhas ou problemas detectados.
- Monitoramento e controle dos Fatores de Segurança: As áreas de operação e manutenção devem garantir que os fatores de segurança mínimos estabelecidos sejam atingidos e mantidos.
- 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, o Engenheiro de Registro EdR ; e o Geotécnico responsável pela barragem, para apoio nas definições de ações corretivas;
- Dar ciência ao empreendedor sobre o andamento das ações corretivas;

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 13/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

8.2 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 24h/7 dias por semana;
- Acionar o 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 da 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 poropressões, das deformações superficiais e subsuperficiais e de eventuais aumentos ou reduções nas vazões, acompanhando as evoluções temporais e consequentemente, suportando na predição de eventuais mudanças relacionadas à performance da estrutura.

8.3 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.



Segurança Qualidade Sustentabilidade Inovação



| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 14/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

9 INFORMAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA

9.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A **Barragem Cocuruto** encontra-se localizada nas coordenadas -19°58'25.00", -43°49'46.00" (SIRGAS 2000 - Fuso 23), conforme cadastro no SIGBM. O acesso à estrutura pode ser feito a partir da rodovia MG-030, partindo-se de Belo Horizonte e seguindo no sentido de Rio Acima/MG, até o trevo da localidade Honório Bicalho, após percorrer cerca de 24 km de distância, utiliza-se a rota da Ferrovia Centro Atlântica até o destino. A Figura 9.1 mostra a localização da estrutura.

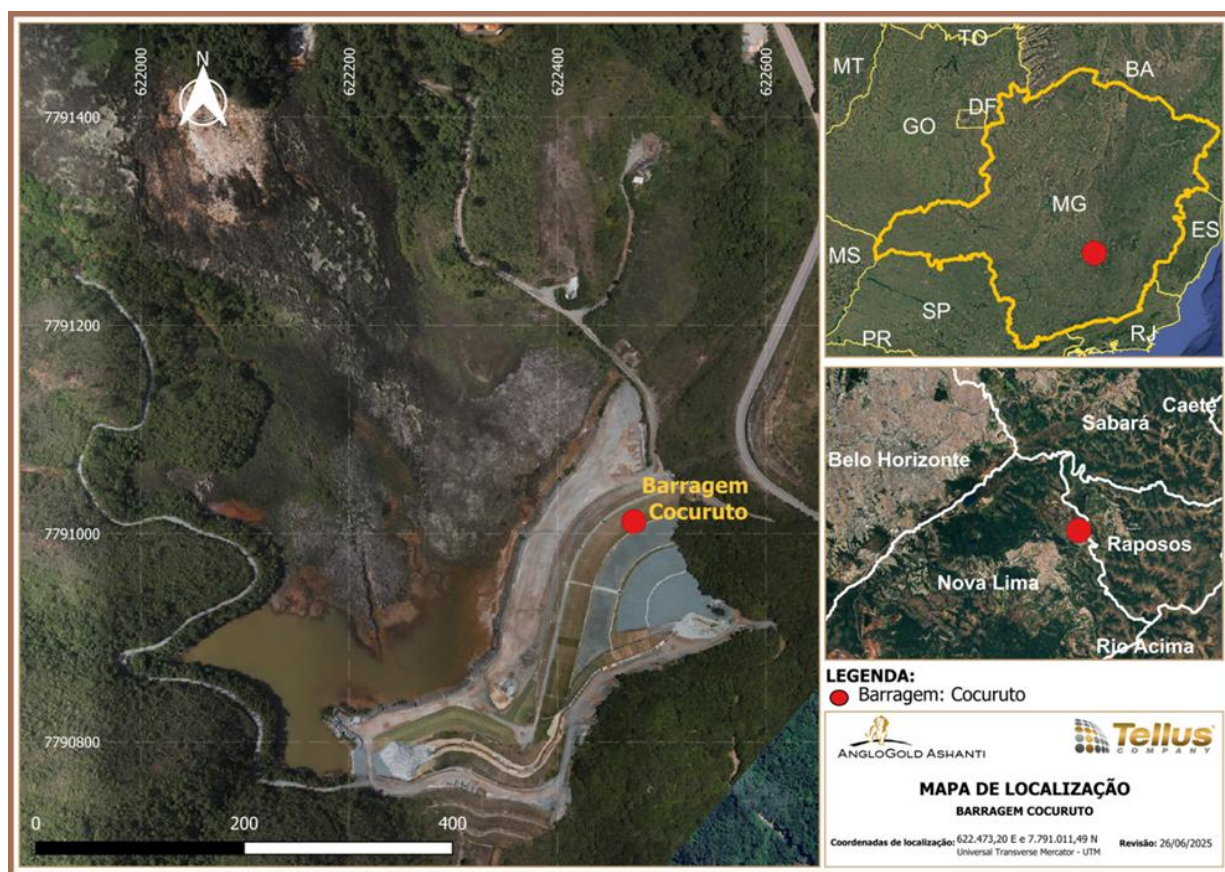


Figura 9.1 – Localização da Barragem de Cocuruto.

9.2 FICHA TÉCNICA

Segundo o relatório de As /Is elaborado pela Tellus (**AA-319-TY-0580-267-RT-0001**) e o Relatório de Relatório Inspeção de Segurança Regular 02º ciclo de 2025 (**AA-314-TY-0580-267-RT-0059**), a **Barragem Cocuruto** é constituída por aterro compactado de solo homogêneo, com filtro inclinado e tapete horizontal de areia. Conforme os documentos fornecidos e consultados, os materiais indicados



Segurança

Qualidade

Sustentabilidade

Inovação



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 15/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

na construção da barragem são solos com granulometria argilo-siltoso ou silto-argiloso, provenientes de duas áreas de empréstimo situadas na região do reservatório da barragem. As principais características da estrutura são apresentadas na **Tabela 9.1**.

Uma descrição detalhada do histórico e características da estrutura podem ser consultados de forma atualizada na citada RISR 01º ciclo de 2025.

Tabela 9.1 – Ficha técnica da Barragem Cocuruto.

| DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA | | |
|--|--|--|
| ID SIGIBAR: 493 | | |
| ID SIGBM: 8663 | | |
| Barragem Cocuruto – Complexo Queiroz | | |
| LOCALIZAÇÃO | | |
| Município: Nova Lima - MG | | |
| Coordenadas: -19°58'25.00", -43°49'46.00"- Datum SIRGAS 2000 (SIGBM) | | |
| DADOS GERAIS | | REFERÊNCIA |
| Finalidade do barramento | Construída para armazenamento de rejeitos. Atualmente, possui a finalidade de amortecimento de cheias, visto que não recebe mais rejeitos. | PSB - ANM - Vol. I - Tomo 1 – Info. Gerais |
| Ano de início da implantação | 1982 | |
| Ano de início de operação | 1983 | |
| Ano de término da operação | - | |
| Ano de descaracterização da barragem | - | |
| Situação de operação atual da barragem | Ativa | |
| Volume atual do reservatório (m³) | 4.039.121,09 | |
| Capacidade total do reservatório (m³) | 4.900.000,00 | |
| Área do reservatório (m²) | 326.000,00 | |
| Elevação do terreno natural no ponto mais baixo do barramento (m) | El. 765,00 | |
| Altura atual da barragem (m) | 41,00 | |



Segurança



Qualidade



Sustentabilidade



Inovação



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 16/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA | | |
|--|---|---|
| ID SIGIBAR: 493 | | |
| ID SIGBM: 8663 | | |
| Barragem Cocuruto – Complexo Queiroz | | |
| LOCALIZAÇÃO | | |
| Município: Nova Lima - MG | | |
| Coordenadas: -19°58'25.00", -43°49'46.00"- Datum SIRGAS 2000 (SIGBM) | | |
| DADOS GERAIS | | REFERÊNCIA |
| Altura final prevista no projeto para a barragem (m) | 41,00 (processo de alteamentos finalizado) | |
| Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados | Dique de Partida | |
| | 1º alteamento – Jusante | |
| | 2º alteamento – Jusante | |
| | 3º alteamento – Jusante | |
| | 4º alteamento – Jusante | |
| Alteamentos previstos | Processo de alteamentos finalizado. Não há previsão de alteamentos futuros. | AA-314-TY-0580-267-RT-0059 RISR 02/2025 |
| Curso d'água interceptado | Sim. Total. Córrego Mina D'água. | |
| Classificação de categoria de risco - CRI (ANM) | Baixa | |
| Dano Potencial Associado - DPA (ANM) | Alto | CA 29787/21A Relatório de Classificação de Resíduo Sólidos - Campo em janeiro 2022 |
| Gestão operacional (ANM) | A | |
| Tipo de Rejeito | Classe II A - (Não Perigoso – Não Inerte) | AA-145-EG-0580-267-DS-142 Levantamento topobatimétrico - ERG em dezembro 2023 |
| Elevação da Crista (m) | El. 806,00 | AA-145-WA-0580-206-RT-101 As Is - Out/2021 |
| Comprimento da Crista (m) | 311,18 | |
| Largura da Crista (m) | ~4,00 | AA-314-TY-0580-267-RT-0059 RISR 02/2025 |
| Tipo de Seção | Homogênea – Aterro compactado | |
| Tipo de Fundação | Solo residual, Saprolito e Xisto Nova Lima | |
| Projetista | 1979 (Geotécnica) – Maciço Inicial até a El. 804 m; | |
| | 2003 (CMEC) – alteamento até a El. 806 m; | |



Segurança

Qualidade

Sustentabilidade

Inovação



| | | | |
|---|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 17/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA | | |
|--|--|--|
| ID SIGIBAR: 493 | | |
| ID SIGBM: 8663 | | |
| Barragem Cocuruto – Complexo Queiroz | | |
| LOCALIZAÇÃO | | |
| Município: Nova Lima - MG | | |
| Coordenadas: -19°58'25.00", -43°49'46.00"- Datum SIRGAS 2000 (SIGBM) | | |
| DADOS GERAIS | | REFERÊNCIA |
| | 2019 (Walm) – Projeto As Is; | |
| Inclinação talude de Jusante | El. 765,00 m a El. 770,00 m: 1,0V:2,0H; | |
| | El. 770,00 m a El. 794,00 m: 1,0V:2,5H; | |
| | El. 794,00 m a El. 806,00 m: 1,0V:1,8H. | |
| Inclinação talude de Montante | 1,0V:2,2H | |
| Número de bermas a Jusante | 04 bermas | |
| Largura da berma a Jusante (m) | 3,0 | 2671-C011443-TC-REV-0 |
| Drenagem Interna | Filtro inclinado e tapete horizontal a jusante do eixo do barramento | |
| Drenagem Superficial | <p>Canaletas de berma de seção transversal meia-cana de concreto pré-moldado com diâmetro 0,60 m.</p> <p>Descida d'água em degraus, no centro do maciço com geometria retangular em concreto.</p> <p>Canal periférico na ombreira esquerda com geometria trapezoidal em pedra argamassada seguido de uma escada hidráulica com geometria retangular em concreto até um bueiro circular.</p> <p>Canal periférico na ombreira direita aproveitando a estrutura do antigo sistema extravasor.</p> | |
| Sistema Extravasor | O sistema extravasor consiste por um vertedouro de superfície com controle em soleira com geometria trapezoidal em enrocamento, indo para um canal também com geometria trapezoidal em enrocamento, passando para um canal com geometria trapezoidal em geocélula preenchida com concreto, seguindo para um trecho em escada com geometria retangular em concreto, a dissipação de energia ocorre na bacia de dissipação revestida em enrocamento. | AA-379-TY-0580-206-RT-0043 |
| Instrumentação existente | 21 piezômetros (PZ) | AA-314-TY-0580-267-RT-0059 RISR 02/2025 |
| | 22 Indicadores de Nível D'água (INA) | |
| | 01 Medidor de vazão do dreno de fundo automatizado | |
| | 01 Medidor de nível de água do reservatório automatizado | |
| | 17 Marcos Topográficos + 03 Marcos de Referência automatizados | |
| | 01 Estação Total Robótica (ETR) | |
| | 02 Câmeras de Videomonitoramento | |
| | 08 Tiltímetros (6 barramento e 2 nas ombreiras) | |
| | 01 Pluviômetro | |
| | 01 Estação metereológica | |



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 18/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA | | |
|--|--------|--|
| ID SIGIBAR: 493 | | |
| ID SIGBM: 8663 | | |
| Barragem Cocuruto – Complexo Queiroz | | |
| LOCALIZAÇÃO | | |
| Município: Nova Lima - MG | | |
| Coordenadas: -19°58'25.00", -43°49'46.00"- Datum SIRGAS 2000 (SIGBM) | | |
| DADOS GERAIS | | REFERÊNCIA |
| HIDROLOGIA/HIDRÁULICA | | REFERÊNCIA |
| Área da Bacia de Contribuição (km²) | 2,69 | AA-314-TY-0580-267-RT-0059 RISR 02/2025 |
| Vazão Máxima Afluente – PMP (m³/s) | 37,36 | |
| Vazão Máxima Defluente – PMP (m³/s) | 14,82 | |
| Elevação da Soleira do Extravasor (m) | 802,50 | |
| NA Máximo Maximorum – PMP (m) | 804,24 | |
| Borda Livre Remanescente (m) | 1,76 | |

9.3 HISTÓRICO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO

A **Barragem de Cocuruto** foi construída entre 1982 e 1983 para receber os rejeitos gerados pela planta metalúrgica de Queiroz. Sua construção ocorreu por meio de alteamento com material compactado, a jusante da antiga Barragem de Queiroz, que foi operada pela Mineração Morro Velho até 1957, iniciou sua operação em 1983 e teve sua vida útil encerrada em 1985.

Em 2003, a CMEC realizou um projeto executivo de alteamento, elevando a crista da Barragem de Cocuruto em 2,0m, para a cota de 806,00m, visando melhorar as condições de amortecimento de cheias. Nesse mesmo ano, foram feitas adequações devido à possibilidade de afloramento de água no talude de jusante, que foram cobertos com um filtro invertido de material drenante para evitar o arraste de material.

Foram realizadas nove campanhas de investigações geotécnicas, sendo oito delas relacionadas às sondagens, ensaios de campo e laboratório, e uma de controle tecnológico do aterro implantado. Essas



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 19/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

campanhas ocorreram em 1978, 1979, 1994, 2010, 2019, 2021, 2022, 2023 e 2024. A cronologia dos estudos e/ou projetos desenvolvidos para a estrutura é apresentada na **Figura 9.3**.

Conceitualmente a estrutura é composta por Maciço Queiroz, executado em 1979, Aterro Cocuruto e Dique de Pé executado de forma complementar ao antigo Maciço Queiroz em 1995, conforme **Figura 9.2**.

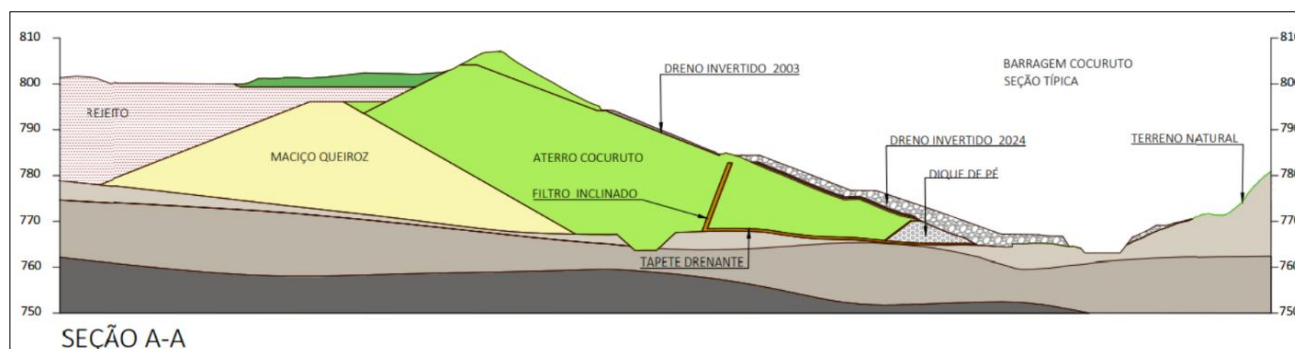


Figura 9.2 – Geometria Barragem Cocuruto.

| | | | |
|--|---|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 20/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

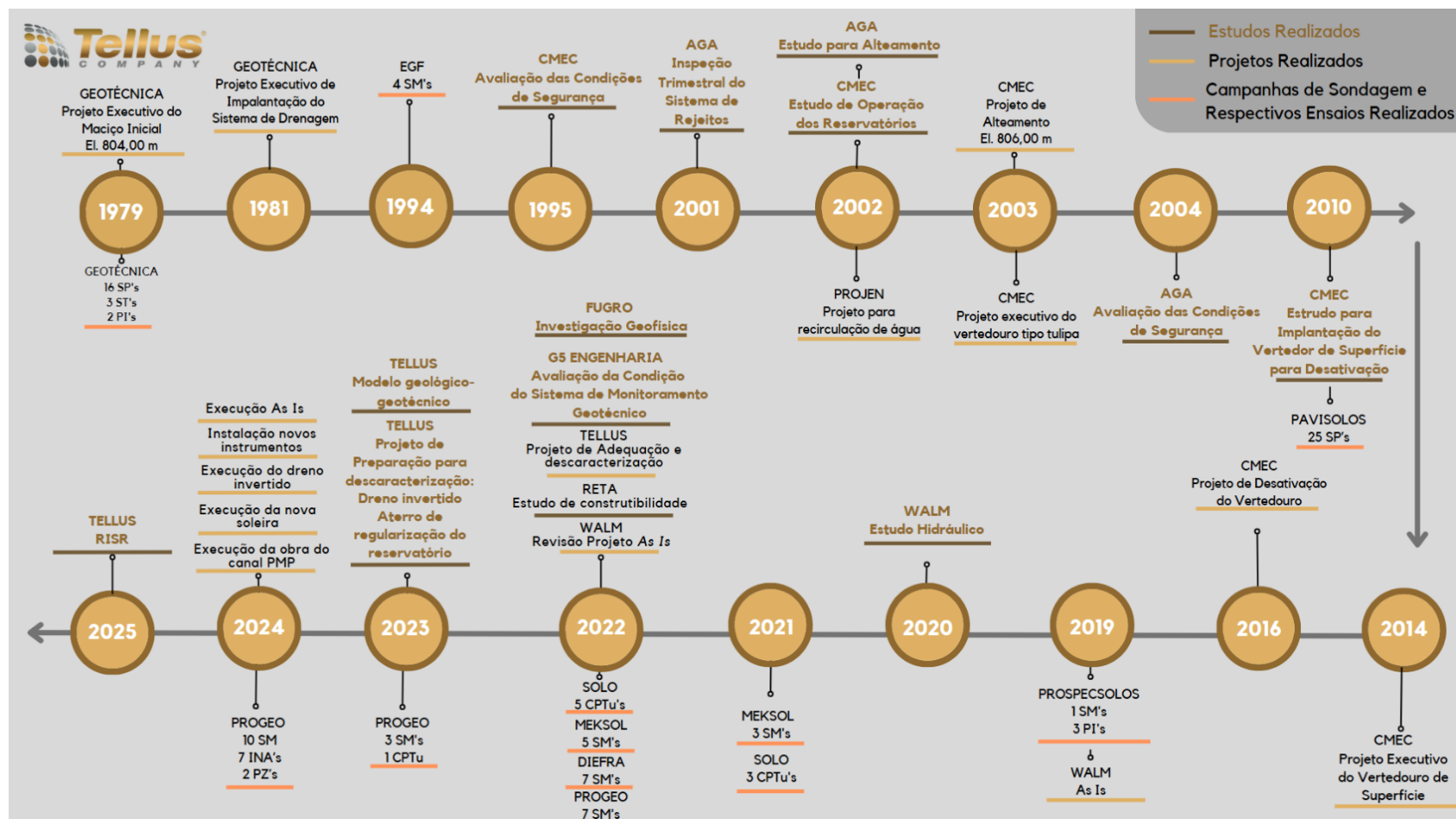


Figura 9.3 – Linha do tempo dos projetos, estudos e campanhas de sondagens da estrutura.

| | | | |
|---|--|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 21/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

10 CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

A **Barragem Cocuruto** passou por nove campanhas de sondagem ao longo de sua história. A seguir, são apresentadas de forma sucinta as informações regionais relacionadas à geologia e à sismicidade, obtidas por meio de pesquisa bibliográfica. Vale destacar que, em 2023, a **Tellus** emitiu o Relatório Histórico de Investigação e Interpretação Geológico-Geotécnica (AA-314-TY-0580-206-RT-0106_01) no qual estão detalhadas todas as campanhas de investigação e ensaios realizados até a data do documento.

A Tabela 10.1 apresenta o histórico das investigações e a **Figura 10.1** o mapa de localização das sondagens.

Tabela 10.1 – Resumo das campanhas de sondagem (Tellus, 2024).

| Empresa | Ano | Quantidade | Tipo | Local de interesse | Documentos de referência |
|-----------------|-------------------|------------|-----------------------------|---|---|
| GEOTÉCNICA S.A. | 1978 – 1979 | 21 | 16 SP'S 3 ST'S 2 PI'S | Terreno natural e aterro da barragem inicial | C1-PR-13.0005/78 |
| EGF | 1994 | 4 | 4 SM's | Alteamento da barragem | T-280/94 |
| PAVISOLOS | 2010 | 25 | 25 SP's | - | COC-027 – SONDAÇÃO À PERCUSSÃO – BARRAGEM DE COCORUTO.pdf |
| PROSPEC SOLOS | 2019 | 4 | 1 SM 3 PI's | Fundação, contatos geológicos e dreno invertido | PPS – RT – CAM – 058 – REV 04 – 2019 – ANGLOGOLD |
| MEKSOL | 2021 | 3 | 3 SM's | | RL.MEK.MG.005/2021 |
| SOLO | 2022 | 5 | 5 CPTu's | - | RELATÓRIO DE ENSAIOS DE CPTu – Anglo_Nova Lima.pdf |
| PROGEO | 2022 | 4 | 4 SM's | - | BCO-SM-06.pdf BCO-SM-08.pdf BCO-SM-08A.pdf BCO-SM-10.pdf |
| MEKSOL | 2022 | 5 | 5 SM's | - | RL.MEK.MG.087/2022 |
| PROGEO | 2023 | 3 | 3 SM's | | AA-118-PQ-0514-206-RT-0001 |
| PROGEO | 2024 | 8 | 8 SM's | | AA-118-PQ-0514-206-RT-0003 |



| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 22/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

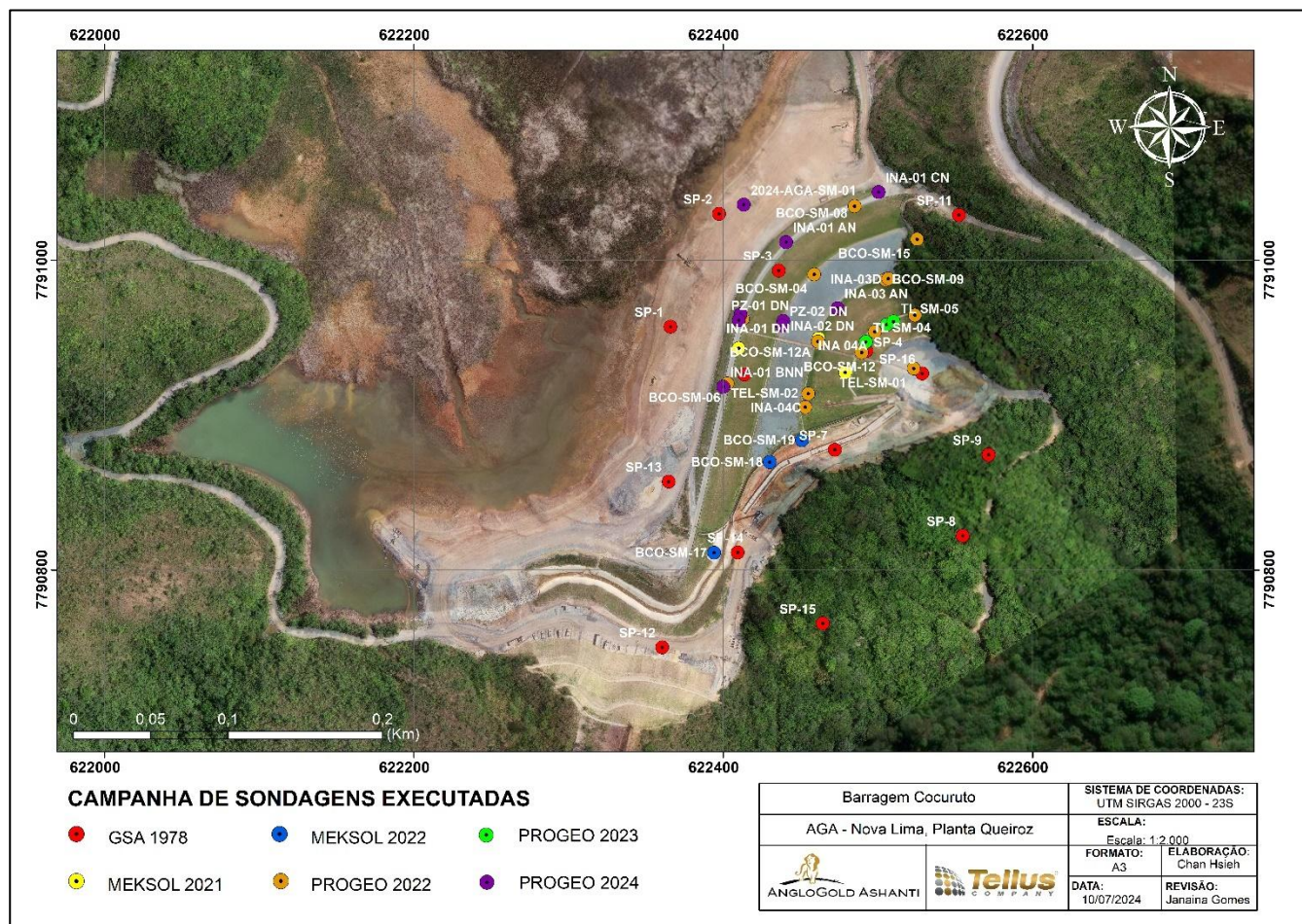


Figura 10.1 – Mapa de localização das sondagens divididas por campanha.

10.1 GEOLOGIA LOCAL

Em relação à geologia local, a **Barragem Cocuruto** está localizada sobre rochas da Unidade Mestre Caetano (A3rmmc), conforme descrito na Folha Belo Horizonte (SF.23-Z-C-VI-3-SE), assentada sobre um xisto quartzo-carbonato-clorita-sericita com grafita, do qual está mais bem detalhado no RISR 1º ciclo de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0058).

10.1.1 Unidades Geológico-Geotécnicas

Após as investigações geotécnicas realizadas e finalizadas em março de 2024, juntamente com o histórico de investigações realizados anteriormente, concluiu-se que as unidades geológico-geotécnicas são formadas por Solo Residual, Solo Saprolito e Xisto.

Ressalta-se que esses materiais estão devidamente descritos nos respectivos relatórios de investigação e compilados no RISR 1º ciclo de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0058).



| | | | |
|---|--|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 23/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

10.2 SISMICIDADE LOCAL

Em 2024, a fim de complementar os estudos anteriores de ameaça sísmica, a SeisNode Sismologia Brasil realizou um Relatório 2 dos efeitos do local (site effects), apresentado no documento de n.º 0016-24, de “Análise da Ameaça Sísmica para a Planta Queiroz, Nova Lima/MG”, emitido em julho. Nesse estudo, são calculadas as amplificações esperadas devido às camadas de solo, com base nos valores de Vs30 determinados por ensaio MASW, executados em campo nas mediações do Complexo Queiroz.

As amplificações das acelerações espectrais foram calculadas usando modelos semiempíricos descritos por Stewart *et al.* (2020) e Hashash *et al.* (2020).

Por fim, o estudo conclui que, nas altas frequências, para o período de retorno de 475 anos, a PGA aumentou de 0,015 para 0,018 g, com um fator de amplificação de 1.206 (± 0.24). Para o período de retorno de 10.000 anos, a PGA diminuiu de 0,14g para 0,125g, com um fator de amplificação de 0.925 (± 0.24).

O detalhamento completo do estudo pode ser consultado no relatório de n.º 0016-24, anexado ao PSB da barragem, Vol.I -Tomo 2 – Doc. Técnica.

11 AUSCULTAÇÃO DA ESTRUTURA

11.1 LOCAÇÃO E CADASTRO DA INSTRUMENTAÇÃO

O sistema de monitoramento da **Barragem Cocuruto** está conformado por: 11 piezômetros de tubo aberto tipo Casagrande com leitura manual, 10 piezômetros de corda vibrante com leitura automatizada, 22 Indicadores de Nível d'Água (15 manuais e 07 automatizados), 03 marcos de referência, 14 Marcos Superficiais localizados no barramento, 03 Marcos Superficiais instalados no talude da ombreira direita, uma Estação Total Robótica (ETR), um medidor de vazão por vertedor triangular automatizado instalado na saída da drenagem interna, um sensor de nível d'água localizado no reservatório e uma régua para monitoramento da vazão do vertedouro. Além disso, a **Barragem Cocuruto** compartilha dados de pluviometria registrados a partir de uma estação meteorológica manual e outra automatizada implementadas para o monitoramento de todo o Complexo Queiroz.

A seguir serão apresentados os dados cadastrais para os instrumentos relevantes na definição dos níveis de controle apresentados nesta Carta de Risco.

11.1.1 Pluviometria

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 24/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

A Planta do Queiroz, a qual pertence a **Barragem Cocuruto**, é monitorada por uma estação meteorológica manual, ativa desde o dia 01/01/2017, e uma estação meteorológica automatizada, instalada na data 30/06/2023. Atualmente, ambas as estações estão implementadas na estrutura da Barragem Calcinados com localização definida a partir das coordenadas exibidas na **Tabela 11.1**.

Tabela 11.1 – Dados cadastrais das Estações Meteorológicas – Barragem Cocuruto.

| Instrumentos | Coordenada – SIRGAS 2000 (m) | | Cota do Topo (m) | Automatizados |
|----------------------|------------------------------|------------|------------------|---------------|
| | Norte | Leste | | |
| MET_MANUAL_QZ | 7.792.108,72 | 621.340,79 | 866,76 | Não |
| CAL_MET | 7.792.108,00 | 621.339,00 | - | Sim |

11.1.2 Nível d'água do reservatório

O monitoramento do nível d'água do reservatório da **Barragem Cocuruto** é realizado através de um sensor de nível d'água, cujos dados cadastrais são apresentados na **Tabela 11.2**, sendo representado na **Figura 11.1**.

Tabela 11.2 – Dados cadastrais das Régua de Nível – Barragem Cocuruto.

| Instrumentos | Coordenada – SIRGAS 2000 (m) | | Cota de instalação do sensor (m) | Tipo de Coleta |
|--|------------------------------|------------|----------------------------------|---|
| | Norte | Leste | | |
| Régua do Reservatório COC-RR-01 | 7.790.755,70 | 622.170,69 | 798,06 | Automatizada – Interface LoadSensing |

11.1.3 Vazão da drenagem interna

A medição de vazão da drenagem interna da **Barragem Cocuruto** foi realizada por meio de Calha Parshall até o final do ano de 2023 e, devido às obras de implantação do dreno invertido, foi substituída por um medidor de vazão por vertedor triangular, o qual foi automatizado em novembro de 2024. Os dados cadastrais do instrumento são apresentados na **Tabela 11.3**.

Tabela 11.3 – Dados cadastrais do medidor de vazão– Barragem Cocuruto.

| Instrumentos | Coordenada – SIRGAS 2000 (m) | | Cota de instalação do sensor (m) | Automatizado |
|--|------------------------------|------------|----------------------------------|--------------|
| | Norte | Leste | | |
| Medidor de Vazão Triangular (COC-MV-TRIANGULAR) | 7.790.929,36 | 622.546,52 | 763,62 | Sim |

Já, os dados cadastrais do instrumento instalado para medição de vazão do vertedouro são exibidos na **Tabela 11.4**. A localização em planta de ambos os instrumentos é apresentada na **Figura 11.1**.



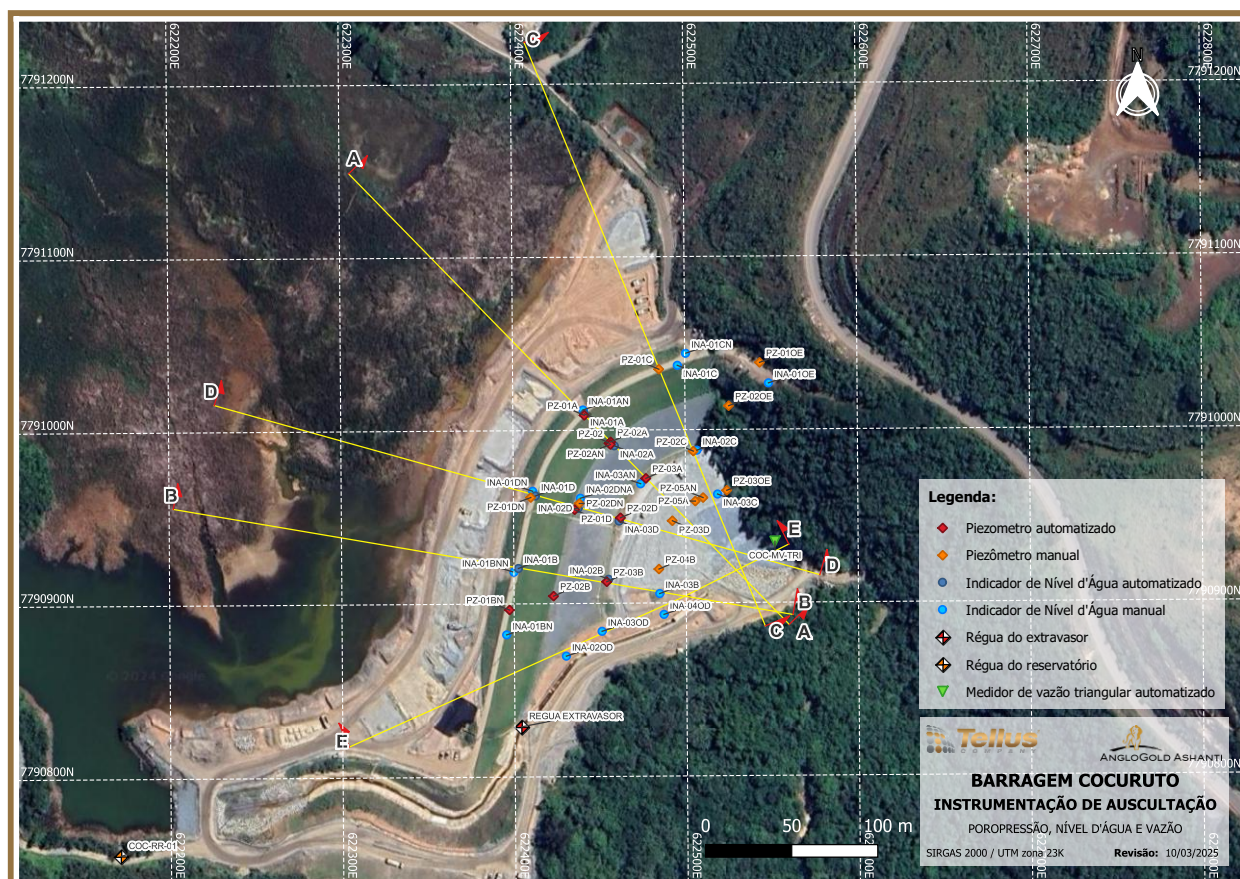
| | | | |
|--|--|--------------------------------|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | | PÁGINA 25/76 |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | | REV. 2 |

Tabela 11.4 – Dados cadastrais da Régua de Nível do Vertedouro– Barragem Cocuruto.

| Instrumentos | Coordenada – SIRGAS 2000 (m) | | Tipo de Coleta |
|------------------|------------------------------|------------|----------------|
| | Norte | Leste | |
| Régua Extravisor | 7.790.828,98 | 622.403,82 | Manual |

11.1.4 Controle de percolação e piezometria

A **Barragem Cocuruto** dispõe de um total de 43 instrumentos para o monitoramento do fluxo de água no interior da estrutura, sendo 21 deles empregados no acompanhamento das cotas piezométricas (piezômetros - PZ) e os outros 22, no seguimento das cotas de nível d'água (indicadores de nível d'água - INA). Na **Figura 11.1** está representada a localização dos instrumentos e na **Tabela 11.5** são compiladas as informações cadastrais correspondentes.



| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 26/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

Tabela 11.5 – Dados dos piezômetros e indicadores de nível d'água instalados na Barragem Cocuruto.

| Identificação | Instrumento (Modelo) | Coleta de Dados | Seção | Coordenadas (m) UTM SIRGAS 2000 23K | | Cota de Topo (m) | Prof. (m) | Cota de Instalação (m) |
|-----------------|--|-----------------|-------|---|--------------|------------------|-----------|------------------------|
| | | | | Leste "E" | Norte "N" | | | |
| PZ-01A | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | A-A' | 622.441,51 | 7.791.008,68 | 806,75 | 36,76 | 769,85 |
| PZ-01BN | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | B-B' | 622.397,39 | 7.790.896,54 | 806,82 | 36,7 | 770,12 |
| PZ-01C | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | C-C' | 622.485,01 | 7.791.035,00 | 806,57 | 49,1 | 757,47 |
| PZ-01D | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | D-D' | 622.435,57 | 7.790.954,18 | 794,97 | 29,11 | 765,86 |
| PZ-01DN | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | D-D' | 622.410,12 | 7.790.961,41 | 807,49 | 25,51 | 781,98 |
| PZ-01OE | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | OE | 622.543,52 | 7.791.038,56 | 809,63 | 38,66 | 770,97 |
| PZ-02 | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | A-A' | 622.455,92 | 7.790.992,46 | 795,30 | 30,19 | 775,95 |
| PZ-02A | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | A-A' | 622.456,73 | 7.790.993,22 | 794,91 | 19,39 | 772,63 |
| PZ-02AN | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | A-A' | 622.456,62 | 7.790.991,70 | 795,37 | 22,25 | 765,24 |
| PZ-02B | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | B-B' | 622.423,01 | 7.790.904,36 | 795,11 | 30,49 | 764,23 |
| PZ-02C | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | C-C' | 622.504,72 | 7.790.987,56 | 785,44 | 32,1 | 753,34 |
| PZ-02D | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | D-D' | 622.462,19 | 7.790.949,36 | 785,18 | 20,77 | 764,41 |
| PZ-02DN | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | D-D' | 622.438,29 | 7.790.957,76 | 794,95 | 19,74 | 775,21 |
| PZ-02OE | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | OE | 622.525,40 | 7.791.013,66 | 794,84 | 38,26 | 756,58 |
| PZ-03A | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | A-A' | 622.477,06 | 7.790.972,02 | 784,78 | 16,21 | 768,54 |
| PZ-03B | Piezômetro Corda Vibrante | Automatizada | B-B' | 622.453,93 | 7.790.912,45 | 784,90 | 18,37 | 766,54 |
| PZ-03D | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | D-D' | 622.492,28 | 7.790.947,44 | 777,48 | 7,98 | 769,5 |
| PZ-03OE | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | OE | 622.524,01 | 7.790.964,83 | 777,46 | 28,87 | 748,58 |
| PZ-04B | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | B-B' | 622.484,32 | 7.790.919,60 | 777,3 | 7,06 | 770,24 |
| PZ-05A | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | A-A' | 622.505,70 | 7.790.958,69 | 777,45 | 18,52 | 758,93 |
| PZ-05AN | Piezômetro de Tubo Aberto (Casagrande) | Manual | A-A' | 622.510,20 | 7.790.960,70 | 777,45 | 11,45 | 766,01 |
| INA-01A | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | A-A' | 622.441,61 | 7.791.009,48 | 806,54 | 24,49 | 782,05 |
| INA-01AN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | A-A' | 622.440,77 | 7.791.011,77 | 807,40 | 25,19 | 782,20 |

| | | | |
|---|--|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 27/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| Identificação | Instrumento (Modelo) | Coleta de Dados | Seção | Coordenadas (m) UTM SIRGAS 2000 23K | | Cota de Topo (m) | Prof. (m) | Cota de Instalação (m) |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|-------|---|--------------|------------------|-----------|------------------------|
| | | | | Leste "E" | Norte "N" | | | |
| INA-01B | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | B-B' | 622.402,67 | 7.790.920,48 | 807,76 | 15,67 | 791,78 |
| INA-01BN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | B-B' | 622.395,57 | 7.790.882,17 | 806,67 | 15,98 | 791,00 |
| INA-01BNN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | B-B' | 622.400,04 | 7.790.918,36 | 807,48 | 17,25 | 791,91 |
| INA-01C | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | C-C' | 622.495,74 | 7.791.037,18 | 807,27 | 15,32 | 791,95 |
| INA-01CN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | C-C' | 622.500,56 | 7.791.044,13 | 806,64 | 17,52 | 789,12 |
| INA-01D | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | D-D' | 622.412,75 | 7.790.962,26 | 806,8 | 22,78 | 784,02 |
| INA-01DN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | D-D' | 622.411,24 | 7.790.965,02 | 807,54 | 25,14 | 782,34 |
| INA-01OE | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | OE | 622.548,61 | 7.791.026,71 | 810,54 | 45,46 | 765,08 |
| INA-02A | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | A-A' | 622.458,83 | 7.790.990,95 | 794,96 | 23,77 | 771,19 |
| INA-02B | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | B-B' | 622.455,05 | 7.790.913,90 | 785,26 | 6,99 | 778,27 |
| INA-02C | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | C-C' | 622.506,76 | 7.790.988,10 | 785,51 | 5,18 | 780,33 |
| INA-02D | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | D-D' | 622.437,46 | 7.790.954,92 | 794,86 | 14,49 | 780,37 |
| INA-02DNA | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | D-D' | 622.438,91 | 7.790.960,80 | 794,96 | 19,83 | 775,13 |
| INA-02OD | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | E-E' | 622.430,17 | 7.790.869,65 | 790,13 | 22,53 | 767,60 |
| INA-03AN | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | A-A' | 622.474,01 | 7.790.968,96 | 785,35 | 8,27 | 777,08 |
| INA-03B | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | B-B' | 622.484,65 | 7.790.905,44 | 778,30 | 15,64 | 762,66 |
| INA-03C | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | C-C' | 622.518,62 | 7.790.962,68 | 777,52 | 17,43 | 760,09 |
| INA-03D | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Automatizada | D-D' | 622.461,31 | 7.790.947,45 | 784,49 | 5,34 | 779,15 |
| INA-03OD | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | E-E' | 622.451,03 | 7.790.883,86 | 785,38 | 32,75 | 752,63 |
| INA-04OD | Medidor/Indicador de Nível d'Água | Manual | E-E' | 622.487,06 | 7.790.893,40 | 777,26 | 6,64 | 770,62 |

11.1.5 Monitoramento de deslocamentos

Para controle e monitoramento dos deslocamentos, a **Barragem Cocuruto** conta com:

- 03 marcos de referência;



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 28/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- 14 marcos superficiais ativos no barramento;
- 03 marcos superficiais na ombreira direita;
- 01 ETR.

Na **Figura 11.2** são representados os instrumentos para controle de deslocamentos da estrutura.

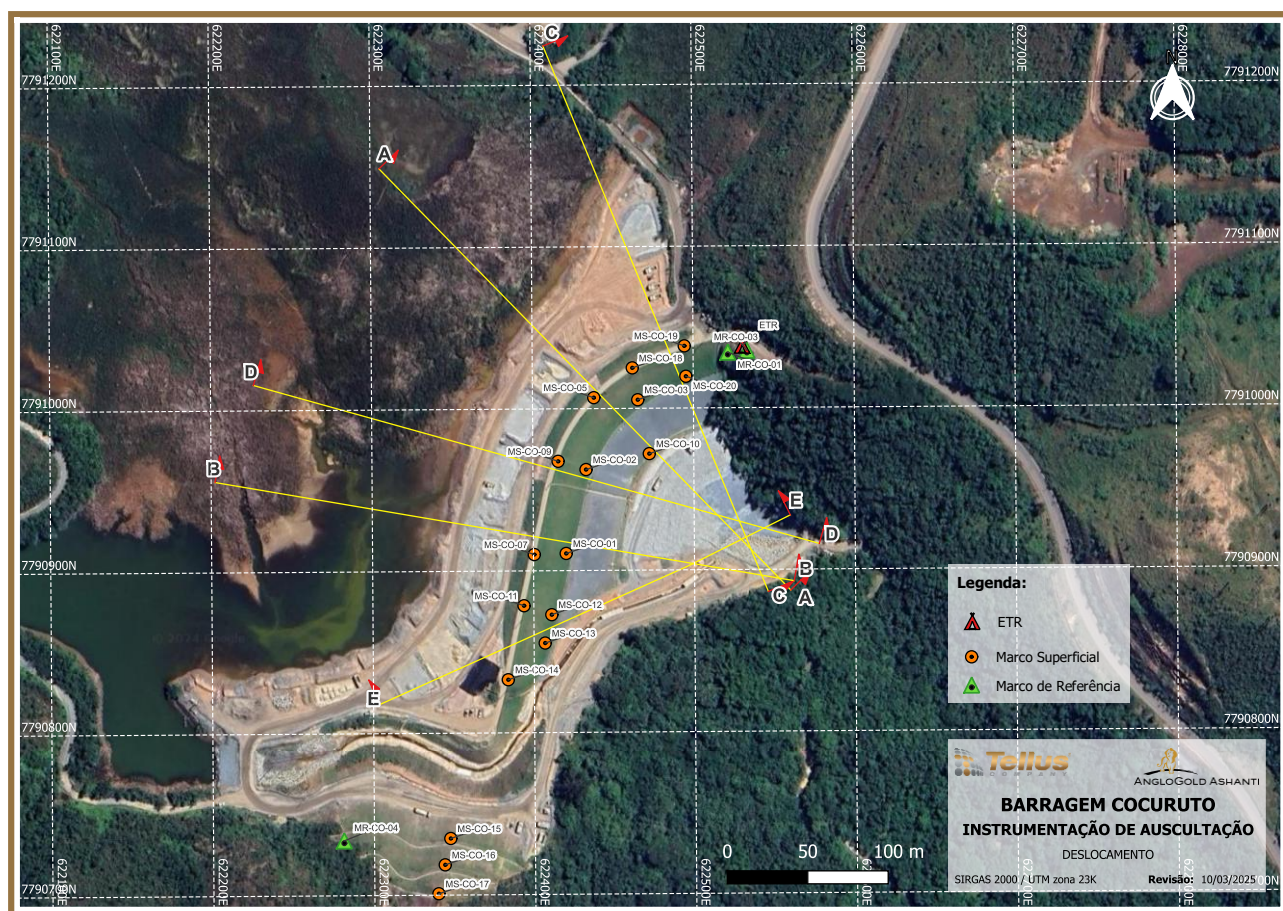


Figura 11.2 – Localização dos Marcos Superficiais, Marcos de Referência e ETR instalados na Barragem Cocuruto.

Na **Tabela 11.6** são apresentados os dados cadastrais dos marcos superficiais e marcos de referência instalados na estrutura e na **Tabela 11.7** são resumidas as informações referentes à Estação Total Robótica (ETR).

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 29/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

Tabela 11.6 – Dados dos Marcos Superficiais e Marcos de Referência instalados na Barragem Cocuruto.

| Identificação | Instrumento (Modelo) | Coleta de Dados | Coordenadas (m) | | Cota do Terreno (m) |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------|---------------------|
| | | | UTM SIRGAS 2000 23K | | |
| | | | Leste "E" | Norte "N" | |
| Marcos superficiais | | | | | |
| MS-CO-01 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.422,24 | 7.790.907,89 | 795,80 |
| MS-CO-02 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.434,92 | 7.790.959,65 | 795,79 |
| MS-CO-03 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.467,36 | 7.791.002,58 | 795,78 |
| MS-CO-05 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.440,04 | 7.791.004,03 | 806,57 |
| MS-CO-07 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.402,40 | 7.790.907,35 | 806,93 |
| MS-CO-09 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.417,61 | 7.790.964,86 | 805,78 |
| MS-CO-10 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.474,30 | 7.790.969,22 | 785,41 |
| MS-CO-11 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.395,82 | 7.790.875,75 | 806,03 |
| MS-CO-12 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.413,02 | 7.790.870,10 | 796,36 |
| MS-CO-13 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.408,81 | 7.790.852,61 | 796,53 |
| MS-CO-14 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.385,73 | 7.790.830,09 | 805,93 |
| MS-CO-15 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.349,32 | 7.790.732,23 | 815,45 |
| MS-CO-16 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.345,76 | 7.790.715,97 | 822,68 |
| MS-CO-17 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.341,70 | 7.790.698,13 | 832,27 |
| MS-CO-18 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.464,09 | 7.791.022,30 | 806,13 |
| MS-CO-19 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.496,49 | 7.791.035,68 | 806,40 |
| MS-CO-20 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.497,37 | 7.791.016,89 | 796,66 |
| Marcos de referência | | | | | |
| MR-CO-01 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.524,11 | 7.791.037,10 | 809,11 |
| MR-CO-03 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.535,38 | 7.791.032,77 | 810,30 |
| MR-CO-04 | Marco Superficial com Prisma Fixo | Automatizada | 622.283,15 | 7.790.731,21 | 818,54 |

Tabela 11.7 – Dados cadastrais da ERT.

| Instrumentos | Coordenadas – SIRGAS 2000 (m) | | Cota do Topo (m) | Automatizados |
|--------------|-------------------------------|------------|------------------|---------------|
| | Norte | Leste | | |
| ETR | 7.791.035,99 | 622.532,51 | 811,149 | Sim |

12 MODOS DE FALHA

Para a elaboração da Carta de Risco da **Barragem Cocuruto** foram considerados os principais modos de falha, objetivando estabelecer os níveis de controle dos instrumentos existentes utilizados no monitoramento da estrutura. A determinação dos níveis de controle é imprescindível para o estabelecimento e mobilização das ações a serem realizadas em tempo hábil, visando garantir a segurança da barragem.



| | | | |
|--|--|--------------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 30/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

Como citado anteriormente, a definição dos modos de falha de uma estrutura como uma barragem é essencial para definir o objetivo do seu plano de monitoramento e instrumentação. Dentre os principais modos de falha de um barramento, associados a níveis de controle por monitoramento, podem-se citar:

- **Erosão Interna ou Piping:** consiste no processo gradativo de carreamento de partículas no interior do maciço e/ou fundação de um barramento, através de saídas livres ou caminhos abertos, como fissuras, trincas ou fraturas. Esse movimento das partículas pelo maciço altera a estrutura da barragem, pois forma uma pequena tubulação que funciona como caminho preferencial para a passagem de água, aumentando a quantidade de material transportado e, consequentemente, a área da estrutura afetada. Com isso, o maciço torna-se instável, podendo ocorrer a sua ruptura. Os níveis de controle estabelecidos para o monitoramento da vazão da drenagem interna têm a finalidade antecipar este modo de falha, conjuntamente com as análises da turbidez da água percolada e os controles realizados durante as inspeções de campo;
- **Instabilização do maciço ou deformação excessiva:** ocorre quando as tensões solicitantes no maciço são maiores que as tensões resistentes de cisalhamento do solo, e pode ser ocasionado por diversos fatores, dentre eles: carregamentos extraordinários na barragem, propriedades inadequadas dos materiais, falhas geológicas não detectadas, percolação e/ou instabilidade das fundações. Os níveis de controle estabelecidos para monitoramento do nível d'água/poropressões na estrutura, em conjunto com o acompanhamento dos deslocamentos, têm o objetivo de prever este modo de falha;
- **Liquefação:** consiste no processo de perda de resistência de materiais contráteis quando submetidos a carregamentos, devido a um aumento dos valores de poropressão até o valor de tensão confinante inicial. Devido a essa perda de resistência, o material comporta-se como um líquido viscoso. Os níveis de controle estabelecidos para monitoramento do nível de poropressões nos rejeitos têm a finalidade prever este modo de falha;
- **Galgamento:** o fenômeno envolve o acontecimento de chuvas intensas nas regiões de contribuição da barragem, gerando o acúmulo de água no reservatório que ultrapassa a crista da estrutura, ocorrendo o vertimento e provocando a erosão do material a jusante do maciço, podendo ocasionar a instabilização do barramento no caso crítico. Os níveis de controle definidos para o acompanhamento do nível de água do reservatório têm propósito de antecipar este modo de falha.

Além disso, ressalta-se que a metodologia usual para a elaboração de “Níveis de controle” se fundamenta em análises considerando o processo de instabilização dos taludes, avaliando apenas a resistência que condiciona a estabilidade da estrutura pelo método do equilíbrio limite (determinação de Fatores de Segurança que correlacionam as forças resistentes e as forças atuantes).

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 31/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Em relação ao processo de *piping*, inspeções de campo são importantes aliadas, levando em consideração que a existência de pontos de surgência acima da saída do dreno e/ou acúmulo de materiais carregados nas canaletas de saídas da drenagem interna podem ser indícios da ocorrência desse modo de falha. Observações no comportamento da instrumentação podem trabalhar de maneira associada com as inspeções visuais, pois, variações dos níveis piezométricos e freáticos e a redução das vazões de drenagem interna em conjunto com as observações de campo podem indicar a ocorrência do fenômeno de erosão interna/*piping*.

Igualmente, 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; e há monitoramento das vazões de saída do sistema de drenagem interna.

Conforme a informação subministrada na RISR 1º ciclo de 2025 (**AA-314-TY-0580-267-RT-0058**), o sistema de drenagem interna da Barragem Cocuruto está constituído por um filtro inclinado e um tapete horizontal, ambos posicionados a jusante do eixo do barramento. O filtro inclinado é conformado por areia e atinge a cota máxima de 782,00 m ao longo do maciço.

O tapete horizontal, por sua vez, é formado por brita fina e duas camadas de areia, sendo responsável por conduzir a água coletada até o pé de jusante da barragem. Nesse ponto, o tapete é invertido, originando um dreno de pé composto por camadas adicionais de brita grossa e pedra de mão.

Igualmente, foram realizadas várias adequações na estrutura para evitar o afloramento de água no talude de jusante, como são o filtro invertido executado em 2003, o dreno invertido construído em 2024 e o aterro de reconformação à montante finalizado neste mesmo ano.

Enquanto a instrumentação, a Barragem Cocuruto apresenta na saída da drenagem interna um medidor de vazão automatizado responsável pelo monitoramento das águas efluentes da estrutura. Sendo assim, entende-se que o modo de falha causado por uma erosão interna (*piping*) na **Barragem de Cocuruto** seja uma hipótese de falha de baixa probabilidade de ocorrência.

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 32/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

O processo de avaliação da susceptibilidade à liquefação dos materiais componentes da barragem acontece de maneira a analisar o comportamento quanto à geração de poropressão positiva em função da tensão vertical aplicada e quanto à perda de resistência em altas deformações (*strain softening*). Em concomitância, deve ser avaliada a granulometria e plasticidade do material.

Desta forma, o modo de falha por liquefação apresenta baixa probabilidade de ocorrência para a estrutura, conforme análises apresentadas na RISR 1º ciclo de 2025, que expressa: “Entende-se que, para a **Barragem Cocuruto** não se justifica a avaliação da susceptibilidade à liquefação do rejeito, devido ao método de alteamento sendo para jusante e não se apoiar no material do reservatório. Além disso, o maciço foi construído inteiramente em solo compactado. Desta forma, a **Barragem Cocuruto** não sofre nenhuma influência do material do reservatório, mesmo se este for susceptível a liquefação”. Igualmente, a possibilidade de galgamento não é considerada crível como modo de falha para a **Barragem Cocuruto**, uma vez que os estudos hidrológicos e hidráulicos indicam que a estrutura possui volume de amortecimento para o trânsito de cheias, com borda livre de 1,52 m, sendo maior que 1,0 m, suficiente para uma chuva de projeto equivalente à PMP (Precipitação Máxima Provável), de acordo com a RISR 1º ciclo de 2025. Além do mais, não é crível a obstrução e o desmoronamento do extravasor, visto as dimensões dele e a localidade, deste modo, o nível d’água máximo que um evento de PMP irá gerar, é inferior a cota da crista, não sendo possível o galgamento da estrutura.

13 PLANO DE OPERAÇÃO

A seguir serão apresentados o plano operacional 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 de projeto, 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.



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 33/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

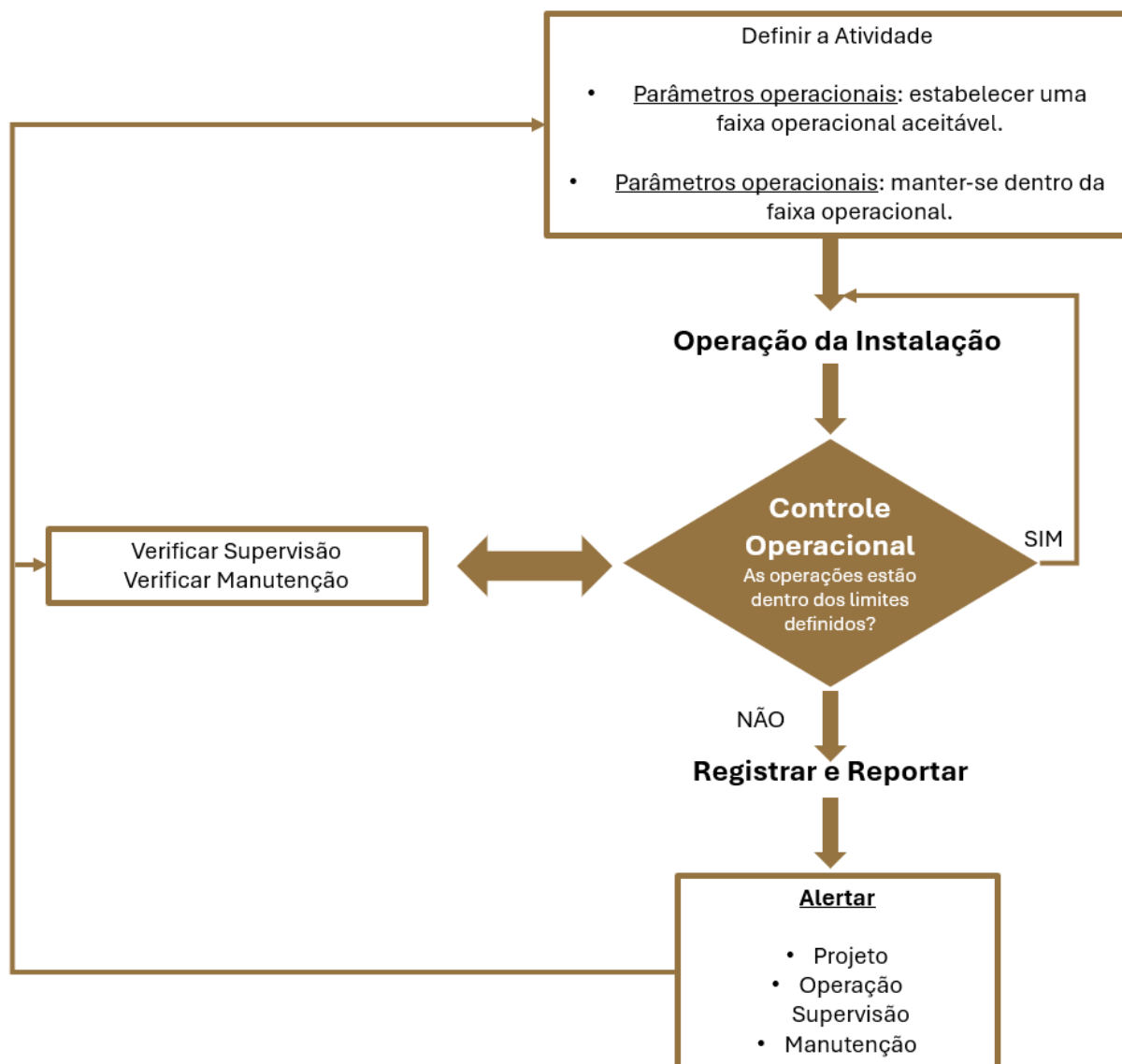


Figura 13.1 – Fluxograma de Operações (Fonte: Desenvolvendo um Manual de Operação, Manutenção e Supervisão para Instalações de Gestão de Rejeitos e Água, MAC).

13.2 GESTÃO DA ÁGUA

Após a construção do Maciço Queiroz, a Barragem Cocuruto foi construída por dois alteamentos a jusante, o primeiro com a construção do Aterro Cocuruto com a crista na elevação 804,00 m e o segundo com o alteamento da crista na elevação 806,00 m, para receber os rejeitos gerados pela planta metalúrgica de Queiroz.

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 34/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Segundo documento AA-314-TY-0580-206-RT-0197-2 do 2º/2024 do RISR, atualmente o reservatório da Barragem Cocuruto atua como parte do processo de controle de qualidade da água, uma vez que sua bacia é a parte final do fluxo de escoamento das barragens Calcinados e Rapaunha. Vale pontuar também que atualmente não existe aporte de rejeitos no reservatório. Em 2023 foi executado o aterro de reconformação a montante da barragem dentro do reservatório, com o objetivo de afastamento do lago em, no mínimo, 50 metros da crista da barragem.

De acordo com o Relatório do projeto As Is (AA-145-WA-0580-267-RT-101) de out/2021, há o entendimento de que a região do reservatório deve ser tratada de forma a separar dois tipos de materiais: água e rejeito.

Observa-se que, quanto às responsabilidades e controles das questões ambientais, além das exigências da legislação vigente (ANM Nº 95/2022), relativa à qualidade da água. Em especial, destacam-se as análises trimestrais de qualidade da água realizadas a partir de coleta nos pontos de monitoramento da drenagem interna.

O 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 região da estrutura. 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.

As atividades de monitoramento hidroquímico ambiental consistem em gerar dados sobre a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, bem como dos efluentes líquidos, fundamentando em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na área de influência da Barragem de Cocuruto, além de realizar o atendimento das condicionantes dos Processos Administrativos COPAM, buscando principalmente:

- Caracterizar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do empreendimento;
- Caracterizar os efluentes líquidos, a fim de verificar a eficiência e permitir a tomada de ações sobre a necessidade de adequação dos respectivos sistemas de tratamento, quando necessário;
- Evidenciar o controle e a manutenção da qualidade ambiental dos recursos hídricos e efluentes líquidos na área de estudo, por meio da comparação com pontos de background e com os limites estabelecidos pelas legislações pertinentes.



| | | | |
|---|--|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 35/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

O acesso a jusante da estrutura durante o período chuvoso não poderá ser realizado caso o extravasor estiver vertendo. Caso seja extremamente necessário deverá ser realizado o rebaixamento do NA abaixo da cota da soleira do extravasor (EL. 802,50m).

13.3 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Para promover a correta proteção ambiental 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.

As áreas revegetadas devidos a intervenções durante qualquer etapa de projeto ou manutenções preventivas e corretivas 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 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 construção de um sump que irá conduzir toda contribuição da drenagem interna para a estação de tratamento d'água da planta industrial de Queiroz.



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 36/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

O monitoramento da estabilidade física e química da Barragem Cocuruto 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 de Cocuruto** 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 em períodos de obras, quinzenalmente em período chuvoso e mensal em período seco.
- Tratamentos pontuais das estruturas de concreto (fissuras, delaminação ou corrosão).
- 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.
- Controle da vegetação nos taludes, adotando controle efetivo de vegetação visando garantir condições ideais para a realização de inspeções visuais e para leitura dos instrumentos que medem deslocamentos. Periodicidade - no mínimo 2 vezes por ano, após o mês de abril de cada ano;
- 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;

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 37/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- Remoção de materiais flutuantes nos emboques dos extravasores;
- 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 dos sumps temporários de obra;
- Desassoreamento do sump do reservatório de maneira a permitir a manutenção de volume de amortecimento na condição atual de fechamento do reservatório;
- Limpeza dos sumps de contenção de água contaminada.

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 |
| 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 pela barragem. Os serviços de manutenção corretiva incluem, mas não se limitam a:

- Limpeza de dispositivos de drenagem superficial;
- Recomposição de erosão nos taludes e nas bermas;

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 38/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

- 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 da cobertura vegetal nos taludes danificados;
- Manutenção e/ou substituição de elementos de drenagem danificados;
- 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 MONITORAMENTO E INDICADORES DE SUCESSO

Conforme Resolução ANM Nº 95, de 7 de fevereiro de 2022, as barragens de mineração devem incluir em seu **Volume II – Planos e Procedimentos** os planos de operação e plano de monitoramento.

O Plano de operação, inclui, mas não se limitando a procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou por entidade responsável, quando for o caso, inclui, mas não se limitando a:

- Procedimentos de inspeções de segurança e monitoramento;
- Procedimentos para calibragem, testagem, comissionamento e manutenção de equipamentos e instrumentos;
- Procedimentos operacionais para o transporte e disposição de rejeitos;
- Procedimentos para gerenciamento da água associada às estruturas de rejeitos sob condições normais de operação e, também, sob situações extraordinárias;
- Regra operacional dos dispositivos de vertimento, caso existam.

O plano de monitoramento e instrumentação contemplam:

- Objetivos, indicadores específicos e mensuráveis para cada tipo de instrumento;



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 39/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- Parâmetros, frequência de aquisição dos dados, instrumentos utilizados, localização dos instrumentos ou localização de coleta de amostras;
- Metodologias e procedimentos para aquisição e análise de dados;
- Processos e procedimentos para a documentação e reporte dos resultados do monitoramento.

O plano de monitoramento das barragens em fase operacional deve-se atentar as obrigações de elaboração e atualização da documentação técnica fixadas na norma, bem como a periodicidade de inspeções, níveis de monitoramento da instrumentação geotécnica, emissões de relatórios e declarações estabelecidas, conforme descritos neste manual e na Resolução ANM 95:2002.

Desse modo, para o acompanhamento da **Barragem de Cocuruto**, 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 região da estrutura;
- Monitoramento dos Dispositivos de Drenagem: 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 de execução de reparos. Ressalta-se que se deve monitorar o nível do lago vinculando com a cota de soleira do extravasor e a pluviometria.
- Monitoramento Geotécnico: O monitoramento geotécnico tem como objetivo garantir as condições de segurança da estrutura. Para isso, o monitoramento geotécnico da barragem será conduzido conforme apresentado neste manual. 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 de Cocuruto**, contempla o detalhamento do monitoramento dos dispositivos de drenagem e geotécnicos. Quanto ao monitoramento ambiental, 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.



| | | | |
|---|--|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 40/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

16 PLANO DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO

Conforme estabelecido pela Resolução nº 95 da ANM, de 7 de fevereiro de 2022, e complementado pela Resolução nº 130 da ANM, as barragens devem garantir segurança hidráulica contra galgamentos, a partir da borda livre. Para isso, o critério de borda livre exige um nível d'água mínimo de 1,00 m para eventos extremos, como um tempo de retorno de 10.000 anos ou a PMP (Precipitação Máxima Provável), considerando o maior entre os dois. Os estudos de trânsito de cheias são conduzidos para verificar a borda livre e determinar o nível máximo que o reservatório poderá alcançar diante de um evento extremo.

Dessa forma, com o objetivo de garantir a segurança hidráulica e o monitoramento da operação, foram definidos níveis de alerta com base nos estudos de trânsito de cheias.

16.1 Nível d'água do reservatório

Na Tabela 16.1, são apresentados os dados cadastrais da régua do reservatório da Barragem Cocuruto, bem como as informações retiradas da análise de trânsito de cheias usadas para a definição dos níveis de controle da instrumentação.

Tabela 16.1 – Dados cadastrais da régua de reservatório e informações referentes ao trânsito de cheias para a estrutura.

| Coordenadas da Régua Datum SIRGAS 2000 | | | Cota da Soleira do Extravasor (m) | N.A. Máx. Maximorum (m) | N.A. com borda livre de 1,0 m (m) | Cota da Crista (m) |
|---|------------|---------------------------|--|-------------------------------|--|-----------------------|
| Norte (m) | Leste (m) | Cota de instalação (m) | | | | |
| 7.790.755,70 | 622.170,69 | 798,06 | 802,50 | 804,48 | 805,00 | 806,00 |

Boas práticas de gestão da segurança hidrológica e legislações vigentes recomendam a manutenção de uma borda livre mínima de 1,0 m (El. 805,00 m). Desta forma, segue os níveis de controle definidos da régua do reservatório da Barragem de Cocuruto:

- O Nível Normal foi definido como sendo leituras da régua com elevações abaixo da cota da soleira (El. 802,50 m);
- O limite superior do Nível de Atenção foi definido como sendo leituras da régua abaixo do nível d'água máximo maximorum (El. 804,48 m);

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 41/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- O limite superior do Nível de Alerta foi definido como sendo leituras da régua abaixo do nível d'água considerando 1,0 m de borda livre, isto é, na cota 805,00 m;
- O limite de Emergência foi definido como leituras iguais ou acima do nível d'água considerando 1,0 m de borda livre, isto é, na cota 805,00 m.

Na Tabela 16.2, apresentam-se os níveis de controle definidos para a Régua do Reservatório objetivando o monitoramento da condição de borda livre.

Tabela 16.2 – Níveis de Controle da Régua do Reservatório da Barragem Cocuruto.

| NORMAL | ATENÇÃO | ALERTA | EMERGÊNCIA |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| N.A. < 802,50 m | 802,50 m ≤ N.A. < 804,48 m | 804,48 m ≤ N.A. < 805,00 m | N.A. ≥ 805,00 m |

Os níveis d'água foram definidos visando um controle do nível de operação no reservatório. Vale ressaltar que durante o período chuvoso, pode ocorrer o vertimento no extravasor, desta forma o acesso a jusante da estrutura não poderá ser realizado caso o extravasor estiver vertendo. Caso seja extremamente necessário deverá ser realizado o rebaixamento do NA abaixo da cota da soleira do extravasor (EL. 802,50m).

17 PLANO DE MONITORAMENTO INSTRUMENTAL

Para o monitoramento da barragem foram considerados os instrumentos já instalados na estrutura, conforme apresentado no desenho de número AA-379-TY-0580-206-DS-0011 do Projeto de Descaracterização da Barragem de Cocuruto. Os instrumentos em sua totalidade permitem um adequado controle do desempenho da estrutura durante e após o processo de descaracterização. 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;
- Medidor 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;



| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 42/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

- Tiltímetros: instrumentos instalados para acionamento automático das sirenes, sendo que a ANM nº 95 no art. 7 obriga o empreendedor a sua implantação, em epígrafe;
- Régua para medição do nível de água no reservatório: duas réguas que são utilizadas para o monitoramento do nível d'água no reservatório da barragem;
- Pluviômetro: medição pluviométrica sendo uma estação meteorológica manual, ativa desde 01/01/2017, e uma estação meteorológica automatizada.

17.1 NÍVEIS DE CONTROLE PARA A INSTRUMENTAÇÃO

Para estabelecer os níveis de controle do plano de monitoramento da **Barragem de Cocuruto**, 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



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 43/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

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

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."

No tópico, 17.1.1, 17.1.1, 17.1.1 e 17.1.1 são apresentadas as definições para os níveis de controle dos piezômetros, indicadores de nível de água, marcos superficiais e medidores de vazão, conforme apresentado na Carta de Risco, elaborada em março de 2025 e apresentada no documento de número AA-379-TY-0580-206-RT-0048.

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.

17.1.1 Piezômetros e Indicadores de Nível D'Água

17.1.1.1 Metodologia

De acordo com a metodologia tradicional, os níveis de controle são definidos a partir de análises de estabilidade por equilíbrio limite, para definição das superfícies de ruptura cujos fatores de segurança



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 44/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

sejam os limites das faixas de risco preconizadas. Quando não for possível convergir o modelo numérico para atingir os limites das faixas de risco, será determinado o valor mais próximo a este.

A resolução nº 95 da ANM estabelece que os níveis de controle são definidos a partir dos fatores de segurança obtidos através de análises de estabilidade, conforme apresentado na **Tabela 17.1**. Para cada nível de controle são extraídas as correspondentes elevações freáticas ou níveis piezométricos dos instrumentos.

Tabela 17.1 – Níveis de Controle.

| LIMITE FS | NÍVEIS |
|--------------------|------------|
| (FS ≥ 1,50) | Normal |
| (1,50 > FS ≥ 1,30) | Atenção |
| (1,30 > FS ≥ 1,10) | Alerta |
| (FS < 1,10) | Emergência |

Para a **Barragem Cocuruto** foram realizadas análises de estabilidade bidimensionais das seções geológico-geotécnicas da estrutura, empregando o método de equilíbrio limite por meio do *software* Slide2® (Rocscience). Durante as análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios e premissas:

- Aplicação da teoria do equilíbrio limite pelos métodos rigorosos das fatias: *Morgenstern-Price/GLE*, *Spencer* e *Sarma* para rupturas com formato não circular com otimização de superfícies a partir do método de *Particle Swarm*;
- Adoção do critério de ruptura de *Mohr-Coulomb* para materiais com comportamento drenado, definição de razão de resistência para materiais com comportamento não drenado e aplicação do critério de ruptura de *Hoek-Brown* para maciços rochosos;
- Os materiais que compõem os perfis geológico-geotécnicos das seções analisadas são considerados contínuos e homogêneos;
- Realização das análises de estabilidade considerando a rede de fluxo obtida por análises de percolação em regime de fluxo permanente;
- Os parâmetros de condutividade hidráulica dos diferentes materiais que compõem a **Barragem Cocuruto** foram calibrados considerando a seção principal da estrutura (Seção A-A'), as leituras dos instrumentos e o nível d'água do reservatório registrado no dia 28/11/2024 (799,39 m), representativo da condição atual operacional da estrutura (**Tabela 17.2**);

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 45/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

- Os valores de condutividade hidráulica calibrados para a seção principal A-A' foram adotados como característicos da estrutura, sendo aplicados nas análises de percolação das outras seções definidas para a estrutura (seção B-B' à seção E-E');
- O aumento da linha piezométrica foi simulado a partir da colmatagem parcial e total dos dispositivos da drenagem interna da estrutura (até o limite de permeabilidade do Aterro Cocuruto), assim como a elevação do nível d'água do reservatório (até o limite da crista da barragem).

Tabela 17.2 – Resumo dos parâmetros de permeabilidade adotados nas análises (TELLUS, 2025).

| Material | k_h (m/s) | k_v/k_h |
|---|-------------|-----------|
| Solo Residual de Xisto | 3e-08 | 1 |
| Saprólito de Xisto | 9e-09 | 1 |
| Xisto Nova Lima | 1e-09 | 1 |
| Aterro Queiroz (Dique de Partida) | 4e-07 | 1 |
| Aterro Cocuruto (Maciço Final) | 1e-08 | 0,8 |
| Aterro de Reconformação do Reservatório | 1e-08 | 1 |
| Rejeito do Reservatório | 1e-06 | 1 |
| Filtro Inclinado | 5e-05 | 1 |
| Tapete Drenante | 3e-06 | 1 |
| Dique de Pé | 1e-04 | 1 |
| Enrocamento (Dreno Invertido) | 1e-02 | 1 |
| Transição | 1e-05 | 1 |

k_h – coeficiente de permeabilidade horizontal; k_v – coeficiente de permeabilidade vertical.

Para a realização das modelagens numéricas foram considerados os parâmetros geotécnicos dos materiais adotados na última revisão da RISR 1º ciclo de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0058) dispostos na **Tabela 17.3**.

Tabela 17.3 – Resumo dos parâmetros de resistência adotados nas análises (TELLUS, 2025).

| Material | γ (kN/m³) | c' (kPa) | ϕ' (°) | S_u/σ'_{v0} | UCS (MPa) | GSI | m_i | D | Referência |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------|-----|-------|---|--|
| Solo Residual de Xisto | 19 | 10 | 31 | - | - | - | - | - | CIUsat Diefra (2022); CHAMMAS (2020) e CHAMMAS (2021) |
| Saprólito de Xisto | 20 | 0 | 39 | - | - | - | - | - | CIUsat CHAMMAS (2021) |
| Xisto Nova Lima | 21 | - | - | - | 40 | 45 | 9 | 0 | Literatura - Marques e Vargas (2022); Coelho (2015); Cruz (2004) |
| Aterro Queiroz (Dique de Partida) | 16 | 0 | 27 | - | - | - | - | - | Correlações NSPT |
| Aterro Cocuruto (Maciço Final) | 19 | 13 | 32 | - | - | - | - | - | CIUsat Diefra (2022); CHAMMAS (2020) e CHAMMAS (2021) |



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 46/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| Material | γ (kN/m ³) | c' (kPa) | ϕ' (°) | S_u/σ'_{v0} | UCS (MPa) | GSI | m_i | D | Referência |
|---|----------------------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------|-----|-------|---|---|
| Aterro de Reconformação do Reservatório | 19 | 5 | 25 | - | - | - | - | - | CIUsat Diefra (2022) e valores usuais de aterro sem compactação (esteirado) |
| Rejeito do Reservatório | 17 | - | - | 0,24 | - | - | - | - | CPTU TERRATEK (2017) |
| Filtro Inclinado | 19 | 0 | 33 | - | - | - | - | - | Literatura – Das Braja (2007); Souza Pinto (2006) |
| Tapete Drenante | 19 | 0 | 35 | - | - | - | - | - | Literatura – Paulo Cruz (1996) |
| Dique de Pé | 21 | 0 | 37 | - | - | - | - | - | - |
| Enrocamento (Dreno Invertido) | 20 | 1 | 38 | - | - | - | - | - | - |

γ – peso específico natural; c' – coesão efetiva; ϕ' – ângulo de atrito efetivo; S_u/σ'_{v0} – razão de resistência não drenada; UCS – resistência à compressão uniaxial; GSI – *Geological Strength Index*; m_i e D – parâmetros do critério de Hoek & Brown.

17.1.1.2 Avaliação da instrumentação

Para avaliação da instrumentação, buscou-se analisar as variações das leituras dos instrumentos de poropressão e nível de água no interior da barragem.

Para os piezômetros **PZ-01OE**, **PZ-02OE**, **PZ-03OE** e o **INA-01OE** não foi possível determinar níveis de controle a partir das análises de estabilidade bidimensionais por equilíbrio limite, em razão destes estarem locados significativamente distantes das seções geológico-geotécnicas consideradas.

17.1.1.3 Níveis de controle

A partir das considerações elencadas acima, apresenta-se os níveis de controle obtidos para a **Barragem Cocuruto**. As imagens das análises de estabilidade utilizadas para obtenção dos fatores de segurança estão apresentadas no **APÊNDICE A**.

Tabela 17.4 - Níveis de controle para a Barragem Cocuruto.

| Seção | Instrumento | Cota de Topo | Cota de Fundo | Normal | Atenção | | Alerta | | Emergência |
|-------|-------------|--------------|---------------|-----------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| | | | | Menor que | de | até | de | até | Maior/ igual a |
| A-A | INA-01A | 806,54 | 782,05 | 796,023 | 796,023 | 796,573 | 796,574 | 803,343 | 803,344 |
| A-A | INA-01AN | 807,40 | 782,21 | 796,306 | 796,306 | 796,775 | 796,776 | 804,048 | 804,049 |
| A-A | INA-02A | 794,96 | 771,19 | 791,074 | 791,074 | 792,432 | 792,433 | 794,317 | 794,318 |
| A-A | INA-03AN | 785,35 | 777,08 | 780,400 | 780,400 | 783,955 | 783,956 | 784,485 | 784,486 |
| A-A | PZ-01A | 806,75 | 769,99 | 796,907 | 796,907 | 797,338 | 797,339 | 803,581 | 803,582 |
| A-A | PZ-02 | 795,37 | 765,18 | 792,894 | 792,894 | 793,920 | 793,921 | (5) | (5) |



| | | | |
|---|--|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 47/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

| Seção | Instrumento | Cota de Topo | Cota de Fundo | Normal | Atenção | | Alerta | | Emergência |
|-----------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|----------------|
| | | | | Menor que | de | até | de | até | Maior/ igual a |
| A-A | PZ-02A | 795,30 | 775,91 | 792,024 | 792,024 | 793,189 | 793,190 | (5) | (5) |
| A-A | PZ-02AN | 794,91 | 772,66 | 791,874 | 791,874 | 793,098 | 793,099 | (5) | (5) |
| A-A | PZ-03A | 784,78 | 768,57 | 779,530 | 779,530 | 782,982 | 782,983 | (5) | (5) |
| A-A | PZ-05A | 777,46 | 758,94 | 772,579 | 772,579 | 776,469 | 776,470 | 776,903 | 776,904 |
| A-A | PZ-05AN | 777,45 | 766,01 | 772,074 | 772,074 | 776,297 | 776,298 | 776,487 | 776,488 |
| B-B | INA-01B | 806,67 | 791,00 | 796,114 | 796,114 | 799,935 | 799,936 | 804,636 | 804,637 |
| B-B / E-E | INA-01BN | 807,76 | 791,78 | 796,018 (3) | 796,018 (3) | 799,994 | 799,995 | 804,791 | 804,792 |
| B-B | INA-01BNN | 807,48 | 790,23 | 796,368 | 796,368 | 800,245 | 800,246 | 805,573 | 805,574 |
| B-B | INA-02B | 785,26 | 778,27 | 781,694 | 781,694 | 782,696 | 782,697 | 784,496 | 784,497 |
| B-B | PZ-01BN | 806,82 | 770,12 | 795,554 | 795,554 | 799,414 | 799,415 | 802,433 | 802,434 |
| B-B | PZ-02B | 795,11 | 764,62 | 790,039 | 790,039 | 792,799 | 792,800 | 794,706 | 794,707 |
| B-B | PZ-03B | 784,90 | 766,53 | 782,953 | 782,953 | 784,334 | 784,335 | (5) | (5) |
| B-B | PZ-04B | 777,30 | 770,24 | (5) | (5) | (5) | (5) | (5) | (5) |
| C-C | INA-01C | 807,27 | 791,95 | 794,400 | 794,400 | 795,576 | 795,577 | 806,299 | 806,300 |
| C-C | INA-01CN | 806,64 | 789,12 | 795,727 | 795,727 | 796,615 | 796,616 | 806,299 | 806,300 |
| C-C | INA-02C | 785,51 | 780,33 | (2) | (2) | 783,763 | 783,764 | 784,610 | 784,611 |
| C-C | INA-03C | 777,52 | 760,09 | 773,168 | 773,168 | 776,668 | 776,669 | (4) | (4) |
| C-C | PZ-01C | 806,57 | 757,47 | 792,440 | 792,440 | 793,949 | 793,950 | 798,079 | 798,080 |
| C-C | PZ-02C | 785,44 | 753,34 | 779,390 | 779,390 | 782,909 | 782,910 | 784,689 | 784,690 |
| D-D | INA-01D | 806,80 | 784,02 | 796,122 | 796,122 | 800,082 | 800,083 | 804,103 | 804,104 |
| D-D | INA-01DN | 807,54 | 782,40 | 796,475 | 796,475 | 800,433 | 800,434 | 805,111 | 805,112 |
| D-D | INA-02D | 794,86 | 780,37 | 791,404 | 791,404 | 793,649 | 793,650 | (5) | (5) |
| D-D | INA-02DNA | 794,96 | 775,13 | 791,445 | 791,445 | 793,686 | 793,687 | 793,978 | 793,979 |
| D-D | INA-03D | 784,49 | 779,15 | (5) | (5) | (5) | (5) | (5) | (5) |
| D-D | PZ-01D | 794,97 | 765,86 | 790,810 | 790,810 | 793,209 | 793,210 | (5) | (5) |
| D-D | PZ-01DN | 807,49 | 781,98 | 796,720 | 796,720 | 800,819 | 800,820 | 803,489 | 803,490 |
| D-D | PZ-02D | 785,18 | 764,41 | 782,670 | 782,670 | 783,189 | 783,190 | (5) | (5) |
| D-D | PZ-02DN | 794,95 | 775,21 | 790,740 | 790,740 | 793,039 | 793,040 | 793,958 | 793,959 |
| D-D | PZ-03D | 777,48 | 769,50 | 773,460 | 773,460 | 773,869 | 773,870 | 776,719 | 776,720 |
| E-E | INA-02OD | 790,13 | 767,60 | 789,484 | 789,484 | (1) | (1) | (1) | (1) |
| E-E | INA-03B | 778,30 | 762,66 | 776,204 | 776,204 | (1) | (1) | (1) | (1) |
| E-E | INA-03OD | 785,38 | 752,63 | 784,736 | 784,736 | (1) | (1) | (1) | (1) |
| E-E | INA-04OD | 777,26 | 770,62 | 776,752 | 776,752 | (1) | (1) | (1) | (1) |

Notas:

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 48/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

⁽¹⁾ Nível de controle não atingido para a máxima linha piezométrica ajustável na seção.

⁽²⁾ A linha piezométrica se encontra abaixo da cota de fundo do instrumento para a condição limite do fator de segurança.

⁽³⁾ O instrumento ina-01bn foi apresentado nas seções b-b e e-e. no entanto, a seção e-e atingiu apenas o nível de atenção, sendo a cota piezométrica do instrumento inferior à cota necessária para atingir o mesmo fs na seção b-b, onde todos os níveis requeridos foram atingidos. desta forma, adotou-se o nível de atenção da seção e-e, enquanto os níveis de alerta e emergência foram considerados conforme os valores da seção b-b.

⁽⁴⁾ Em razão da linha piezométrica já ter faceado o talude de jusante anteriormente, qualquer subida no nível d'água implicaria em perda de fs, porém sem aumento da cota piezométrica do instrumento. portanto, não há como determinar nível de emergência através da modelagem numérica.

⁽⁵⁾ Para atingir o fs requerido, seria necessário que a superfície freática ultrapassasse a cota de topo do instrumento, portanto o nível de controle não é aplicado.

17.1.2 Vazão da drenagem interna: Medidor de vazão

Para a definição dos níveis de controle relacionados ao monitoramento da vazão da drenagem interna da Barragem Cocuruto, foram analisados os registros históricos para o período compreendido entre o 01/01/2018 e o 31/01/2025. A **Figura 17.1** apresenta o gráfico de vazão média diária e precipitação diária em função do tempo.

A partir das leituras disponibilizadas e análise dos dados, as seguintes considerações foram realizadas:

- Evidenciou-se uma oscilação nas leituras automatizadas do medidor de vazão a partir de novembro de 2024, fato que foi corroborado com a execução de leituras manuais do instrumento;
- A série temporal tende a apresentar um comportamento influenciado pelos períodos chuvosos (entre outubro e março) e de estiagem (entre abril e setembro), apresentando valores de vazão entre 3,6 e 78,5 m³/h e entre 3 e 13 m³/h, respectivamente;

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 49/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

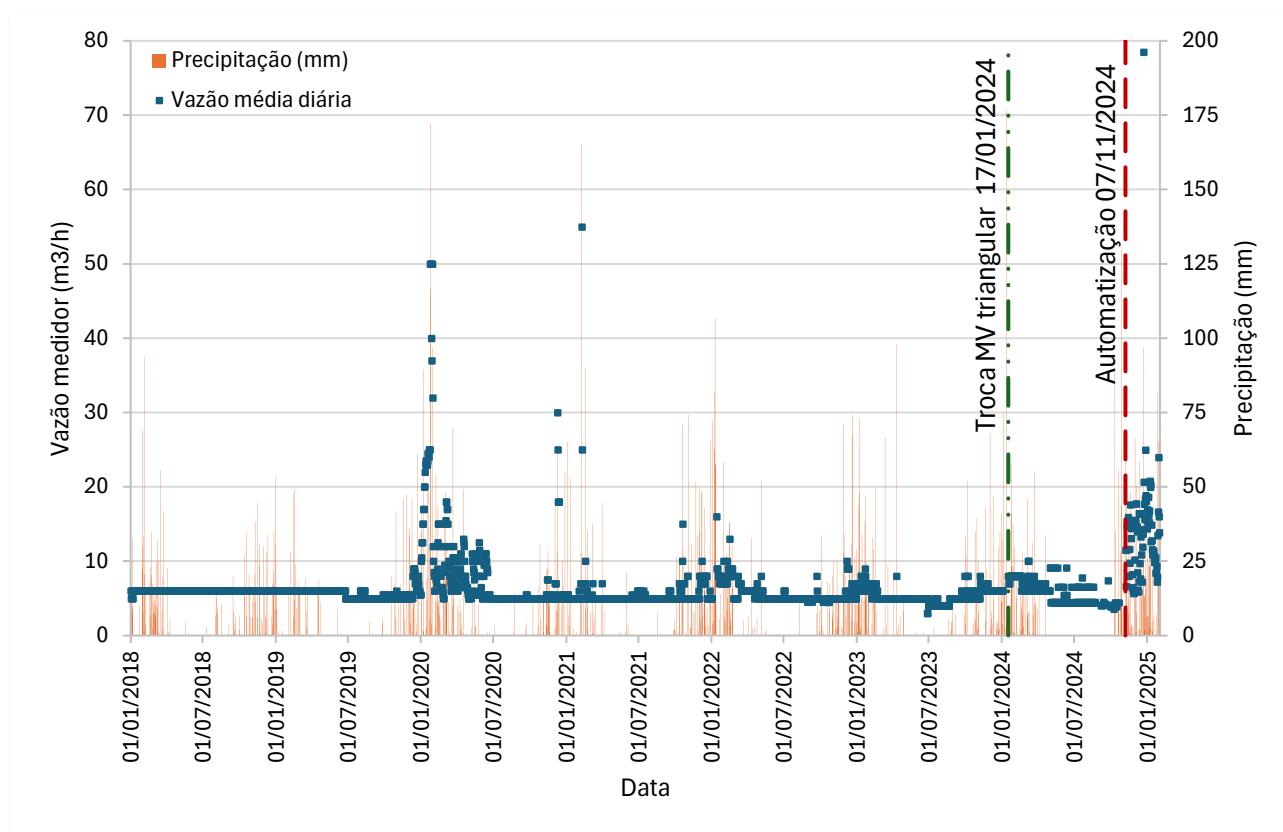


Figura 17.1 – Registro histórico de monitoramento da vazão da drenagem interna para a Barragem Cocuruto.

- Conforme mencionado no reporte mensal de janeiro de 2025 (AA-314-TY-0580-267-RT-0029), o projeto das obras de adequação da **Barragem Cocuruto** não contempla medidas para evitar as contribuições pluviométricas provenientes do barramento e da ombreira esquerda para o medidor de vazão. A automatização do instrumento a partir da data 07/11/2024 permitiu constatar a dependência direta das leituras em relação às precipitações acontecidas na área de implantação da estrutura (**Figura 17.2**);
- Conforme a especificação técnica construtiva elaborada pela Tellus (AA-379-TY-0580-206-ET-0004), o medidor de vazão por vertedor triangular possui uma capacidade máxima de 517 m³/h, correspondente a uma carga de água de 40 cm;
- No período de monitoramento com medidor por vertedor triangular (17/01/2024 à 31/01/2025), as leituras de vazão média diária apresentaram média de 5,1 e 10,0 m³/h para o período de estiagem e chuvoso, respectivamente, e um desvio padrão de 0,9 e 4,5 m³/h, na mesma ordem.

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 50/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

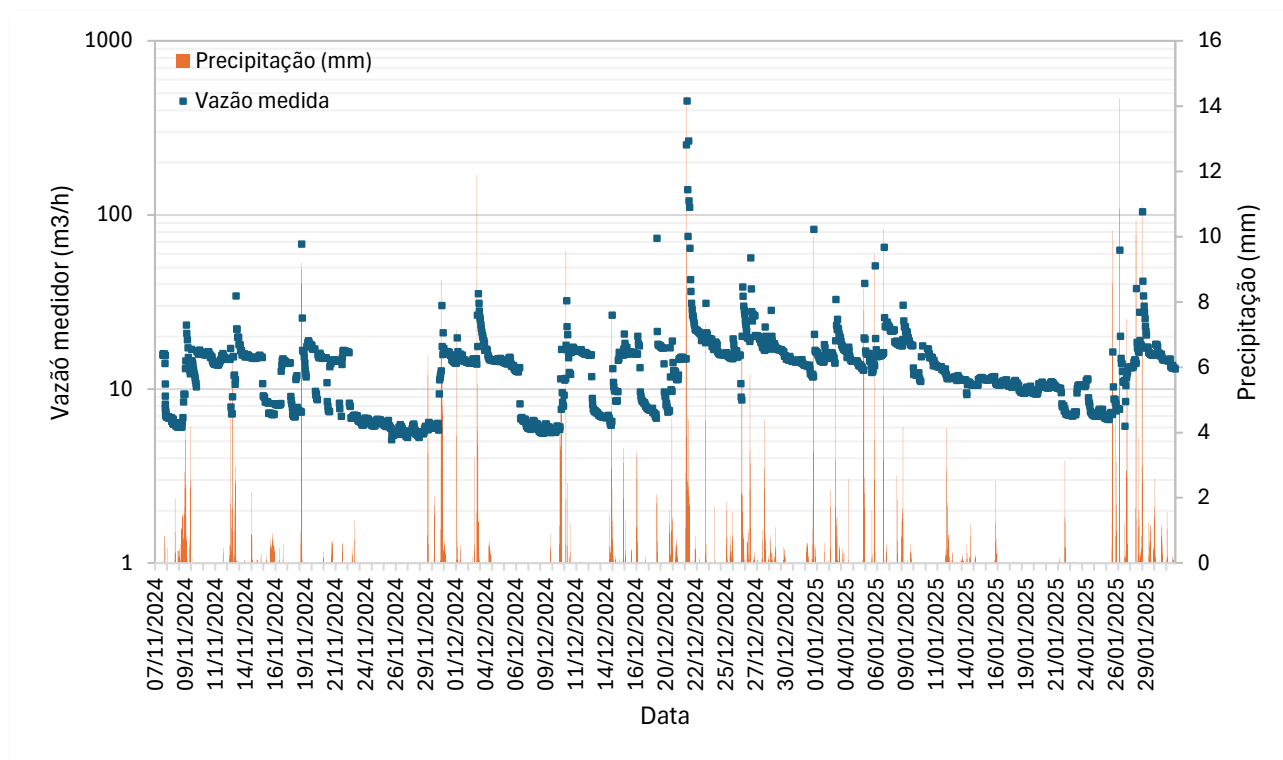


Figura 17.2 – Leituras o medidor de vazão de vertedor triangular a partir da data de automatização.

Cabe ressaltar que várias análises estatísticas foram realizadas com o intuito de quantificar o efeito da precipitação nas leituras automatizadas registradas pelo medidor de vazão, não obstante não foi possível estabelecer tendências ou relações claras entre estas quantidades.

Para o estabelecimento dos níveis de controle do instrumento foram empregadas técnicas estatísticas considerando os critérios apresentados a seguir:

- Devido à substituição do tipo de medidor de vazão, foi selecionado o período compreendido entre as datas 17/01/2024 e 31/01/2025 para definição dos níveis de controle do instrumento;
- Foi utilizada a técnica de máximos e mínimos em intervalos prefixados para os dados agrupados por mês, de forma similar às análises realizados Fusaro (2007) para piezômetros e INAs, empregando os percentis 5 e 95 como limite inferior e superior da faixa de comportamento típico esperado para instrumento;
- Para definição do limite superior do nível de controle NORMAL, foi empregado o valor máximo encontrado do percentil 95 para os meses considerados em cada período climático;
- O limite inferior do nível de controle NORMAL foi estabelecido com base no valor mínimo registrado nos períodos de estiagem considerados.

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 51/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- O nível de controle EMERGÊNCIA foi definido para uma condição crítica de colmatação da drenagem interna ou quando apresentadas evidências que indiquem o desenvolvimento do fenômeno de erosão interna/piping.

A **Figura 17.3** mostra os resultados da metodologia aplicada aos dados considerados, ressaltando-se os valores obtidos para definição dos níveis de controle. Já na **Tabela 17.5** foram compilados os valores específicos dos níveis de controle a serem empregados durante as avaliações realizadas nos períodos de estiagem e chuvosos.

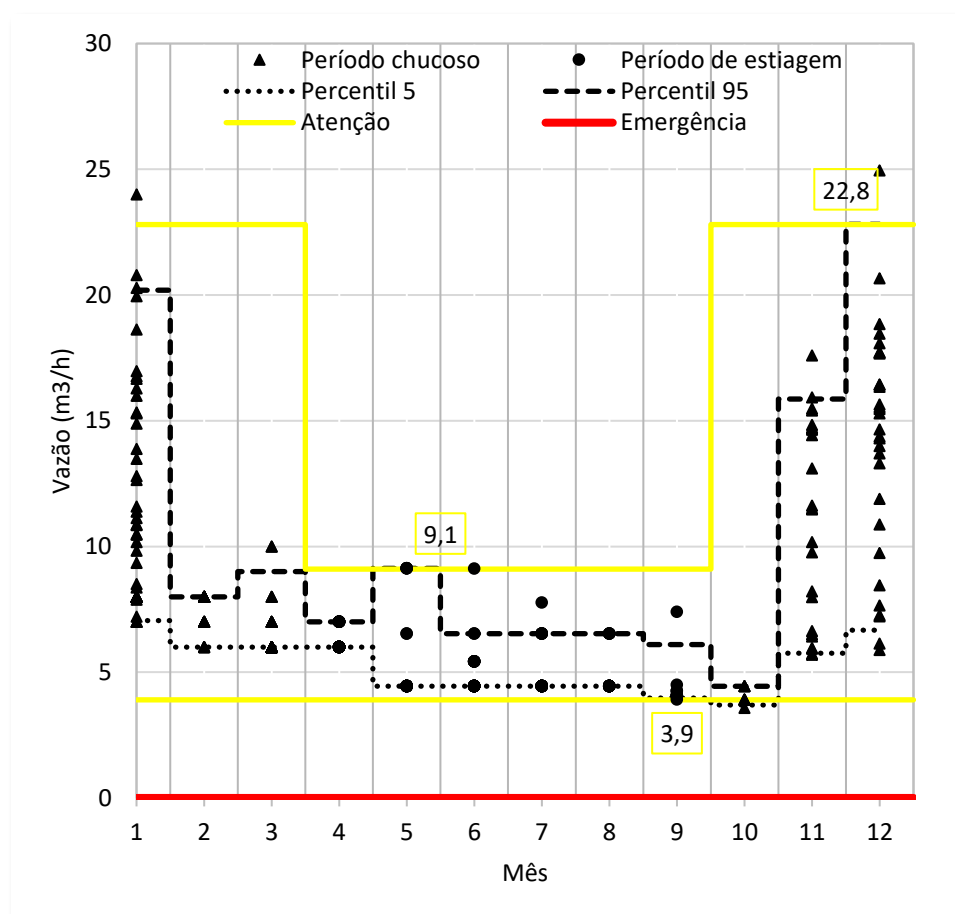


Figura 17.3 – Análise dos dados de vazão média diária para definição dos níveis de controle do medidor de vazão por vertedor triangular.

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 52/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Tabela 17.5 – Níveis de controle definidos para o controle da vazão média diária da drenagem interna – medidor de vazão por vertedor triangular.

| CONDIÇÃO | UNIDADE | NORMAL | ATENÇÃO ⁽³⁾ | EMERGÊNCIA |
|---|---------|---------------------------|--|---|
| Medidor de vazão - MV-01 - Período de estiagem ⁽²⁾ (Dreno de fundo) - Tipo triangular automatizado | m³/h | $3,9 < Q_{diária} < 9,1$ | $Q_{diária} \geq 9,1$ ou $0 < Q \leq 3,9$ | Q=0 ou presença de sólidos transportados |
| Medidor de vazão - MV-01 - Período chuvoso ^(2,5) (Dreno de fundo) - Tipo triangular automatizado | m³/h | $3,9 < Q_{diária} < 22,8$ | $Q_{diária} \geq 22,8$ ou $0 < Q \leq 3,9$ | Q=0 ou presença de sólidos transportados |

Notas:

⁽¹⁾ $Q_{diária}$ é a vazão média diária.

⁽²⁾ Os períodos de estiagem e chuvosos compreendem os meses de abril a setembro e de outubro a março, respectivamente.

⁽³⁾ O nível de ATENÇÃO pode ser atingido temporariamente durante eventos de chuva intensa devido à influência direta da precipitação na leitura do instrumento;

⁽⁴⁾ As leituras do instrumento deverão ser verificadas. A capacidade máxima do medidor de vazão definida em projeto é de 517 m³/h, sendo necessário a verificação das leituras do instrumento no caso em que este limite seja superado.

⁽⁵⁾ No período chuvoso, as leituras do medidor de vazão deverá ser realizada de forma manual.

Salienta-se que, devido à influência observada da precipitação sobre as leituras automatizadas do medidor de vazão, o nível de controle de ATENÇÃO pode ser atingido temporalmente durante o acontecimento de eventos de chuva intensa, podendo não significar problemas reais associados ao desenvolvimento de algum modo de falha. Neste caso, é indicado que sejam realizadas leituras manuais durante o período chuvoso. Assim, com base nesses dados, uma avaliação cuidadosa das vazões médias diárias calculadas, principalmente durante o período de chuva associado ao evento para verificar a tendência de Comportamento Não Normal a partir das leituras subsequentes a leitura de gatilho do acionamento do nível de controle de ATENÇÃO.

Igualmente, deverão ser verificadas as leituras do instrumento caso sejam registrados valores de vazão superiores à capacidade máxima definida em projeto (517 m³/h).

Os níveis de controle definidos serão utilizados, 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.

No caso de presença de sólidos transportados, deverá ser determinada a procedência do material particulado por meio de inspeções em campo, uma vez o projeto das obras de adequação da **Barragem Cocuruto** não contempla medidas para evitar as contribuições pluviométricas provenientes do barramento e da ombreira esquerda para o medidor de vazão (AA-314-TY-0580-267-RT-0029).

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 53/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

17.1.3 Deslocamentos: marcos superficiais

Os níveis de controle dos marcos superficiais podem ser definidos a partir de modelagens numéricas de tensão-deformação que permitam prever os deslocamentos que aconteceriam em condições hipotéticas de perda de resistência dos materiais constituintes, partindo de uma etapa de calibração inicial que simule a evolução dos deslocamentos já acontecidos na estrutura.

Estes modelos podem ser desenvolvidos utilizando ferramentas numéricas que consigam representar a geometria da barragem, sendo empregado comumente o método dos elementos finitos (MEF) bidimensional, avaliando-se o comportamento em seções críticas e representativas das características da estrutura.

A credibilidade dos deslocamentos prognosticados depende essencialmente de um processo exitoso de calibração dos parâmetros de deformabilidade dos materiais, de forma que o modelo consiga descrever o comportamento da estrutura para os diferentes tipos de solicitações acontecidas desde o momento de implantação da mesma. Consequentemente, dados detalhados de monitoramento, caracterização dos materiais e histórico de obras são necessários para atingir o grau de confiabilidade adequado para o modelo numérico, tendo em consideração as limitações intrínsecas associadas ao tipo de simulação empregada.

Durante a definição dos níveis de controle, o modelo calibrado é utilizado para estabelecer os deslocamentos admissíveis antes do acontecimento da ruptura, simulando a perda de resistência dos materiais aplicando, por exemplo, o método de redução de resistência SRM (Strenth Reduction Method).

Uma análise das informações disponíveis para a **Barragem Cocuruto** evidenciou a presença de dados de monitoramento dos deslocamentos apenas a partir de finais de 2019, quando foram instalados os primeiros marcos superficiais no talude de jusante (MS-CO-01 à MS-CO-04), tornando-se o monitoramento contínuo a partir do dia 15/12/2020. Os instrumentos MS-CO-05, MS-CO-07, MS-CO-08, MS-CO-09 e MS-CO-10 começaram a ter leituras desde a data 18/07/2023, o MS-CO-06 a partir do 01/08/2023, o MS-CO-11 até o MS-CO-14 desde o dia 17/11/2023, e o MS-CO-18 até o MS-CO-20 a partir da data 08/07/2024. Além disso, os marcos MS-CO-04, MS-CO-06 e MS-CO 08 foram desativados na data 23/02/2024 por motivo da implementação do dreno invertido projetado no pé da estrutura. Desta forma foram totalizados um aproximado de, no máximo, 4 anos de acompanhamento da estrutura.

Em vista das informações limitadas relacionadas ao monitoramento dos deslocamentos da **Barragem Cocuruto**, a confiabilidade do modelo numérico de tensão-deformação não pode ser garantida, consequentemente, previsões de deslocamentos usando esta metodologia não podem ser estabelecidas. Deste modo, optou-se pela abordagem estatística para definição dos níveis de controle



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 54/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

dos instrumentos.

Para definir os níveis de controle dos marcos superficiais, foram avaliados os dados de monitoramento fornecidos pela AGA de posicionamento horizontal (Direção Norte e Direção Leste) e de elevação de cada instrumento entre as datas 15/12/2020 e 31/01/2025 registradas no sistema SHMS. Uma análise preliminar dos dados, considerando o valor de média diária e a primeira estimativa como ponto de referência, permitiu estabelecer as seguintes considerações:

- Os instrumentos MS-CO-04, MS-CO-06 e MS-CO-08 foram desativados a partir da data 23/02/2024 devido as obras de implantação do dreno invertido;
- Os dados de monitoramento reportados pelos instrumentos MS-CO-01 a MS-CO-10 indicam uma tendência generalizada de deslocamentos na direção de montante, sendo mais evidente nos registros dos instrumentos localizados próximos à crista da estrutura (MS-CO-01; MS-CO-02; MS-CO-03; MS-CO-05, MS-CO-09);
- Também foram identificados valores de recalques máximos durante o período monitorado de entre 2 e 3 cm, registrados nos instrumentos MS-CO-05 e MS-CO-09 locados nas proximidades da crista da barragem, apresentando valores menores para os instrumentos locados em doas inferiores;
- Acréscimos de deslocamentos nas três direções monitoradas foram observados nos marcos localizados no setor superior central do barramento (MS-CO-02; MS-CO-03; MS-CO-05, MS-CO-09) a partir do início das obras de adequação do sistema extravasor em setembro de 2022, correspondendo também com o início das atividades de bombeamento da água presente no reservatório;
- Foram observados deslocamentos ao longo do tempo no marco de referência MR-CO-04, com início de operação na data 18/11/2022, que podem estar influenciando nas estimativas dos deslocamentos reais acontecidos nos marcos superficiais.

No **Apêndice B** são apresentados os gráficos de deslocamento médio diário dos instrumentos próximos a cada uma das seções geológico-geotécnicas e dos marcos de referência implementados na estrutura.

Em seguida, os dados de posicionamento horizontal e vertical foram tratados para determinação do deslocamento diário acumulado de cada instrumento em cada umas das direções estipuladas. A seguir, será descrito o procedimento realizado:

- Inicialmente, foi calculado o deslocamento relativo acumulado de cada instrumento com base na primeira leitura registrada para as direções Leste (x), Norte (y) e Vertical (z);

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 55/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

- A continuação, foi estimado o deslocamento registrado entre leituras subsequentes para cada uma das direções analisadas;
- Em seguida, determinaram-se os deslocamentos diários acumulados aplicando a somatória dos deslocamentos entre leituras calculadas no passo anterior, agrupando os dados por dia (entre as 00:00h e as 23:59h);
- Posteriormente, procurou-se delimitar o comportamento típico da barragem com base na técnica estatística Z-score em termos de valores absolutos aplicada aos deslocamentos diários acumulados, definindo-se o limite que caracteriza os registros normais e atípicos. A técnica Z-score permite a normalização de cada um dos valores com base na média e o desvio padrão do conjunto de dados (**Equação 1**).

$$z_{score} = \frac{|dado - média|}{desvio\ padrão} \quad (\text{Equação 1})$$

Um dado com valor de $z_score \leq 3$ foi considerado como normal para descrição do comportamento registrado pelo instrumento. Leituras com $z_score > 3$ foram desconsideradas nas análises subsequentes;

- Após o tratamento inicial, foi calculada a média e o desvio padrão do conjunto de dados resultante para cada marco superficial, estabelecendo-se a faixa de comportamento esperado do instrumento entre o valor médio mais ou menos 3 vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\sigma$), indicando uma abrangência do 99,7% dos dados.

No **Apêndice B** são apresentados os gráficos de deslocamento diário acumulado de cada instrumento nas três direções avaliadas (Leste, Norte, Vertical) e na **Tabela 17.6** foram resumidos os valores obtidos na definição do comportamento esperado de todos os marcos superficiais em operação. Nota-se que durante as análises não foram contemplados os instrumentos MS-CO-15, MS-CO-16 e MS-CO-17 bem como os MS-CO-04, MS-CO-06 e MS-CO-08, por estarem localizados fora do maciço da estrutura e desativados a partir da data 24/02/2024, respectivamente. A **Figura 17.4** exhibe, a modo de exemplo, o tratamento dos dados e as faixas de deslocamento esperado estimadas para o instrumento MS-CO-05.

Tabela 17.6 – Faixas de deslocamento diário acumulado esperado (D) para os marcos superficiais ativos na Barragem Cocuruto.

| INSTRUMENTO | DESLOCAMENTO DIÁRIO ACUMULADO ESPERADO DO INSTRUMENTO | | |
|-------------|---|-----------------|-----------------|
| | LESTE (mm) | NORTE (mm) | VERTICAL (mm) |
| MS-CO-01 | -5,7 < Dx < 5,7 | -5,1 < Dy < 5,1 | -4,5 < Dz < 4,5 |
| MS-CO-02 | -4,6 < Dx < 4,6 | -5,8 < Dy < 5,8 | -3,9 < Dz < 3,9 |
| MS-CO-03 | -6,7 < Dx < 6,7 | -8,5 < Dy < 8,5 | -8 < Dz < 8 |
| MS-CO-05 | -1,5 < Dx < 1,5 | -3,5 < Dy < 3,5 | -2,3 < Dz < 2,3 |

| | | | |
|---|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 56/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

| INSTRUMENTO | DESLOCAMENTO DIÁRIO ACUMULADO ESPERADO DO INSTRUMENTO | | |
|-------------|---|-----------------|-----------------|
| | LESTE (mm) | NORTE (mm) | VERTICAL (mm) |
| MS-CO-07 | -2,9 < Dx < 2,9 | -2,8 < Dy < 2,8 | -2,7 < Dz < 2,7 |
| MS-CO-09 | -2,2 < Dx < 2,2 | -2,8 < Dy < 2,8 | -2,3 < Dz < 2,3 |
| MS-CO-10 | -1,9 < Dx < 1,9 | -1,8 < Dy < 1,8 | -2 < Dz < 2 |
| MS-CO-11 | -2,7 < Dx < 2,7 | -2,3 < Dy < 2,3 | -3,3 < Dz < 3,3 |
| MS-CO-12 | -3,9 < Dx < 3,9 | -2,7 < Dy < 2,7 | -3,4 < Dz < 3,4 |
| MS-CO-13 | -4,5 < Dx < 4,5 | -3,5 < Dy < 3,5 | -3,4 < Dz < 3,4 |
| MS-CO-14 | -4 < Dx < 4 | -3 < Dy < 3 | -3,7 < Dz < 3,7 |
| MS-CO-18 | -0,6 < Dx < 0,6 | -1,5 < Dy < 1,5 | -1,9 < Dz < 1,9 |
| MS-CO-19 | -0,6 < Dx < 0,6 | -1,5 < Dy < 1,5 | -1 < Dz < 1 |
| MS-CO-20 | -1,5 < Dx < 1,5 | -2 < Dy < 2 | -1,7 < Dz < 1,7 |

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 57/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

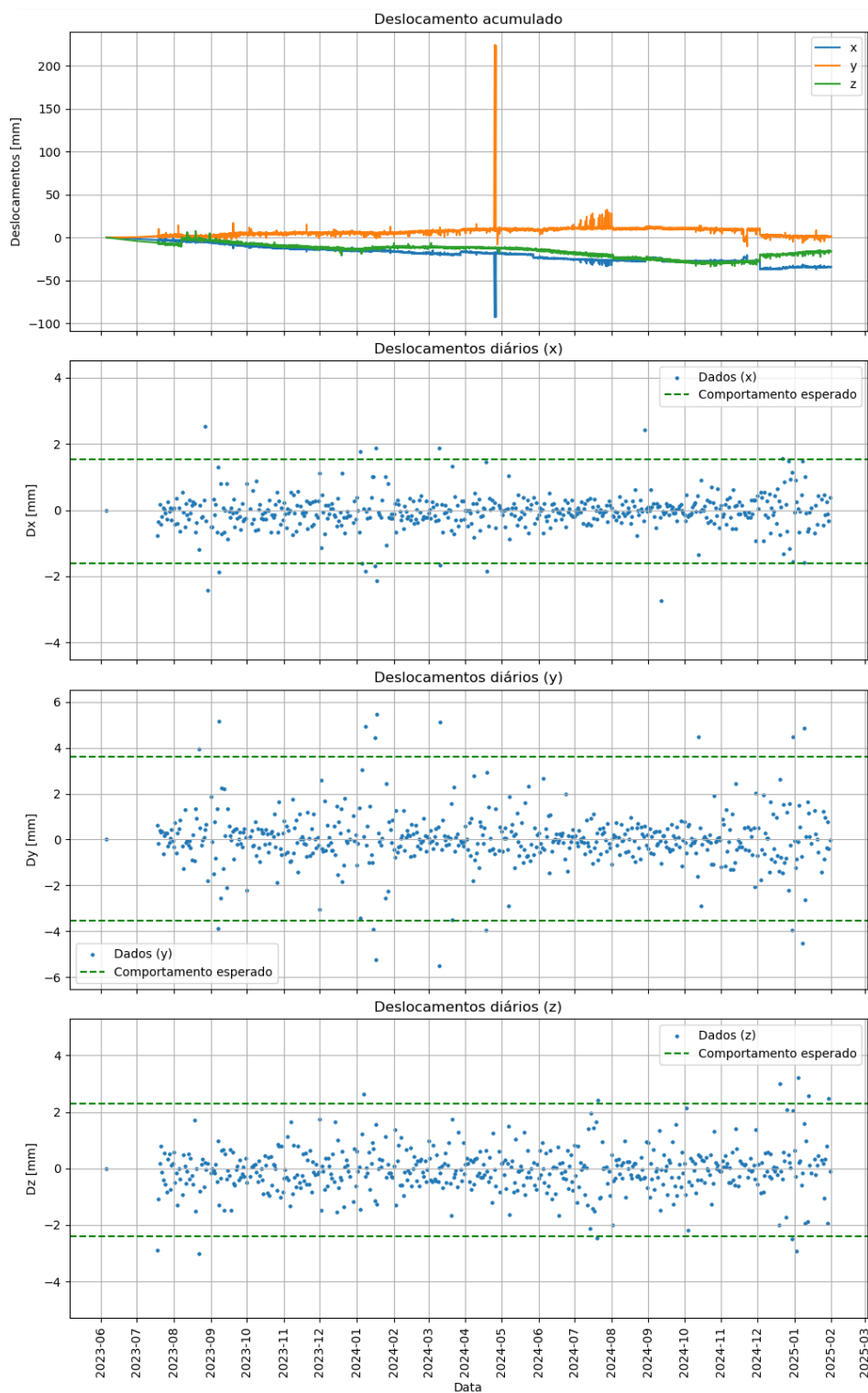


Figura 17.4 – Deslocamentos totais e deslocamentos diários acumulados para o instrumento MS-CO-05 – Barragem Cocuruto; x, y e z são as direções Leste, Norte e Vertical, respectivamente.

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 58/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

Por outro lado, tendo como premissa que a taxa de recalque dos aterros diminui com o tempo, sendo que a maior parte deles ocorre nos primeiros anos de construção, acredita-se que a **Barragem Cocuruto** já tenha registrados os maiores recalques. Desta forma, com o intuito de entender o comportamento atual da estrutura, também foi realizada uma análise para determinar as taxas de deslocamento dos marcos superficiais com base no mesmo conjunto de dados empregados na avaliação de deslocamento diário acumulado.

Neste caso, o método utilizado esteve baseado no cálculo da velocidade correspondente à inclinação da reta de regressão linear aplicada aos deslocamentos médios diários registrados pelos marcos superficiais, considerando os registros dos 15 dias imediatamente anteriores ao dia analisado (V_{m15d}). Esta metodologia considera que estes instrumentos experimentam um movimento retilíneo uniforme, ou seja, apresentam velocidade constante ao longo do tempo e, conseqüentemente, uma aceleração nula.

Durante as análises foram consideradas as séries históricas dos marcos superficiais atualmente ativos no barramento (**Tabela 11.6**). Os dados de posicionamento horizontal e vertical foram tratados aplicando o procedimento a seguir:

- Inicialmente, foram estimados os deslocamentos relativos acumulados em direção Leste (x), Norte (y) e Vertical (z) de cada instrumento com base no primeiro registro de posicionamento;
- Ato contínuo, foram calculados os valores de deslocamento médio diário para os dados compreendidos entre as 00:00h e as 23:59h;
- Em seguida, foi realizado o tratamento estatístico dos resultados aplicando a técnica Z-score, definindo os dados que representam o comportamento normal do instrumento e desconsiderando os valores extremos (*outliers*) das análises subsequentes;
- A continuação, foram estimados os valores de V_{m15d} para cada dia da série histórica nas três direções de análise;
- Finalmente, foi definida a faixa de comportamento esperado do instrumento com base na média e desvio padrão dos valores de V_{m15d} calculados, considerando a normalidade dos resultados (média ± 3 o desvio padrão, representando o 99,7% dos dados).

Os resultados das avaliações realizadas para cada instrumento são apresentados no **Apêndice B**. A

Tabela 17.7 compila as faixas de comportamento esperado para cada instrumento e a **Figura 17.5** exemplifica os resultados obtidos para o instrumento MS-CO-05.

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 59/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

Tabela 17.7– Faixas de velocidade V_{m15d} para os marcos superficiais ativos na Barragem Cocuruto.

| INSTRUMENTO | COMPROTAMENTO ESPERADO DO INSTRUMENTO | | |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | LESTE (mm/dia) | NORTE (mm/dia) | VERTICAL (mm/dia) |
| MS-CO-01 | $-0,5 < V_{m15d} x < 0,5$ | $-0,5 < V_{m15d} y < 0,5$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-02 | $-0,4 < V_{m15d} x < 0,4$ | $-0,4 < V_{m15d} y < 0,4$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-03 | $-0,2 < V_{m15d} x < 0,2$ | $-0,3 < V_{m15d} y < 0,3$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-05 | $-0,4 < V_{m15d} x < 0,4$ | $-0,4 < V_{m15d} y < 0,4$ | $-0,4 < V_{m15d} z < 0,4$ |
| MS-CO-07 | $-0,5 < V_{m15d} x < 0,5$ | $-0,4 < V_{m15d} y < 0,4$ | $-0,6 < V_{m15d} z < 0,6$ |
| MS-CO-09 | $-0,6 < V_{m15d} x < 0,6$ | $-0,4 < V_{m15d} y < 0,4$ | $-0,4 < V_{m15d} z < 0,4$ |
| MS-CO-10 | $-0,4 < V_{m15d} x < 0,4$ | $-0,5 < V_{m15d} y < 0,5$ | $-0,5 < V_{m15d} z < 0,5$ |
| MS-CO-11 | $-0,5 < V_{m15d} x < 0,5$ | $-0,5 < V_{m15d} y < 0,5$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-12 | $-0,5 < V_{m15d} x < 0,5$ | $-0,5 < V_{m15d} y < 0,5$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-13 | $-0,5 < V_{m15d} x < 0,5$ | $-0,6 < V_{m15d} y < 0,6$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-14 | $-0,6 < V_{m15d} x < 0,6$ | $-0,6 < V_{m15d} y < 0,6$ | $-0,4 < V_{m15d} z < 0,4$ |
| MS-CO-18 | $-0,2 < V_{m15d} x < 0,2$ | $-0,2 < V_{m15d} y < 0,2$ | $-0,3 < V_{m15d} z < 0,3$ |
| MS-CO-19 | $-0,2 < V_{m15d} x < 0,2$ | $-0,2 < V_{m15d} y < 0,2$ | $-0,2 < V_{m15d} z < 0,2$ |
| MS-CO-20 | $-0,2 < V_{m15d} x < 0,2$ | $-0,5 < V_{m15d} y < 0,5$ | $-0,2 < V_{m15d} z < 0,2$ |

Em vista dos resultados apresentados para as duas metodologias utilizadas nas análises dos dados dos instrumentos, optou-se pela definição dos níveis de controle com base na velocidade V_{m15d} , aplicando-se a média das faixas apresentadas para todos os instrumentos em cada uma das direções estipuladas (**Tabela 17.8**).

Cabe ressaltar que, após as obras executadas entre 2022 e 2024, espera-se que as leituras de deslocamentos registrados para a **Barragem Cocuruto** apresentem uma tendência à estabilização dentro da faixa normal de variação devida às condições ambientais e particulares da estrutura.

Níveis de controle de ALERTA e EMERGÊNCIA não foram definidos nesta Carta de Risco para os marcos superficiais por conta da metodologia utilizada, sendo comumente estabelecidos com base nos resultados dos estudos de tensão-deformação.

Assim, o nível de referência apresentado diz respeito ao comportamento típico da estrutura e fornece um parâmetro para a avaliação de tendências atípicas que podem se desenvolver ao longo do processo de monitoramento da barragem.

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 60/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

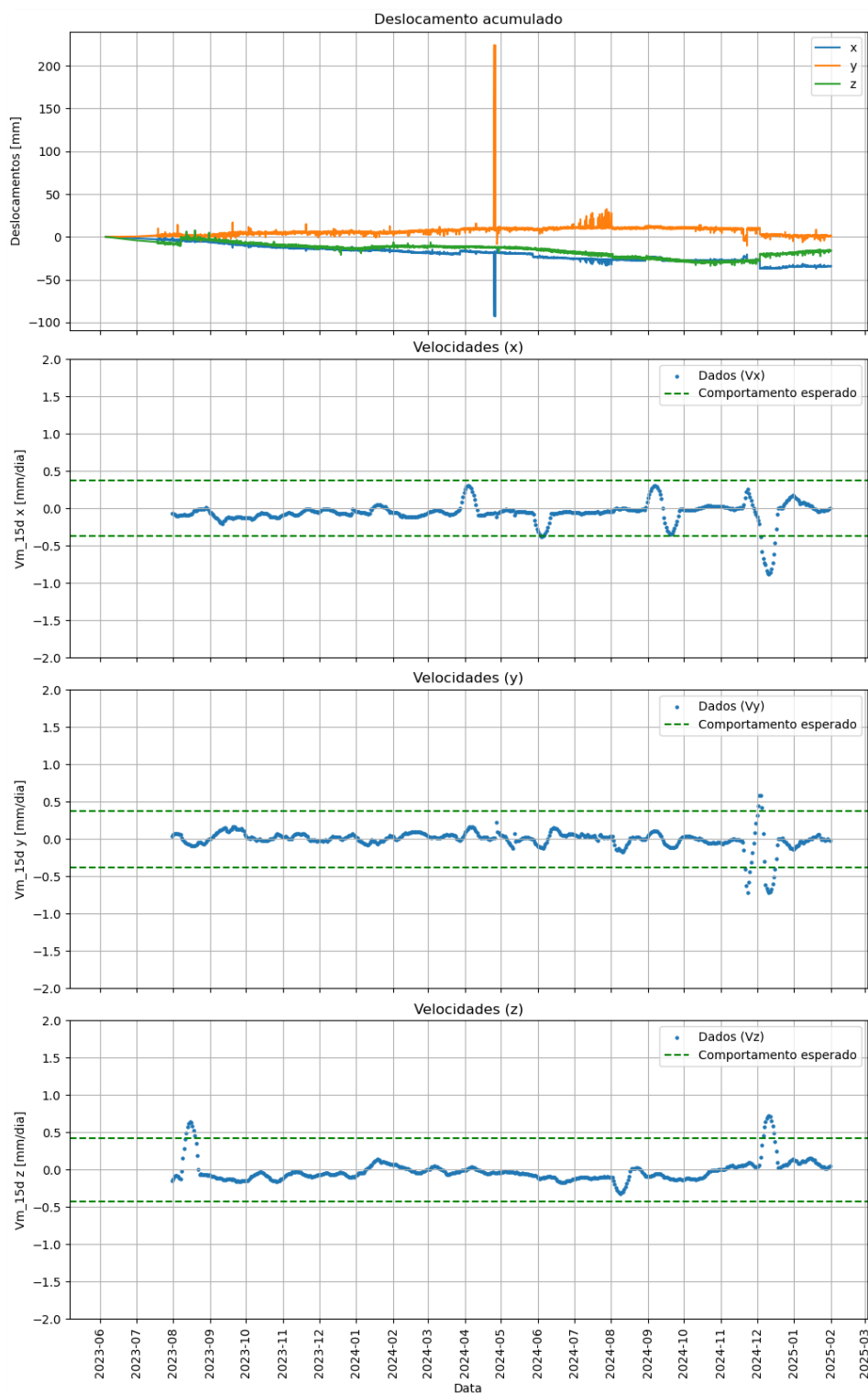


Figura 17.5 – Deslocamentos totais e velocidades de deslocamentos médio $V_{m_{d15}}$ para o instrumento MS-CO-05 – Barragem Cocuruto; x, y e z são as direções Leste, Norte e Vertical, respectivamente.

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 61/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Tabela 17.8 – Níveis de controle definidos para os marcos superficiais a partir da velocidade de deslocamento médio calculada com base nos registros dos últimos 15 dias imediatamente anteriores ao dia da avaliação, em valor absoluto – Barragem Cocuruto.

| ID | DIREÇÃO | VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO LIMITE (mm/dia) ⁽²⁾ | |
|---|-------------------------|--|------------------------|
| | | NORMAL | ATENÇÃO ⁽⁴⁾ |
| MS-CO-01; MS-CO-02; MS-CO-03; MS-CO-05; MS-CO-07; MS-CO-09; MS-CO-10; MS-CO-11; MS-CO-12; MS-CO-13; MS-CO-14; MS-CO-18; MS-CO-19; MS-CO-20. | LESTE ⁽³⁾ | $V_{m15d} < 0,4$ | $V_{m15d} \geq 0,4$ |
| | NORTE ⁽³⁾ | $V_{m15d} < 0,4$ | $V_{m15d} \geq 0,4$ |
| | VERTICAL ⁽³⁾ | $V_{m15d} < 0,3$ | $V_{m15d} \geq 0,3$ |

Notas:

⁽¹⁾ V_{m15d} é a velocidade de deslocamento médio calculada com base nos registros dos últimos 15 dias imediatamente anteriores ao dia da avaliação, em valor absoluto;

⁽²⁾ O cálculo de V_{m15d} deve ser atualizado a cada nova leitura do instrumento;

⁽³⁾ 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).

⁽⁴⁾ 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 à definição das medidas de controle aplicáveis. A verificação dessas leituras não implica, necessariamente, na classificação da barragem como dos níveis de emergência

É importante frisar que uma movimentação isolada de um marco superficial não necessariamente caracteriza uma zona potencial de ruptura de toda estrutura, uma vez que avarias, danos localizados, choques com outros equipamentos, vandalismo e mesmo erros de leitura são passíveis de ocorrer nos instrumentos ao longo do tempo. Sendo assim, a metodologia é apenas indicativa e orientativa, de modo a subsidiar as necessidades de avaliações mais criteriosas para uma tomada de decisão quanto aos níveis de segurança da barragem.

17.2 FREQUÊNCIA DAS LEITURAS

As leituras dos instrumentos na **Barragem Cocuruto** devem ser frequentes e sistemáticas, de maneira a monitorar a estabilidade, pressões hidráulicas e outros parâmetros relevantes, 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.

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.



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 62/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Na **Tabela 17.9** é apresentada a frequência de monitoramento dos instrumentos para a condição normal de operação da estrutura.

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

- O Responsável Técnico 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 manter a frequência de coleta dos dados ao longo do tempo, devendo ser realizada nos mesmos dias e horários para permitir a comparativa direta entre leituras;
- Após a coleta dos dados dos instrumentos, os resultados devem ser apresentados em gráficos cronológicos e anexados às tabelas digitais dos valores das leituras. Esses arquivos devem ser verificados e comparados com os níveis de segurança estabelecidos, sendo submetidos à análise do Responsável Técnico.

Tabela 17.9 – Frequência de leitura para os instrumentos instalados na Barragem Cocuruto.

| INSTRUMENTO | FREQUÊNCIA DE LEITURAS |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Pluviômetro | Cada 10 min |
| Piezômetros | Quinzenal (manual) |
| | Horário (automatizado) |
| Indicadores de Nível d'água | Quinzenal (manual) |
| | Horário (automatizado) |
| ETR | Automatizado |
| Marcos Superficiais | Automatizado |
| Medidor de vazão da drenagem interna | Horário (Automatizado) |
| Régua do Reservatório | Cada 30 min (Automatizado) |

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 63/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

18 PLANO DE INSPEÇÕES

As inspeções visuais desempenham um papel fundamental no monitoramento de estruturas geotécnicas, proporcionando uma avaliação direta e imediata das condições estruturais e operacionais. Elas permitem a detecção precoce de sinais de desgaste, erosão, infiltrações ou qualquer outra anomalia que possa comprometer a integridade da barragem. Além de serem um método acessível e frequentemente utilizado, as inspeções visuais são complementares às técnicas instrumentais, fornecendo uma visão holística e permitindo uma resposta rápida a problemas potenciais, contribuindo assim para a segurança da estrutura.

As inspeções visuais são realizadas por equipe técnica capacitada e treinada, de maneira que as irregularidades passíveis de afetar a segurança da estrutura, consigam ser identificadas. As inspeções efetuadas devem ser devidamente registradas em ficha de inspeção interna da AGA, e logo após cadastradas ou arquivadas em local de fácil acesso para visitação, além de armazenadas em formato digital no Volume 3 do PSB da estrutura.

A seguir são apresentados os procedimentos a serem realizados durante as inspeções visuais para cada um dos componentes principais da **Barragem Cocuruto**, as frequências dessas inspeções e as ações relacionadas às possíveis anomalias encontradas.

18.1 NÍVEIS DE CONTROLE DAS INSPEÇÕES

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

“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:



| | | | |
|---|--|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 64/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

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;”

18.2 ASPECTOS RELEVANTES NAS INSPEÇÕES VISUAIS

A seguir, são apresentados os itens que deverão ser inspecionados regularmente em cada um dos componentes principais da **Barragem Cocuruto**. 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.

18.2.1 Acessos

Os acessos operacionais à barragem e ao ambiente circundante devem estar em condições adequadas de trafegabilidade por pessoas, veículos e equipamentos, de forma que permita a realização de labores rotineiras como manutenções programadas, reparos de revestimentos, limpeza da drenagem superficial ou substituição, instalação e leitura dos instrumentos.

O material de revestimento dos acessos deve permitir o tráfego e suportar as cargas previstas, independente do regime de chuvas, possuindo inclinações adequadas para garantir o escoamento superficial e o tráfego seguro na área da estrutura. O correto direcionamento da drenagem superficial contribuirá para as boas condições do acesso, evitando empoçamento, erosões ou instabilizações.

Os taludes dos acessos devem estar estáveis e revestidos por cobertura vegetal para evitar o desenvolvimento de processos erosivos ou até mesmo rupturas que possam bloquear ou prejudicar o uso do acesso.

18.2.2 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



| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 65/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

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 Responsável Técnico 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 a fim de controlar a evolução ou regressão da anomalia.

18.2.3 Espaldar de jusante (talude 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 que a inclinação da berma esteja direcionada para jusante, o que pode ocasionar vertimento e a viabilização de focos erosivos.



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 66/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

Igualmente 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.

18.2.4 Percolação e Controle da Drenagem Interna

As inspeções visuais do dreno de pé da Pilha de Rejeitos CDS I devem ser realizadas para verificar a eficácia do sistema de drenagem e prevenir problemas de estabilidade. Este tipo de dreno é essencial para controlar o nível de água dentro da pilha, minimizando o risco de saturação e colapsos. As inspeções incluem a observação de obstruções, vazamentos ou danos no sistema de drenagem, garantindo que a água seja adequadamente removida e monitorada para evitar acúmulos perigosos que possam comprometer a estrutura.

Além da eficácia do sistema de drenagem, as inspeções visuais também monitoram a turbidez e o carregamento de partículas na água drenada da pilha. A turbidez refere-se à quantidade de partículas em suspensão na água, indicando a presença de sedimentos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente se não controlados. O carregamento de partículas, por sua vez, envolve a movimentação desses sedimentos para cursos d'água próximos, podendo afetar negativamente a qualidade da água e ecossistemas aquáticos. Portanto, é crucial monitorar e mitigar esses efeitos durante as inspeções para garantir a sustentabilidade e minimizar impactos ambientais adversos.

18.2.5 Dispositivos de Drenagem Superficial

O sistema de drenagem existente (canaletas tipo meia cana, canal periférico e descida em degraus), 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



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 67/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

surgimento de processos erosivos na região de desemboque das canaletas ou descidas d'água, além de outras condições anômalas verificadas.

Neste sentido, as inspeções visuais nos sistemas de drenagem superficial da **Barragem Cocuruto** serão realizadas para verificar a integridade e eficiência desses sistemas em captar e conduzir águas pluviais e escoamentos superficiais. Elas incluem a avaliação de canais, canaletas de bermas e bacias de sedimentação, para garantir que estejam livres de obstruções, danos ou acumulações que possam comprometer o fluxo adequado da água. Essas inspeções são fundamentais para prevenir inundações, minimizar a erosão do solo e controlar a qualidade da água que é descarregada à jusante, protegendo assim o meio ambiente e comunidades próximas.

18.2.6 Extravasar

O vertedouro da **Barragem de Cocuruto**, passou por adequação da soleira, presente no Projeto de Adequação da Soleira (AA-379-TY-0580-206-RT-0046), com elevação na cota 802,50 m e geometria em seção trapezoidal, de base de menor igual a 1,40 m, inclinação dos taludes da seção transversal 2:1, até a El. 804,50 m, posteriormente a seção transversal de 2,7:1 até a El. 806,00. Revestida em enrocamento.

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 nos trechos em concreto (descidas em degraus e canal trapezoidal de geocélula preenchida com concreto), como trincas, recalques diferenciais, armação exposta, vazamento nas juntas, entre outros; no 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.

É imprescindível que qualquer estrutura ou material que possa impedir o fluxo de água seja retirado imediatamente. Recomenda-se a limpeza periódica da seção vertente para evitar que o assoreamento reduza a capacidade de extravaso do excedente hídrico.

Ainda, deve-se inspecionar a área a jusante do desemboque para a verificação de possíveis erosões no canal de restituição.

18.2.7 Instrumentação

Para assegurar a operacionalidade da instrumentação atual é fundamental realizar verificações



| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 68/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

regulares do estado de conservação, providenciar uma identificação e sinalização adequadas e realizar os processos de calibração rotineiros conforme as características e tipologias dos instrumentos instalados na estrutura.

Durante a realização das inspeções visuais deve ser verificado: ausência de tampa de proteção nos tubos de piezômetros e INAs, permitindo o ingresso da água de chuva na tubulação do instrumento; indícios de corrosão na chapa do medidor de vazão triangular, acúmulo de sedimentos na vazia ou presença de obstáculos no vertimento do instrumento, podendo ocasionar alterações nas leituras registradas; existência de vegetação alta e obstáculos nas proximidades dos instrumentos manuais, dificultando a realização do processo de leitura; indícios de instabilizações na base de prismas e marcos de referência, entre outros.

18.3 AÇÕES DE INSPEÇÃO

Além da instrumentação, algumas anomalias podem ser identificadas a partir das inspeções nos taludes de montante e jusante, na crista da barragem ou nas ombreiras. Essas anomalias podem progredir para processos de ruptura por galgamento, erosão interna ou instabilização. O detalhamento de algumas dessas anomalias e as ações corretivas mínimas necessárias estão dispostas a seguir:

- Surgências e/ou saturação nos taludes e fundação: causadas por drenagem interna ineficiente, falhas na compactação do maciço ou feições permeáveis na fundação. Podem levar a processos de ruptura por erosão interna. Quando identificadas deve-se proceder com as seguintes ações:
 - Inspecionar a estrutura diariamente
 - Checar a água efluente para verificar eventuais carreamentos de sólidos;
 - Monitorar a vazão da surgência com periodicidade diária;
 - Solicitar suporte de empresa especializada para mitigação da anomalia;
- Trincas transversais e longitudinais nos taludes e na crista: causadas por recalques totais e diferenciais no maciço e por processos de escorregamento. Podem criar caminhos preferenciais de percolação e evoluir para processos de erosão interna. Quando identificadas deve-se proceder com as seguintes ações:
 - Selar as trincas ou recuperá-las recompactando a região afetada;
 - Solicitar suporte de empresa especializada para mitigação da anomalia;

| | | | |
|---|---|-------------------------|--|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 69/76 | |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 | |

- Erosões superficiais: causadas pela falha na manutenção dos elementos de drenagem interna e da proteção dos taludes de jusante e montante. A evolução dos processos pode levar à instabilização da barragem. As ações de mitigação envolvem:

- Reconformação dos taludes erodidos;
- Manutenção dos elementos de drenagem superficial;
- Recomposição da proteção dos taludes.

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 (Quadro 3 – Anexo IV – Resolução nº 95 da ANM), 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.

Caso, durante uma inspeção, seja identificada uma anomalia com pontuação 6 conforme o Quadro 3 referenciado, deve-se, de imediato, comunicar ao engenheiro geotécnico responsável pelo monitoramento e inspeção da estrutura. Em seguida a GGO, em conjunto com o CMG, deverá avaliar a necessidade de elaborar um plano de ação para a correção ou ajuste da situação em alerta.

De acordo com a Resolução nº 95 da ANM, caso for detectada anomalia com pontuação 6 na mesma coluna do Quadro 3 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 quadro de Estado de Conservação 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 PAE, bem como a realização de Inspeção de Segurança Especial (ISE), com frequência diária, e preenchimento diário do extrato de inspeção no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (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.

| | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | | PÁGINA 70/76 |
| | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | | REV. 2 |

18.4 FREQUÊNCIA DE INSPEÇÃO

As inspeções visuais devem ser realizadas regularmente para monitorar a estabilidade, segurança e conformidade com os padrões de engenharia.

Vale ressaltar, ainda, que todas as inspeções devem ser registradas e documentadas de forma adequada. Isso inclui relatórios detalhados das condições observadas, resultados de medições e ações tomadas em resposta quaisquer anomalia detectada durante o processo de inspeção.

A **Tabela 18.1** apresenta a frequência a ser seguida para os diferentes tipos de inspeções visuais passíveis de serem realizadas na **Barragem Cocuruto**.

Tabela 18.1 – Tipos e periodicidade das inspeções para a Barragem de Cocuruto.

| TIPO DE INSPEÇÃO | RESPONSÁVEL | REGISTRO | FREQUÊNCIA |
|-------------------------------|--|--|--|
| Inspeção rotineira ou regular | Gerência de Geotecnia Operacional | Caso seja identificada alguma anomalia deve-se preencher <i>check list</i> da Ficha de Inspeção, enviar ao Responsável Técnico 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. | Semestral |
| Inspeção especial | Gerência de 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 carta de risco desenvolvida para a estrutura, mediante avaliação técnica do geotécnico responsável, que deverá definir a necessidade, ou quando as inspeções visuais identificarem anomalias na estrutura. |

19 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 de Cocuruto**. Isso garantirá a clareza dos deveres e responsabilidades de



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  TELLUS C O M P A N Y | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 71/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

cada um. Nesse sentido, o Responsável Técnico deve:

- 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.

20 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 (AA-412-AGA-0514-267-), 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,



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 72/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

acionamentos das notificações, fluxograma de notificação, contatos principais com meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência.

21 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou o manual de monitoramento e manutenção da **Barragem de Cocuruto**. O programa de monitoramento da estrutura inclui atividades de acompanhamento dos instrumentos instalados na barragem, 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 para piezometria e nível freático foram definidos considerando a situação atual da **Barragem de Cocuruto** e que deverão ser mantidos os níveis de controle estabelecidos no relatório de número **AA-379-TY-0580-206-RT-0048** para sua condição atual.

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 drenadas, onde se esperam que já tenham ocorrido a dissipação do excesso de poropressão, levando em consideração a variação da linha freática no interior da estrutura.

O documento **AA-379-TY-0580-206-RT-0048**, emitido em março de 2025, estabeleceu os níveis de controle associados à vazão de drenagem interna e os deslocamentos da estrutura.

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 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.

22 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.



| | | | |
|---|---|---|-----------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 73/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |




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.

AngloGold Ashanti Brasil – **Procedimento Normativo – Diretrizes do Manual de OMV** (Oper. Manut. e Vigil.) para estruturas de disposição de rejeitos & estéril e barragens da AGA Brasil (AA-405-GW-0014-267-PR-0016), 2023.



| | | | |
|---|---|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 74/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

23 ANEXOS

| | |
|--|---|
|  Ficha de inspeção.pdf | ANEXO A – MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO |
|  Anexo B-Fluxograma-4.7-Rt | ANEXO B – FLUXO REALIZAR MONITORAMENTO CONTÍNUO INSTRUMENTAÇÕES GEOTÉCNICAS |
|  Organograma Geotecnia Operaciona | ANEXO C – ORGANOGRAMA GEOTECNIA OPERACIONAL 2025 |

| | | | |
|--|--|--|------------------------|
|  ANGLOGOLD ASHANTI |  Tellus COMPANY | MANUAL DE MONITORAMENTO | |
| ENGENHARIA DE REGISTRO GEOTECNIA BARRAGEM COCURUTO - MANUAL DE MONITORAMENTO | | Nº AGA: AA-314-TY-0580-267-MA-0002 | PÁGINA 75/76 |
| | | Nº TELLUS: TL24-0108-0041-GT-MA-0200 | REV. 2 |

24 APÊNDICES

| | |
|---|--|
|  Apêndice A - AA-379-TY-0580-206 | APÊNDICE A – RESULTADO DE AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE PARA DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE CONTROLE DE PIEZÔMETROS E INAs – BARRAGEM COCURUTO Formato: Word (9 págs.) |
|  Apêndice B - AA-379-TY-0580-206 | APÊNDICE B – AVALIAÇÃO DOS REGISTROS HISTÓRICOS DE MONITORAMENTO PARA OS MARCOS SUPERFICIAIS E DE REFERÊNCIA DA BARRAGEM COCURUTO Formato: Word (41 págs.) |



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