

Barragem Rancho Casca

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens



NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Nacional de Grafite Ltda.

Pedra Azul/MG

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Marta Sawaya

CREA-MG 77.973/D

28/08/2026

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. BASE LEGAL E NORMATIVA.....	1
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DOS RESPONSÁVEIS	2
3. EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO	5
3.1. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO, MONITORAMENTO E GESTÃO DE DADOS	5
3.2. DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE ANOMALIAS	7
3.3. AVALIAÇÃO	8
4. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	9
4.1. LOCALIZAÇÃO	9
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM.....	9
4.3. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM	10
5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS	19
5.1. HISTÓRICO	19
5.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	19
5.2.1. Resumo das Campanhas de Investigações	19
5.2.2. Ensaios In Situ e de Laboratório	21
5.2.3. Mapeamento de Detalhe	23
5.2.3.1. Unidades Geológicas	23
5.2.3.2. Geologia Estrutural.....	23
5.2.4. Fundação, Ombreiras e Entorno	24
5.2.5. Classificação e Caracterização Geotécnica dos Litotipos	25
5.2.5.1. Fundação / Solo Residual	25
5.2.5.2. Aterro – Barramento	26
5.2.6. Seções Geológico-Geotécnicas.....	29
5.3. ESTUDOS SÍSMICOS	30
5.4. ADERÊNCIA DO PROJETO <i>AS IS</i>	33
6. SISTEMAS DE DRENAGENS.....	34
6.1. DRENAGEM INTERNA	34
6.2. SISTEMAS DRENAGEM SUPERFICIAL	37
6.3. SISTEMA EXTRAVASOR.....	38
7. AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA	40

7.1.	AVALIAÇÃO DAS INSPEÇÕES DE ROTINA.....	40
7.2.	CONSIDERAÇÕES DA AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA 43	
7.3.	RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO SEMESTRAL	44
8.	INSPEÇÃO DE CAMPO	46
9.	RECOMENDAÇÕES DAS AUDITORIAS TÉCNICAS DE BARRAGEM.....	47
10.	AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA.....	48
10.1.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	48
10.2.	TRÂNSITO DE CHEIAS E BORDA LIVRE	49
10.3.	VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA EXTRAVASOR.....	50
10.4.	VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	51
10.5.	CONCLUSÃO SOBRE A VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA	57
11.	CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS/REJEITOS.....	58
11.1.	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS REJEITOS.....	58
11.2.	CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS REJEITOS	58
12.	MODOS DE FALHAS	62
13.	ANÁLISE DE ESTABILIDADE	65
13.1.	METODOLOGIA APLICADA.....	65
13.2.	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA ADOTADOS	65
13.3.	SEÇÕES REPRESENTATIVAS	66
13.4.	LINHA FREÁTICA	66
13.5.	CENÁRIOS E FATORES DE SEGURANÇA ADMISSÍVEIS	67
13.6.	RESULTADOS	67
13.7.	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTRUTURAL	77
14.	AUSCULTAÇÃO.....	78
14.1.1.	Medidores de nível d'água (MNA)	80
14.1.2.	Piezômetros	80
14.1.3.	Marcos Superficiais.....	80
14.1.4.	Medidor de Vazão.....	80
15.	CARTA DE RISCO	87
16.	SEGURANÇA OPERACIONAL	91
17.	CONCLUSÃO	92
18.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

19.	LISTA DE DOCUMENTOS CONSULTADOS	95
20.	ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE	97
21.	ANEXO II – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART.....	98
22.	ANEXO III – RELATÓRIO TÉCNICO FOTOGRÁFICO	100
22.1.	ACESSOS.....	100
22.2.	CRISTA	100
22.3.	RESERVATÓRIO	101
22.4.	TALUDES.....	101
22.5.	OMBREIRAS.....	103
22.6.	EXTRAVASOR	103
22.7.	INSTRUMENTAÇÃO	103
22.8.	DRENO DE FUNDO	104
22.9.	DRENAGEM SUPERFICIAL.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM RANCHO CASCA	9
FIGURA 5.1 - PLANTA COM A LOCAÇÃO DAS INVESTIGAÇÕES (FONTE: GF41DE01-R1)	21
FIGURA 5.2 - VISTA PANORÂMICA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM RANCHO CASCA, VENDO-SE À ESQUERDA, NO CANTO INFERIOR, PARTE DA CENTRAL DE BRITAGEM; EM FRENTE, A OMBREIRA DIREITA, DESTACANDO-SE O CANAL DE DESVIO; À DIREITA A ENSECADURA E PARTE DA BACIA DE ACUMULAÇÃO	24
FIGURA 5.3 - À ESQUERDA O VERTEDOURO, EM EXECUÇÃO; À DIREITA A OMBREIRA	24
FIGURA 5.4 - GRÁFICO REPRESENTANDO AS TENSÕES TOTAIS OBTIDAS NOS ENSAIOS TRIAXIAIS REALIZADOS COM AS AMOSTRAS DA FUNDAÇÃO (SOLO RESIDUAL) DA BARRAGEM RANCHO CASCA	25
FIGURA 5.5 - GRÁFICO REPRESENTANDO AS TENSÕES EFETIVAS OBTIDAS NOS ENSAIOS TRIAXIAIS REALIZADOS COM AS AMOSTRAS DA FUNDAÇÃO (SOLO RESIDUAL) DA BARRAGEM RANCHO CASCA	26
FIGURA 5.6 – CURVA GRANULOMÉTRICA REPRESENTATIVA DO MACIÇO DA BARRAGEM RANCHO CASCA	27
FIGURA 5.7 - GRÁFICO REPRESENTANDO AS TENSÕES TOTAIS OBTIDAS NOS ENSAIOS TRIAXIAIS REALIZADOS COM AS AMOSTRAS DO ATERRO QUE CONSTITUI O MACIÇO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	28
FIGURA 5.8 - GRÁFICO REPRESENTANDO AS TENSÕES EFETIVAS OBTIDAS NOS ENSAIOS TRIAXIAIS REALIZADOS COM AS AMOSTRAS DO ATERRO QUE CONSTITUI O MACIÇO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	28
FIGURA 5.9 – LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES GEOLÓGICAS REPRESENTATIVAS DA BARRAGEM RANCHO CASCA	29
FIGURA 5.10 – SEÇÃO A-A'	30
FIGURA 5.11 – SEÇÃO C-C'	30
FIGURA 5.12 – SEÇÃO F-F'	30
FIGURA 5.13 - SISMOS E GEOLOGIA EM MINAS GERAIS	32
FIGURA 5.14 - MAPAS DE AMEAÇA SÍSMICA (“SEISMIC HAZARD MAPS”) PARA ACELERAÇÃO DE PICO (PEAK GROUND ACCELERATION - PGA) EM ROCHA, PARA PROBABILIDADES DE 10% DE EXCEDÊNCIA EM 50 ANOS, CORRESPONDENDO A PERÍODO DE 475 ANOS.	33
FIGURA 6.1 - ESCAVAÇÃO DA TRINCHEIRA DRENANTE (10/3/86)	34

FIGURA 6.2 - DETALHE DA EXECUÇÃO DO DRENO COLETOR PRINCIPAL (20/3/86)	35
FIGURA 6.3 - DETALHE DA EXECUÇÃO DA TRINCHEIRA DRENANTE (14/4/86)	35
FIGURA 6.4 – LOCALIZAÇÃO DO DRENO DE FUNDO E DRENOS HORIZONTAIS PROFUNDOS	36
FIGURA 6.5 – DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL PRESENTES NA RANCHO CASCA	38
FIGURA 6.6 - CANAL EXTRAVASOR EM ESCADARIA HIDRÁULICA	39
FIGURA 7.1 – MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR)	41
FIGURA 7.2 – MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR)	42
FIGURA 10.1 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO ESTUDO HIDROLÓGICO DA BARRAGEM RANCHO CASCA	48
FIGURA 10.2 – DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL AVALIADOS	52
FIGURA 11.1 – INDICAÇÃO DOS PONTOS DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS – BARRAGEM RANCHO CASCA	58
FIGURA 13.1 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	69
FIGURA 13.2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	69
FIGURA 13.3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	69
FIGURA 13.4 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	70
FIGURA 13.5 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	70
FIGURA 13.6 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	70
FIGURA 13.7 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, NA CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	71
FIGURA 13.8 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO A-A' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, NA CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	71
FIGURA 13.9 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	71
FIGURA 13.10 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	72
FIGURA 13.11 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	72
FIGURA 13.12 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	72
FIGURA 13.13 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	73
FIGURA 13.14 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	73
FIGURA 13.15 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	73
FIGURA 13.16 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO C-C' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	74
FIGURA 13.17 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	74

FIGURA 13.18 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO NORMAL DE OPERAÇÃO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR.....	74
FIGURA 13.19 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR.....	75
FIGURA 13.20 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO EXTREMA DE OPERAÇÃO, COM NÍVEL MÁXIMO DO NA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR	75
FIGURA 13.21 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR	75
FIGURA 13.22 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' EM CONDIÇÃO DE REBAIXAMENTO RÁPIDO, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR.....	76
FIGURA 13.23 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR.....	76
FIGURA 13.24 –ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA SEÇÃO F-F' SOB CONDIÇÃO SÍSMICA, CONSIDERANDO SUPERFÍCIE DE RUPTURA NÃO CIRCULAR.....	76
FIGURA 14.1 – PLANTA DE LOCAÇÃO DOS INSTRUMENTOS.....	79
FIGURA 14.2 – LEITURA DOS MNA'S	82
FIGURA 14.3 – MONITORAMENTO DOS PIEZÔMETROS	83
FIGURA 14.4 – DADOS DO MONITORAMENTO DOS MARCOS DE RECALQUE COM ESTAÇÃO ROBÓTICA	84
FIGURA 14.5 – VAZÃO MEDIDA NAS CAIXAS COLETORAS	85
FIGURA 14.6 – VAZÃO TOTAL MEDIDA NO DRENO DE FUNDO	86
FIGURA 22.1 – CRISTA DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	100
FIGURA 22.2 – RESERVATÓRIO DA BARRAGEM RANCHO CASCA	101
FIGURA 22.3 – TALUDES DE JUSANTE DA BARRAGEM RANCHO CASCA	102
FIGURA 22.4 – TALUDE DE MONTANTE DA BARRAGEM RANCHO CASCA	102
FIGURA 22.5 – CANAL EXTRAVASOR	103
FIGURA 22.6 – INSTRUMENTAÇÃO DA BARRAGEM RANCHO CASCA	104
FIGURA 22.7 – SAÍDA DO DRENO DE FUNDO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	104
FIGURA 22.8 – MEDIDOR DE VAZÃO DA SAÍDA DA DRENAGEM INTERNA BARRAGEM RANCHO CASCA	105
FIGURA 22.9 – DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL PRESENTES NA RANCHO CASCA.....	105

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	2
TABELA 2.2 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	2
TABELA 2.3 – ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA	3
TABELA 2.4 – IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO	3
TABELA 2.5 - IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR	3
TABELA 2.6 - IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE DE AUDITORIA EXTERNA AO EMPREENDIMENTO	3
TABELA 2.7 – IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	4
TABELA 4.1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS – BARRAGEM RANCHO CASCA.....	10
TABELA 4.2 – IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....	11
TABELA 4.3 – CATEGORIA DE RISCO.....	11
TABELA 4.4 – POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL	11
TABELA 4.5 – RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO	12
TABELA 4.6 – CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE REJEITOS OU RESÍDUOS DA MINERAÇÃO	12

TABELA 4.7 – SÍNTESE DA CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	12
TABELA 4.8 – QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT..	13
TABELA 4.9 – QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO – ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC ...	14
TABELA 4.10 – QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PSB.....	15
TABELA 4.11 – QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL - PDA	17
TABELA 5.1 - RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO.....	22
TABELA 5.2 - LITOLOGIAS IDENTIFICADAS NAS CAMPANHAS DE INVESTIGAÇÃO	23
TABELA 5.3 - AMOSTRAS UTILIZADAS NOS ENSAIOS TRIAXIAIS - FUNDAÇÃO	25
TABELA 5.4 – PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA DO SOLO RESIDUAL OBTIDOS COM OS ENSAIOS TRIAXIAS	26
TABELA 5.5 - RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DO MACIÇO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	26
TABELA 5.6 - DADOS DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	27
TABELA 5.7 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS TRIAXIAIS COM AMOSTRAS DO MACIÇO DA BARRAGEM RANCHO CASCA.....	28
TABELA 7.1 – SÍNTESE DAS ANOMALIAS E OBSERVAÇÕES REGISTRADAS NAS INSPEÇÕES DE ROTINA	43
TABELA 9.1 – AVALIAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DA ÚLTIMA AUDITORIA DE SEGURANÇA	47
TABELA 10.1 – PRECIPITAÇÕES DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO E PMP	49
TABELA 10.2 – SÍNTESE DO TRÂNSITO DE CHEIAS	49
TABELA 10.3 – VERIFICAÇÃO DE BORDA LIVRE CONSIDERANDO O EFEITO DE ONDAS	50
TABELA 10.4 – SÍNTESE DA VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	54
TABELA 11.1 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE GRANULOMETRIA	59
TABELA 11.2 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PLASTICIDADE E MASSA ESPECÍFICA.....	59
TABELA 11.3 – RESULTADOS DOS ENSAIOS <i>IN SITU</i>	59
TABELA 11.4 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DO MACIÇO.....	60
TABELA 11.5 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRIAXIAIS DAS AMOSTRAS DO REJEITO	60
TABELA 11.6 - CARACTERÍSTICAS DOS REJEITOS	61
TABELA 12.1 – IDENTIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHA	62
TABELA 13.1 – PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE.....	66
TABELA 13.2 - CENÁRIOS E FATORES DE SEGURANÇA MÍNIMOS ADMISSÍVEIS	67
TABELA 13.3 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE	68
TABELA 15.1 – NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA OS PIEZÔMETROS E MEDIDORES DE NÍVEL D'ÁGUA	87
TABELA 15.2 – NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA OS MARCOS SUPERFICIAIS	89
TABELA 19.1 – DADOS FORNECIDOS PELA NGL PARA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA	95

1. INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde ao Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragem – RTSB da Barragem Rancho Casca, localizada no município de Pedra Azul/MG e de propriedade da Nacional de Grafite Ltda.

O relatório tem por objetivo avaliar as condições atuais de segurança da estrutura, considerando os aspectos geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, operacionais e de monitoramento, bem como verificar a aderência aos critérios técnicos aplicáveis e às exigências estabelecidas no âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens, instituída pela Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019.

Para subsidiar a auditoria, foram analisados os documentos, projetos, registros e demais informações técnicas disponibilizados pelo empreendedor, complementados por inspeção de campo e pela avaliação das condições físicas e operacionais da barragem e de seus sistemas associados. Os resultados dessas análises fundamentam as conclusões apresentadas neste RTSB, inclusive quanto à condição de estabilidade da estrutura, bem como as recomendações eventualmente necessárias à manutenção ou melhoria de sua segurança e à emissão da respectiva Declaração de Condição de Estabilidade – DCE.

1.1. BASE LEGAL E NORMATIVA

A elaboração do Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragem – RTSB fundamenta-se nos instrumentos legais, regulamentares e técnicos aplicáveis à segurança de barragens no Estado de Minas Gerais, com destaque para:

- Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB;
- Decreto Estadual nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, que regulamenta dispositivos da Lei Estadual nº 23.291/2019 e estabelece critérios relacionados à classificação e à gestão da segurança das barragens;
- Portaria FEAM nº 699, de 7 de junho de 2023, que formaliza os procedimentos do Programa de Gestão de Barragens da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM;
- Termo de Referência para Elaboração do Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – FEAM, Versão 02/2023, que estabelece o conteúdo mínimo e as diretrizes para elaboração do RTSB.

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DOS RESPONSÁVEIS

Neste capítulo são apresentadas as informações de identificação dos agentes envolvidos no empreendimento e no processo de auditoria de segurança da Barragem Rancho Casca, contemplando o empreendedor, o empreendimento, seu representante legal, o auditor responsável, a equipe técnica externa responsável pela elaboração do RTSB e a equipe técnica interna responsável pela gestão e acompanhamento da segurança da estrutura.

As informações apresentadas a seguir foram organizadas de forma a atender aos requisitos de identificação estabelecidos no Termo de Referência para Elaboração do Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens da FEAM.

Os dados de identificação do empreendedor responsável pela Barragem Rancho Casca são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Identificação do empreendedor

Empreendedor									
Nome / Razão social:	Nacional de Grafite Ltda.								
Nome fantasia:	Nacional de Grafite								
CNPJ:	21.228.861/0001-00								
Endereço:	Rodovia MG 164	Nº/Km	Km 04						
Complemento:	Zona Rural								
Bairro/Localidade	Água Limpa								
Município/UF:	Itapecerica - MG	UF	MG	CEP	35.550-000		Caixa Postal	12	
Telefone:	(37) 3341 8008	E-mail:	m.ambiente@grafite.com						

Os dados de identificação do empreendimento no qual está inserida a Barragem Rancho Casca são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Identificação do empreendimento

Empreendimento							
Nome / Razão social:	Nacional de Grafite Ltda.						
Nome fantasia:	Nacional de Grafite						
CNPJ/CPF:	21.228.861/0003-63						
Processo administrativo COPAM:	128/1987/015/2017						
Endereço:	Fazenda Baixa Funda	Nº/Km	S/N				
Complemento:	Zona Rural						
Bairro/Localidade	Fazenda Baixa Funda						
Município/UF:	Pedra Azul	UF	MG	CEP	39.970-000	Caixa Postal	-
Telefone:	(33) 3751 4001	E-mail:	m.ambiente@grafite.com				

As informações referentes ao destinatário e ao endereço para envio de correspondências relacionadas ao empreendimento são apresentadas na Tabela 2.3.

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança da Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 2.3 – Endereço para envio de correspondência

Destinatário	Alexandre Alves da Silva - Coordenador de Meio Ambiente		
Endereço:	Rodovia MG 164	Nº/Km	4
Complemento:	Zona Rural		
Bairro/Localidade	Água Limpa		
Município/UF:	Itapecerica – MG CEP: 35 550 000		

Os dados de identificação do representante legal do empreendimento são apresentados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Identificação do representante legal do empreendimento

Requerente			
Nome:	Clovis Cordeiro Rudge Ramos		
CPF:	214.046.678-06	Função:	Diretor Presidente
Telefone:	(37) 3341 8068	E-mail:	juridico@grafite.com

Os dados de identificação do auditor credenciado responsável pela elaboração do RTSB e pela emissão da Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem Rancho Casca são apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Identificação do auditor

Auditor	
Nome:	Marta Aparecida Sawaya Miranda
Formação:	Geóloga / Geotécnica / MSc. em Engenharia de Barragens
CPF:	309.092.106-59
CREA:	77.973/D
Telefone:	(31) 99997-2049
E-mail:	marta@3emmg.com.br

A identificação dos profissionais que compõem a equipe técnica externa responsável pelo desenvolvimento da auditoria e elaboração do RTSB é apresentada na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Identificação da equipe de auditoria externa ao empreendimento

Equipe responsável pela elaboração do documento			
Nome	Formação	CREA	CPF
Marta Aparecida Sawaya Miranda	Geóloga / Geotécnica / MSc. em Engenharia de Barragens	77.973/D	309.092.106-59
Nathan Marçal	Engenheiro Civil / Esp. em Engenharia Geotécnica	244.619/D	118.952.726-02

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança da Barragens – Barragem Rancho Casca

Equipe responsável pela elaboração do documento			
Nome	Formação	CREA	CPF
Luisa de Moura Leão	Engenheira Civil Geotécnica / DSc. em Geotecnia / MSc. em Geotecnia Ambiental / MBA em Gestão de Projetos / Esp. em Engenharia Geotécnica / Esp. em Engenharia de Barragens e Pilhas	251.323/D	114.408.456-38
Isabela Borges Jales	Geóloga / Esp. em Engenharia Geotécnica	197.638D	074.244.546-17
Felipe Soares Viggiano	Estagiário	-	163.059.046-00

A identificação do Responsável Técnico pela Barragem é apresentada na Tabela 2.7

Tabela 2.7 – Identificação do responsável técnico pela Barragem Rancho Casca

Requerente	
Nome:	Maurício Couto das Neves Peixoto
Formação:	Engenheiro de Minas / Geotécnico
CPF:	076.985.246-71
CREA	MG 165651/D
Função	Responsável Técnico
Telefone:	(37) 3341 8033
E-mail:	mauricio.peixoto@grafite.com

3. EQUIPE TÉCNICA INTERNA DO EMPREENDIMENTO

Em atendimento ao Termo de Referência para Elaboração do Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens da FEAM, este item contempla também a avaliação dos procedimentos, da estrutura e da organização adotados pelo empreendimento para a gestão da segurança da barragem, abrangendo o monitoramento, o diagnóstico e a interpretação de anomalias, o tratamento dos dados de auscultação e os procedimentos de registro e armazenamento das informações relacionadas à segurança da estrutura.

A identificação do Responsável Técnico pela segurança da Barragem Rancho Casca, integrante da equipe técnica interna do empreendimento, foi apresentada na Tabela 2.7.

Para fins de organização da avaliação, o item 3.1 apresenta as rotinas estabelecidas para inspeção e monitoramento da estrutura, incluindo a obtenção e o acompanhamento dos dados de auscultação, bem como os procedimentos associados ao registro e armazenamento das informações. Por sua vez, o item 3.2 aborda os procedimentos estabelecidos para análise das informações obtidas, identificação e diagnóstico de condições anômalas, interpretação do comportamento da estrutura e definição das ações de resposta aplicáveis.

A avaliação apresentada nos itens subsequentes foi realizada principalmente com base no Manual de Operações da Barragem Rancho Casca, Revisão 06, de junho de 2021, documento que estabelece procedimentos relacionados à operação, instrumentação, monitoramento, inspeções e atuação diante de anormalidades que possam comprometer a integridade da estrutura. O mesmo manual, juntamente com o Programa de Gestão de Risco (PGRBM) e demais informações do empreendedor, subsidiou a avaliação da estrutura e da organização da equipe.

3.1. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO, MONITORAMENTO E GESTÃO DE DADOS

O Manual de Operações da Barragem Rancho Casca, Revisão 06, de junho de 2021, estabelece procedimentos sistematizados para inspeção e monitoramento da estrutura, contemplando atividades de natureza visual e instrumental, com frequências distintas em função do parâmetro acompanhado. O sistema previsto compreende visitas diárias à barragem, acompanhamento diário dos índices pluviométricos, acompanhamento semanal do nível do reservatório, medições quinzenais dos marcos superficiais e inspeções de campo e leituras da instrumentação com frequência mínima quinzenal.

As visitas diárias possuem caráter predominantemente visual e têm como objetivo permitir a identificação tempestiva de alterações nas condições da estrutura. Conforme estabelecido no Manual, durante essas atividades devem ser observadas, dentre outros aspectos, as condições do sistema extravasor, a eventual ocorrência de surgências, o nível do reservatório, a presença de rachaduras ou trincas e outras condições que possam representar alteração do

comportamento esperado da barragem. As ocorrências identificadas devem ser comunicadas ao Responsável Técnico pela barragem, sendo previsto o registro das visitas em planilha específica.

O acompanhamento das condições hidrológicas e operacionais é complementado pelo registro diário da pluviometria, realizado por meio de pluviômetro instalado nas proximidades da crista, e pelo acompanhamento semanal do nível do reservatório. Para este último, o Manual estabelece como condição operacional a manutenção do nível d'água abaixo da El. 525,00 m, correspondente à cota da soleira do sistema extravasor, preservando-se uma diferença de elevação de 5,00 m em relação à crista, situada na El. 530,00 m. Em situações de elevação acentuada do reservatório, o documento prevê o acionamento de mecanismos de rebaixamento e a comunicação ao Responsável Técnico.

O monitoramento de possíveis deslocamentos do maciço é previsto por meio do acompanhamento dos marcos superficiais, cujas coordenadas devem ser verificadas a cada duas horas com o objetivo de identificar eventuais movimentações. Paralelamente, o Manual estabelece inspeções visuais de campo e monitoramento quantitativo com frequência mínima quinzenal, abrangendo a leitura de marcos superficiais, piezômetros, medidores de nível d'água e dispositivos destinados à medição das vazões dos sistemas de drenagem.

O sistema de auscultação descrito no Manual contempla instrumentos destinados ao acompanhamento das principais grandezas associadas ao comportamento da estrutura, incluindo piezômetros, indicadores de nível d'água, marcos superficiais, dispositivos para controle das vazões de drenagem, régua para acompanhamento do nível do reservatório e pluviômetro. Para esses instrumentos são estabelecidos objetivos específicos de monitoramento, abrangendo deformações horizontais e verticais, pressões neutras, nível d'água, vazões percoladas pela estrutura e precipitação incidente na região da barragem.

Os resultados obtidos nas inspeções e no monitoramento são registrados por meio de formulários específicos. O Manual apresenta modelo de Ficha de Inspeção Regular – FIR, contemplando a verificação de aspectos relacionados à crista, taludes, drenagem superficial, extravasor, instrumentação, acessos e demais componentes da estrutura, além de ficha específica destinada ao registro das leituras dos instrumentos. O procedimento previsto estabelece ainda a utilização das informações obtidas nas inspeções para preenchimento dos registros de segurança e sua posterior avaliação técnica. Dessa forma, verifica-se que o Manual de Operações estabelece uma rotina formal de inspeção e monitoramento da Barragem Rancho Casca, integrando observações visuais, acompanhamento das condições hidrológicas e operacionais e monitoramento instrumental. A avaliação da efetiva execução dessas rotinas, bem como da consistência, periodicidade e rastreabilidade dos registros produzidos, é realizada no âmbito desta auditoria a partir da documentação disponibilizada pelo empreendedor.

3.2. DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE ANOMALIAS

O Manual de Operações da Barragem Rancho Casca estabelece procedimentos para identificação, comunicação, avaliação e tratamento de condições anômalas observadas durante as atividades de inspeção e monitoramento. O fluxo previsto considera que as anormalidades identificadas nas inspeções visuais, no acompanhamento do reservatório ou nas leituras da instrumentação sejam comunicadas ao Responsável Técnico pela segurança da barragem, permitindo a avaliação da ocorrência e a definição das medidas aplicáveis em função de sua natureza e gravidade.

Especificamente para o monitoramento quinzenal, o Manual determina que, quando identificada uma anomalia, sejam adotadas providências pelo responsável pela barragem, incluindo, conforme a gravidade da ocorrência, a comunicação ao projetista, ao representante legal e aos demais envolvidos no sistema de gestão da segurança. Dessa forma, o procedimento estabelece um fluxo de comunicação destinado a permitir que alterações relevantes no comportamento da estrutura sejam submetidas à avaliação técnica e encaminhadas aos níveis de responsabilidade compatíveis com a condição observada.

A interpretação dos dados de auscultação é prevista de forma complementar às inspeções de campo. Conforme o Manual, os resultados das leituras instrumentais e das fichas de inspeção devem ser encaminhados periodicamente ao projetista ou a prestador de serviço especializado para avaliação, constituindo subsídio para a elaboração de relatórios periódicos de segurança da estrutura. Dessa forma, o procedimento estabelecido não se limita à coleta de dados, contemplando também sua submissão à análise técnica especializada.

Como mecanismo de apoio ao diagnóstico do comportamento da barragem, o Manual estabelece níveis de segurança associados às condições observadas na estrutura e aos resultados da instrumentação, classificados como Normal, Atenção, Alerta e Emergência. Os critérios consideram, entre outros parâmetros, o nível d'água do reservatório, a manutenção da borda livre e as condições piezométricas associadas aos fatores de segurança considerados nas análises de estabilidade.

Para a instrumentação, são estabelecidos valores de referência associados às diferentes condições de segurança. Em situação considerada normal, os níveis registrados nos piezômetros e indicadores de nível d'água devem permanecer compatíveis com a condição correspondente a fator de segurança igual ou superior a 1,50. O Manual apresenta, para diferentes seções e instrumentos da barragem, limites correspondentes aos estados Normal, Atenção, Alerta e Emergência, permitindo que as leituras sejam confrontadas com critérios previamente definidos para avaliação do comportamento da estrutura.

A classificação da condição observada está vinculada a ações de resposta progressivas. Para a condição Normal, é prevista a continuidade das leituras da instrumentação. No nível de Atenção,

estabelece-se a identificação das causas, avaliação da evolução da ocorrência, aumento da frequência de monitoramento e consulta à projetista, além da preparação ou adoção de medidas corretivas. Para o nível de Alerta, prevê-se o envolvimento da projetista, realização de leituras diárias, implementação de ações corretivas e preparação para eventual situação de emergência, com participação da Gerência da Unidade.

Para a condição de Emergência, o procedimento estabelece aumento adicional da frequência das leituras, adoção de medidas corretivas e execução das ações emergenciais previstas no Plano de Emergência, com envolvimento da Gerência da Unidade e demais responsáveis. Assim, o Manual estabelece uma relação entre a evolução das condições observadas, o aumento da frequência de monitoramento e a progressiva mobilização da estrutura de gestão e resposta do empreendimento.

A aderência prática a esses procedimentos e a adequação dos limites atualmente adotados para controle da instrumentação deverão ser avaliadas em conjunto com os registros de inspeção, séries históricas de auscultação, análises de estabilidade e demais documentos disponibilizados no âmbito da presente auditoria.

A equipe técnica de segurança da barragem recebeu treinamento para realização de suas atividades, tanto de inspeção de campo, quanto para leitura dos instrumentos.

3.3. AVALIAÇÃO

Sob o ponto de vista documental, verifica-se que o Manual de Operações contempla procedimentos para identificação de anomalias, comunicação aos responsáveis, interpretação técnica dos dados de auscultação e adoção de ações proporcionais à condição de segurança identificada. Além disso, a barragem conta ainda com um Programa de Gestão de Risco (PGRBM) e uma estrutura organizacional compatíveis com os requisitos preconizados nas boas práticas, assim como profissionais de segurança com qualificação técnica.

4. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

4.1. LOCALIZAÇÃO

A estrutura está localizada no município de Pedra Azul, em Minas Gerais, na Unidade Industrial de Pedra Azul Figura 4.1. A unidade situa-se a cerca de 50 quilômetros (Km) da região central do município. O acesso ao barramento se dá por meio da rodovia LMG-610, na qual são percorridos aproximadamente 40 Km a partir do centro do município de Pedra Azul e mais 10 Km por estrada municipal que passa pelo distrito de Araçagi de Minas-MG.

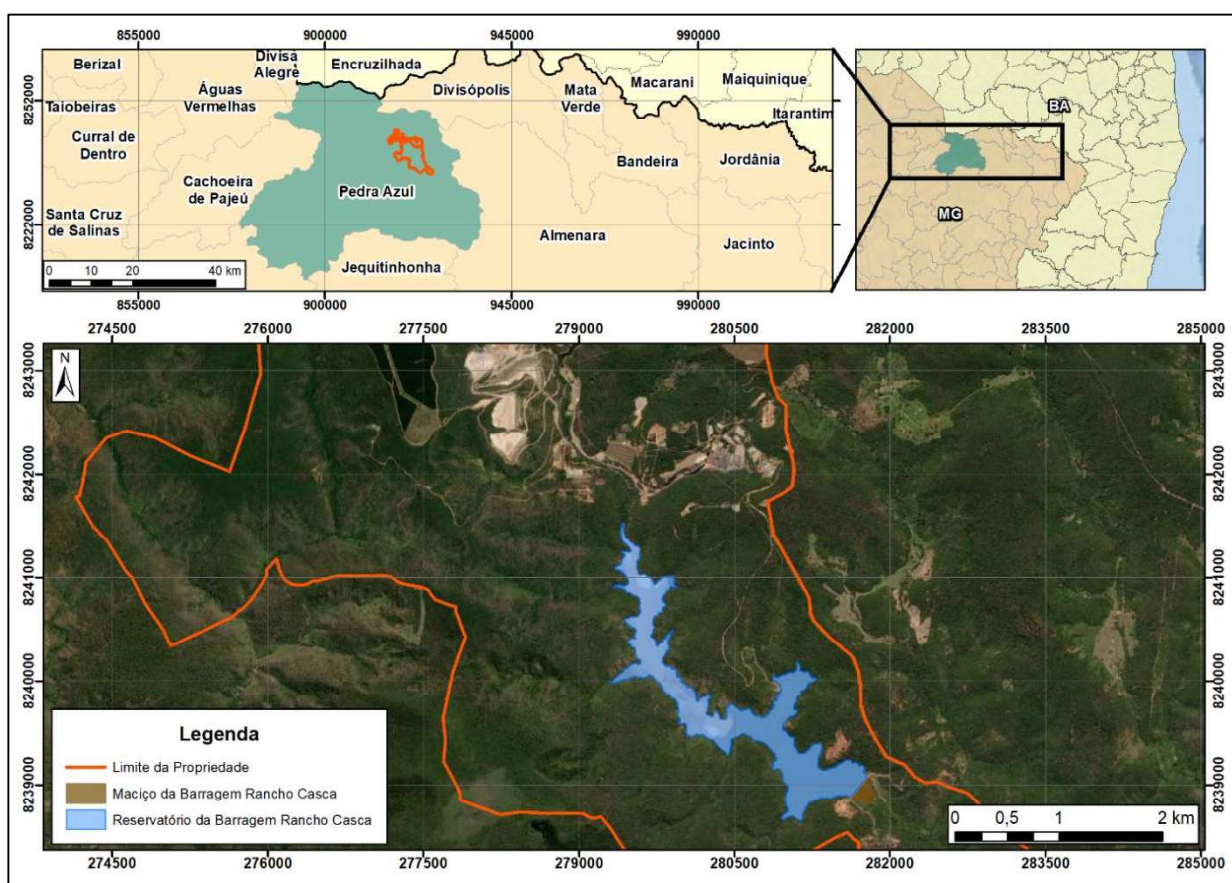


Figura 4.1 - Localização da Barragem Rancho Casca

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM

A Tabela 4.1 apresenta as características técnicas gerais da Barragem Rancho Casca, refletindo sua condição atual.

Tabela 4.1 - Características técnicas gerais – Barragem Rancho Casca

CARACTERÍSTICAS GERAIS	
ID da Barragem	144
Nome da Barragem	Barragem Rancho Casca
Nome da Mina	Unidade Industrial de Pedra Azul
Coordenada geográfica do ponto central da crista do barramento	E 281.743; N 8.239.002 (SIRGAS 2000)
Finalidade do barramento	Contenção de rejeitos e água
Ano de início de implantação	1986
Ano de início de operação	1986
Ano de término da operação	-
Ano de descaracterização da barragem	-
Situação (status) de operação atual da barragem	Ativa
Volume atual do reservatório (m³)	15.828.381,00 (fonte: valor fornecido pela Nacional de Grafite)
Capacidade total do reservatório (m³)	19.500.000,00 (fonte: relatório Dam Break sem número - ver 5)
Área do reservatório (m²)	1.123.141,35, na cota da crista (fonte: relatório Dam Break sem número - ver 5) 634.301,42, na cota da soleira do extravasor (fonte: Relatório de batimetria – ERG)
Elevação (m) do terreno natural no ponto baixo do barramento (m);	480
Altura atual da barragem (m)	50
altura final prevista no projeto para a barragem (m)	50
Alteamentos realizados e seus respectivos métodos empregados	Etapa única
Curso d'água interceptado	Sim (Córrego Grande)
Classificação de categoria de risco – CRI	Baixo (Decreto Estadual 48.140/2021)
Potencial de Dano Associado – PDA	Alto (Decreto Estadual 48.140/2021)

4.3. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

A classificação da Barragem Rancho Casca quanto à Categoria de Risco (CRI), ao Potencial de Dano Ambiental (PDA) e à sua classificação final foi realizada conforme os critérios estabelecidos nos Anexos II e IV do Decreto Estadual nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021.

A partir da aplicação dos critérios estabelecidos no referido Decreto, a Barragem Rancho Casca foi enquadrada na Categoria de Risco Baixo, com Potencial de Dano Ambiental Alto, resultando em sua classificação final como Classe B, conforme apresentado na Tabela 4.7. O detalhamento dos critérios, respectivas pontuações e resultados que fundamentam essa classificação é apresentado ao final deste documento.

Tabela 4.2 – Identificação da Barragem

Nome da Barragem	Barragem Rancho Casca
Nome do Empreendedor	Nacional de Grafite Ltda.
Data	26/08/2026

Tabela 4.3 – Categoria de risco

CATEGORIA DE RISCO		
Pontos		
1	Características Técnicas (CT)	6
2	Estado de Conservação (EC)	0
3	Plano de Segurança de Barragens (PSB)	2
Pontuação Total (CRI) = CT+EC+PSB		8
Faixas de Classificação	Categoria de Risco	CRI
	Alto	≥ 65 ou $EC^* \geq 10$
	Médio	$37 < CRI < 65$
	Baixo	≤ 37

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

Tabela 4.4 – Potencial de dano ambiental

POTENCIAL DE DANO AMBIENTAL (PDA)		
Faixas de Classificação	Potencial de Dano Ambiental (PDA)	Pontos
		22
	Potencial de Dano Ambiental	PDA
	Alto	≥ 13
	Médio	$7 < DPA < 13$
	Baixo	≤ 7

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança da Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 4.5 – Resultado da classificação

RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO			
Categoria de Risco	() Alto	() Médio	(X) Baixo
Potencial de Dano Ambiental	(X) Alto	() Médio	() Baixo

Tabela 4.6 – Classificação das Barragens de rejeitos ou resíduos da mineração

	Potencial de Dano Ambiental Barragens da Mineração		
Categoria de Risco	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

Tabela 4.7 – Síntese da classificação da Barragem Rancho Casca

Classificação da Barragem Rancho Casca	
Categoria de Risco	Baixo
Potencial de Dano Ambiental	Alto
Classificação da barragem	B

Tabela 4.8 – Quadro de classificação quanto à categoria de risco – Características Técnicas - CT

Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura $\leq$ 10m (0)	Comprimento $\leq$ 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
10m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m $\leq$ Altura $\leq$ 60m (4)	200 $\leq$ Comprimento $\leq$ 600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR inferior a 500 anos ou desconhecida / Estudo não confiável (10)	Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)

Pontuação atribuída à Barragem Rancho Casca:

4	2	0	0	0
---	---	---	---	---

Tabela 4.9 – Quadro de classificação quanto à categoria de risco – Estado de Conservação - EC

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação(g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação Arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, se implantação das medidas corretivas necessárias. (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)

Pontuação atribuída à Barragem Rancho Casca:

0	0	0	0
---	---	---	---

Tabela 4.10 – Quadro de classificação quanto à categoria de risco – Plano de Segurança da Barragem - PSB

Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)	"Plano de Ação Emergencial – PAE (Quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Auditoria de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas Relatórios de Auditoria de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de Procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e Monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Auditoria de Segurança (8)

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança da Barragens – Barragem Rancho Casca

Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)	"Plano de Ação Emergencial – PAE (Quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)
Não há documentação de projeto (10)				

Pontuação atribuída à Barragem Rancho Casca:

2	0	0	0	0
---	---	---	---	---

Tabela 4.11 – Quadro de classificação quanto ao potencial de dano ambiental - PDA

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
MUITO PEQUENO < = 1 milhão m ³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes /residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (Área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (Não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
PEQUENO 1 milhão a 5 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (Existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico- cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
MÉDIO 5 milhões a 25 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)	MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico- cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança da Barragens – Barragem Rancho Casca

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
GRANDE 25 milhões a 50 milhões m ³ (4)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A – Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (Existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
MUITO GRANDE > = 50 milhões m ³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (Barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	-

Pontuação atribuída à Barragem Rancho Casca:

3	10	8	1
---	----	---	---

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS

5.1. HISTÓRICO

A Barragem Rancho Casca foi projetada pela empresa Serviços de Engenharia Emilio Baumgart Ltda. (SEEBLA) e construída pela construtora Andrade Gutierrez, em 1986, com o objetivo de armazenar água e rejeitos oriundos da atividade de mineração de grafita. A construção ocorreu em única etapa com terra compactada.

Segundo o Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) – ANM 1º Semestre 2026 (GF34RT59-R0 - Rancho de Casca - ANM 2026-1) emitido pela Geoconsultoria Ltda. em março de 2026, o reservatório da barragem ocupa, atualmente, um volume atual de 15.828.381 m³. A estrutura tem 50 m de altura, contados a partir da cota 480 m, crista de 300 m de comprimento. A soleira do extravasor se encontra na cota 525 m.

No eixo da barragem, ao longo do terreno de fundação até a cota 515 m, foi executada uma trincheira de vedação ("cut-off"), com profundidade variando de 6,0 m (até a cota 485 m) a 3,0 m (da cota 485 a 515 m). Durante a construção, foi executada uma cortina de cimento, no topo da trincheira de vedação (483 m), com furos espaçados de aproximadamente 10 m, os quais na ombreira direita foram até a profundidade de 20 m. Em decorrência de percolação de água na ombreira direita, instalaram-se drenos horizontais profundos com vazões que são regularmente medidas e acompanhadas.

O talude de jusante conta com bermas intermediárias a cada 10 m de altura, sendo 05 (cinco) no total. A inclinação média dos taludes é de 1V:3,5H para as bermas até a cota 500 m e 1V:2,5H para as bermas até a cota 530 m. Os taludes são revestidos com vegetação. As bermas possuem sistema de drenagem superficial, formada por canaletas e descidas hidráulicas.

O talude de montante da barragem é revestido com enrocamento de proteção, a partir da cota 517 m até a crista. A inclinação do talude é variável, sendo um pouco mais íngreme a partir da cota 505 m. A inclinação média é de 1V:3H, com inclinação variando de 1V:2H a 1V:3,5H.

5.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

5.2.1. Resumo das Campanhas de Investigações

Neste item consta um resumo da descrição das diversas campanhas de investigação realizadas na Barragem Rancho Casca, avaliadas pela equipe da 3EM – Mineração e Geologia Ltda., com base nas informações apresentadas no Relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

(RPSB) – Barragem Rancho Casca (NG-38-RPSB-RC-RL-R0), elaborado pela 3EM – Mineração e Geologia Ltda. em maio de 2024.

Conforme descrito no relatório “As Is” (docº GF37TR01-R0), emitido em 27/02/2023, a Barragem Rancho Casca passou pelas seguintes campanhas de investigação geológico-geotécnica.

- CAMPANHA Engec (1991) – foram executadas sondagens rotativas na barragem para a instalação de piezômetros;
- CAMPANHA Geomaster (2001) - foram executadas 9 sondagens a percussão, 7 sondagens mistas e 4 sondagens rotativas, com instalação de piezômetros, visando o reconhecimento melhor da barragem e terreno de fundação e, principalmente, para nortear o programa de injeção de cimento na ombreira direita, visando reduzir as vazões de percolação de água nesta ombreira;
- CAMPANHA Geothra (2019) - foram executadas 10 sondagens a percussão, 3 sondagens mistas, e foram instalados 4 INA's e 4 PZ's;
- CAMPANHA Geoway (2022) - foi executada uma campanha de investigação geofísica, por meio de caminhamento elétrico e potencial espontâneo;
- CAMPANHA Geomaster (2022) – foram executadas 7 sondagens rotativas e 2 poços de inspeção e coleta de amostras indeformadas, para ensaios de laboratório.

As sondagens mostram que a barragem está apoiada em solo residual argilo ou silto arenoso. A camada de solo residual tem espessura de até 15 m (SP-2A), com valores de NSPT maiores do que 10 golpes.

Abaixo da camada residual ocorre horizonte rochoso gnáissico pouco a muito alterado, de coloração róseo e variações. O topo rochoso mergulha em direção ao vale, partindo, aproximadamente, da cota 495 m nas ombreiras.

As sondagens mostram que o topo rochoso é mais superficial na área da ombreira direita, entre as cotas 481 e 495 m. As sondagens realizadas mais próximas à ombreira esquerda, com exceção da SP-8, não atingiram o topo rochoso, indicando que nessa região ocorre em maior profundidade.

O aterro compactado mostra valores de NSPT entre 2 e 40 golpes/30 cm, com valor médio da ordem de 12 golpes/30 cm. Os valores de NSPT menores do que 5 golpes estão associados às camadas iniciais dos ensaios.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

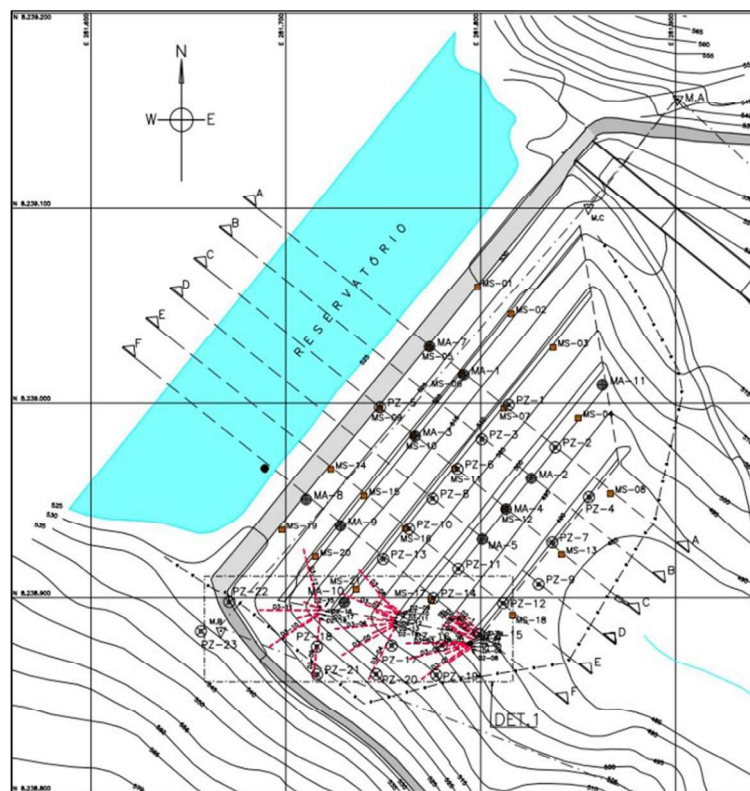


Figura 5.1 - Planta com a localização das investigações (fonte: GF41DE01-R1)

5.2.2. Ensaios In Situ e de Laboratório

Segundo RPSB 2021, os dados disponíveis para a barragem Rancho Casca mostram 4 campanhas de ensaios laboratoriais, executados em diferentes fases operacionais da barragem, são eles:

1. Geolabor – número TLF-1827/01, de fevereiro/2001 – Ensaios Geotécnicos de Laboratório;
2. Universidade Federal de Viçosa – UFV - número 10-022, de 08/09/2010 – Ensaios de caracterização e compressão triaxial – PI-01 (Ombreira direita);
3. Universidade Federal de Viçosa – UFV - número 10-023, de 16/11/2010 – Ensaios de caracterização, pin hole e granulometria comparativa – BPI-1 a 3;
4. Geothra – Ensaios de caracterização e triaxiais em amostras deformadas e indeformadas – dezembro de 2019.

A Tabela 11.2 mostram o resumo dos resultados de caracterização das amostras ensaiadas.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 5.1 - Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização

Campanha	Amostra	Local	Dens. nat. (kN/m³)	Umid. Nat. (%)	Dens. seca (kN/m³)	Dens. grãos (g/cm³)	Granulometria (%)				Atterberg		Compactação(ótima)	
							Arg.	Sil.	Are.	Ped.	LL	LP	Dens. (g/cm³)	Umid. (%)
Geolabor 2001	PI-103	Aterro 2 a 2,3 m	-	-	-	2,77	28	10	56	6	37	24	-	-
	PI-111	Ombr. 1,5 a 1,8 m	-	-	-	2,81	43	17	39	1	40	29	-	-
Viçosa 2010	PI-01	Ombr. 2,0 a 2,4 m	-	-	-	2,686	16	9	47	28	30	22	-	-
	PI-01	Ombr. 1,5 a 2,0 m	-	-	-	2,714	43	15	42	0	41	26	-	-
Geothra 2019	PI-01	Areia	-	-	-	2,743	6	14	52	28	-	-	-	-
	PI-02	Areia	-	-	-	2,713	7	8	69	18	-	-	-	-
	PI-03	Areia	-	-	-	2,635	6	6	66	22	-	-	-	-
	PI-04	Aterro	19,89	8	18,42	2,848	23	24	45	8	39	31	1,76	16,6
	PI-05	Aterro	18,82	6,39	17,69	2,885	27	23	44	6	37	30	1,765	13,9
	PI-06	Aterro	17,72	6,96	16,57	2,841	25	24	43	8	39	31	1,78	13,9
Viçosa 2010	PI-01def	Ombr.	-	-	-	2,686	16	9	48	28	30	22	-	-
	PI-01 ind	Ombr.	-	-	-	2,714	43	15	42	0	41	26	-	-
	BP-3	Ombr.	17,66	16,77	15,12	2,693	33	14	46	7	41	27	-	-
	BP-2	Ombr.	17,66	20,94	14,6	2,68	37	12	45	6	41	25	-	-
	BP-1	Aterro	20,01	16,95	17,11	2,723	44	11	41	3	43	28	-	-

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

5.2.3. Mapeamento de Detalhe

Segundo o Relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) – Barragem Rancho Casca (NG-38-RPSB-RC-RL-R0), elaborado pela 3EM – Mineração e Geologia Ltda. em maio de 2024, as campanhas de investigação realizadas na área da estrutura permitiram a caracterização das condições geológico-geotécnicas da barragem, da fundação e de seu entorno.

5.2.3.1. Unidades Geológicas

Os litotipos identificados na área de interesse estão resumidos na Tabela 5.2, enquanto a descrição das características geológico-geotécnicas dos materiais é apresentada nos itens subsequentes.

Tabela 5.2 - Litologias identificadas nas campanhas de Investigação

Litologias identificadas		Descrição
RESERVATÓRIO	Rejeito	Material de constituição silto-argilosa, com pequena proporção de areia muito fina, de coloração marrom-acinzentada. Apresenta consistência de mole a muito mole e de baixa a muito baixa permeabilidade.
	Aterro / Solo Compactado	Aterro compactado constituído predominantemente por material argilo-siltoso, com presença de areia. Os ensaios de caracterização indicaram aproximadamente 28% de argila, 10% de silte, 56% de areia e 6% de pedregulho na amostra PI-103.
FUNDAÇÃO	Solo Residual	Solo residual de composição argilosa a silto-arenosa, com espessura de até aproximadamente 15 m. Apresenta valores de NSPT superiores a 10 golpes.
	Gnaiss	Gnaiss migmatizado, apresentando diferentes graus de alteração ao longo do perfil, com coloração rósea e variações.

5.2.3.2. Geologia Estrutural

Não foram identificadas falhas, fraturas ou dobras relevantes no local estudado, apenas as feições em escala regional. A foliação metamórfica apresenta direção preferencial NE-SW. Algumas fraturas observadas são subverticais (com inclinação superior a 80°). Não foram observadas brechas ou fraturas com material de preenchimento.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

5.2.4. Fundação, Ombreiras e Entorno

A fundação e as ombreiras da Barragem Rancho Casca foram caracterizadas com base nos resultados das campanhas de investigação geológico-geotécnica disponíveis. As sondagens indicaram que a barragem está apoiada sobre solo residual, de composição argilosa a silto-arenosa, com espessura de até aproximadamente 15 m. Abaixo desse horizonte ocorre o substrato rochoso constituído por gnaíse, variando de pouco a muito alterado.

Ressalta-se ainda que, ao longo do eixo da barragem, foi executada uma trincheira de vedação (cut-off) no terreno de fundação, com profundidade variável entre 3,0 e 6,0 m. Também foi realizada injeção de cimento na região da ombreira direita, com o objetivo de consolidar o trecho e reduzir as vazões de percolação.

As fotos da área onde foi implantada a Barragem Rancho Casca estão apresentadas na Figura 5.2 e na Figura 5.3, obtidas em 23/1/86 e 26/02/86, respectivamente.



Figura 5.2 - Vista panorâmica da área de implantação da barragem Rancho Casca, vendo-se à esquerda, no canto inferior, parte da central de britagem; em frente, a ombreira direita, destacando-se o canal de desvio; à direita a ensacadeira e parte da bacia de acumulação



Figura 5.3 - À esquerda o vertedouro, em execução; à direita a ombreira

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

5.2.5. Classificação e Caracterização Geotécnica dos Litotipos

5.2.5.1. Fundação / Solo Residual

A Barragem Rancho Casca possui parâmetros de resistência baseados na interpretação dos ensaios triaxiais realizados pelas empresas Geolabor (2001), Geothra (2019) e Loctest (2022), bem como nos resultados de ensaios de sondagens (correlação com NSPT).

Na Tabela 5.3 é apresentada a posição das amostras coletadas.

Tabela 5.3 - Amostras utilizadas nos ensaios triaxiais - Fundação

Ponto	Identificação	Tipo de Amostra	Profundidade (m)
PI-01	Fundação	Indeformada	1,5 a 2,0
PI-111	Fundação	Indeformada	150 a 180
SR05-22 (9512)	Fundação	Indeformada	113,15
SR06-22 (9513)	Fundação	Denison	13,5 a 15,5
SR02-22 (9508)	Fundação	Denison	15,0 a 16,85
SR07-22 (9514)	Fundação	Denison	13,0 a 15,0

Os resultados da interpretação dos ensaios triaxiais, para a fundação (solo residual) estão apresentados na Figura 5.4 e na Figura 5.5.

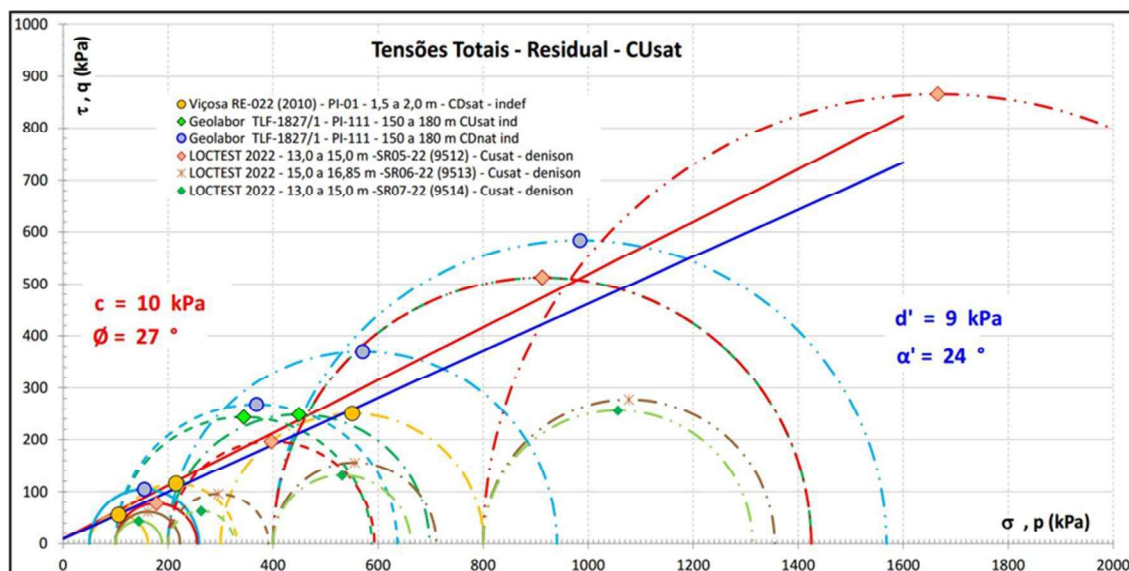


Figura 5.4 - Gráfico representando as tensões totais obtidas nos ensaios triaxiais realizados com as amostras da fundação (solo residual) da Barragem Rancho Casca

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

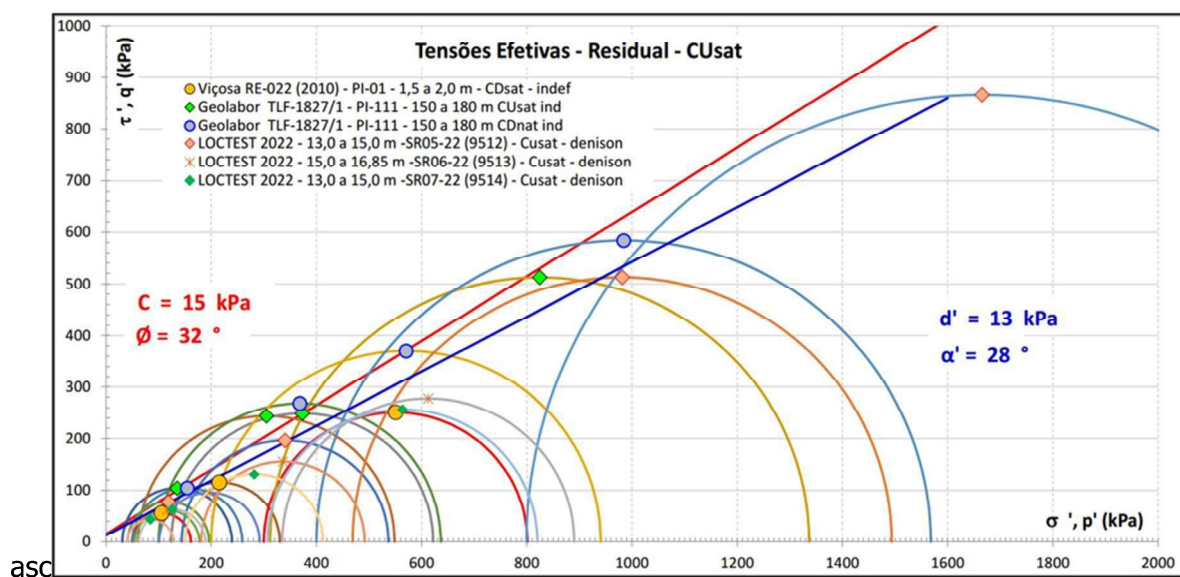


Figura 5.5 - Gráfico representando as tensões efetivas obtidas nos ensaios triaxiais realizados com as amostras da fundação (solo residual) da Barragem Rancho Casca

Tabela 5.4 – Parâmetros de resistência do solo residual obtidos com os ensaios triaxiais

Amostra	C (kN/m ²)	Φ (°)	C' (kN/m ²)	Φ' (°)
SR01-4	10	27	15	32

5.2.5.2. Aterro – Barramento

Segundo “As Is” da barragem (doc. GF37RT01), na campanha de investigações de 2001 foram coletadas amostras indeformadas do aterro da barragem e submetidas a ensaios de laboratório (Relatório Geolabor TLF 1827-01, de fevereiro de 2001). Foram executados ensaios de granulometria completa, densidade dos sólidos, limites de consistência e de resistência triaxial dos tipos CIUsat e CD. Resumidos na Tabela 5.5 Resumidos na Tabela 5.5 seguinte e com a granulometria representada no gráfico da Figura 5.6.

Tabela 5.5 - Resultados dos ensaios de caracterização das amostras do maciço da Barragem Rancho Casca

Amostra	ps (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Argila (%)	Silte (%)	A.Fina (%)	A.Média (%)	A.Grossa (%)	Pedre. (%)
PI-103	2,77	36,8	24,4	12,4	28,4	10	25,2	23,4	7	6

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

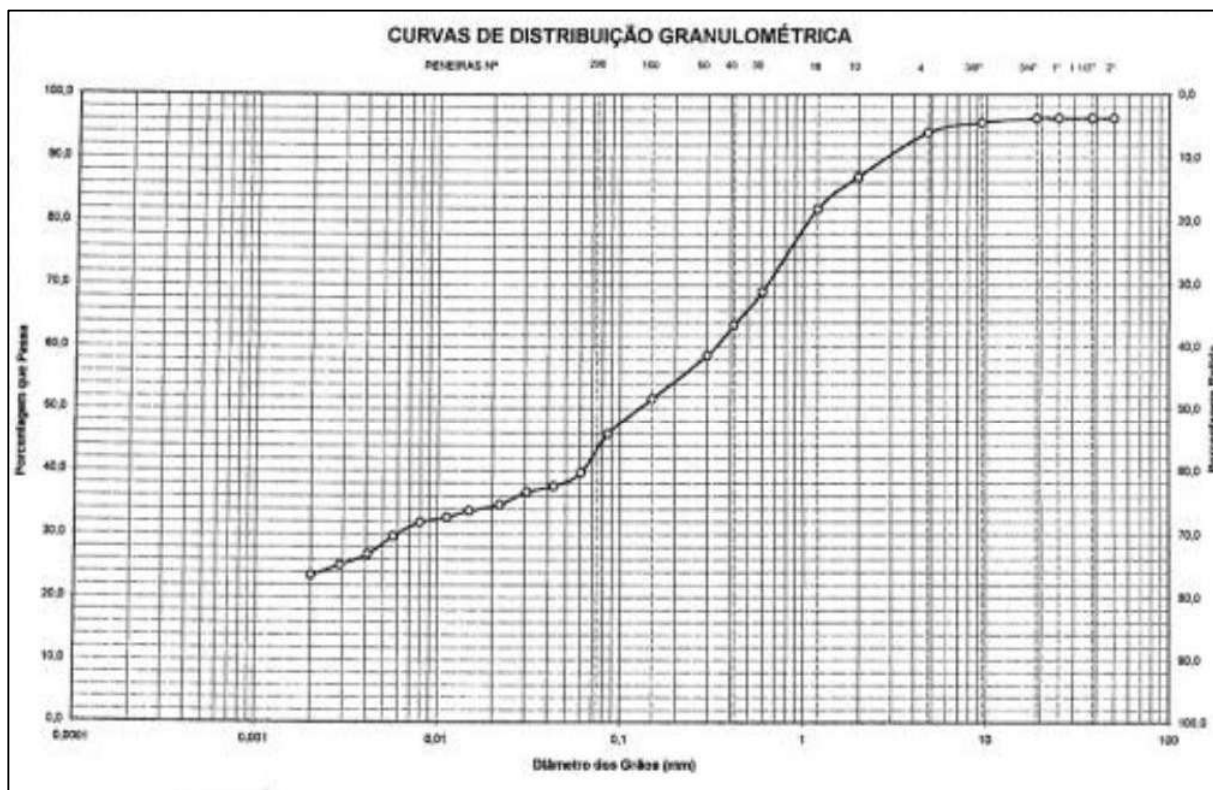


Figura 5.6 – Curva granulométrica representativa do maciço da Barragem Rancho Casca

O aterro da Barragem Rancho Casca possui parâmetros de resistência baseados na interpretação dos ensaios triaxiais realizados pelas empresas Geolabor (2001), Geothra (2019) e Loctest (2022).

Na Tabela 5.6 são apresentados dados das amostras coletadas para a realização dos ensaios triaxiais do maciço da Barragem Rancho Casca.

Tabela 5.6 - Dados das amostras coletadas para realização de ensaios triaxiais

Ponto	Identificação	Tipo de Amostra	Profundidade (m)
PI-103	Aterro	Indeformada	2,0 a 3,0
PI-04	Aterro	-	1,5 a 2,0
PI-05	Aterro	-	1,5 a 2,0
PI-06	Aterro	-	1,5 a 2,0
SR03-22 (9909)	Aterro	Denison	13,0 a 15,0
SR04-22 (9511)	Aterro	Denison	13,5 a 15,5
SR02-22 (9508)	Aterro	Denison	13,5 a 15,3
SR03-22 (9510)	Aterro	Denison	23,0 a 25,5

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

A Figura 5.7 e a Figura 5.8 apresentam os resultados para tensões efetivas, a Tabela 5.7 apresenta o resumo dos parâmetros obtidos.

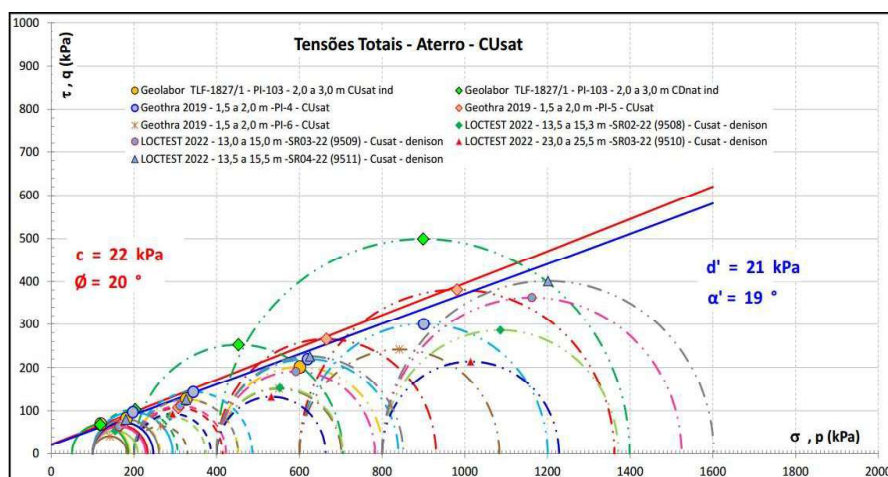


Figura 5.7 - Gráfico representando as tensões totais obtidas nos ensaios triaxiais realizados com as amostras do aterro que constitui o maciço da Barragem Rancho Casca

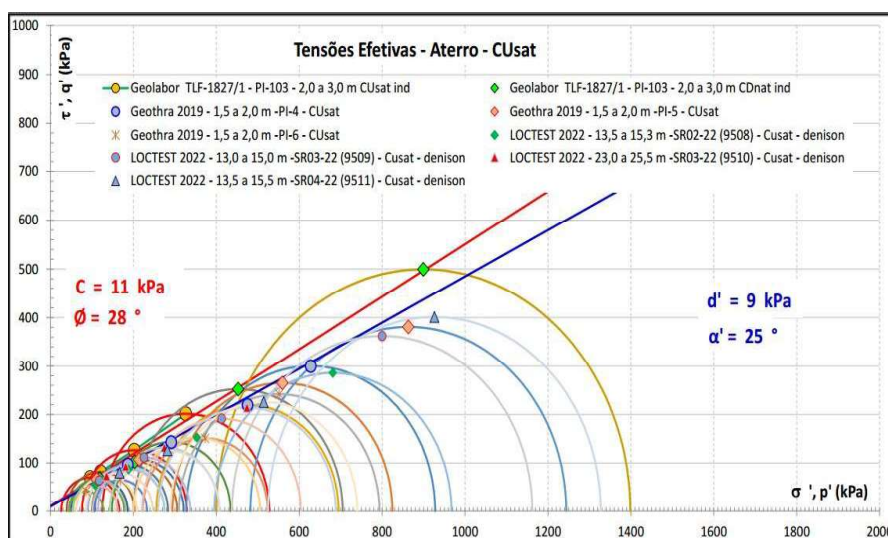


Figura 5.8 - Gráfico representando as tensões efetivas obtidas nos ensaios triaxiais realizados com as amostras do aterro que constitui o maciço da Barragem Rancho Casca

Tabela 5.7 – Resumo dos resultados dos ensaios triaxiais com amostras do maciço da Barragem Rancho Casca

Amostra	C (kN/m ²)	Φ (°)	C' (kN/m ²)	Φ' (°)
SR01-4	20	20	11	28

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

5.2.6. Seções Geológico-Geotécnicas

Conforme descrito no estudo na RPSB (NG-38-RPSB-RC-RL-R0), o perfil geológico é estabelecido a partir das campanhas de investigação: Engec (1991), Geomaster (2001), Geothra (2019), Geoway (2022) e Geomaster (2022).

Neste relatório as seções já existentes foram reavaliadas, nelas foram incluídos dados dos monitoramentos atualizados, com isso o nível d'água foi reajustado com dados confiáveis. As seções geológicas são apresentadas na planta de localização (Figura 5.9), nela são plotados os furos de sondagens utilizados na modelagem e as seções geológicas, e as seções são apresentadas na Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12.

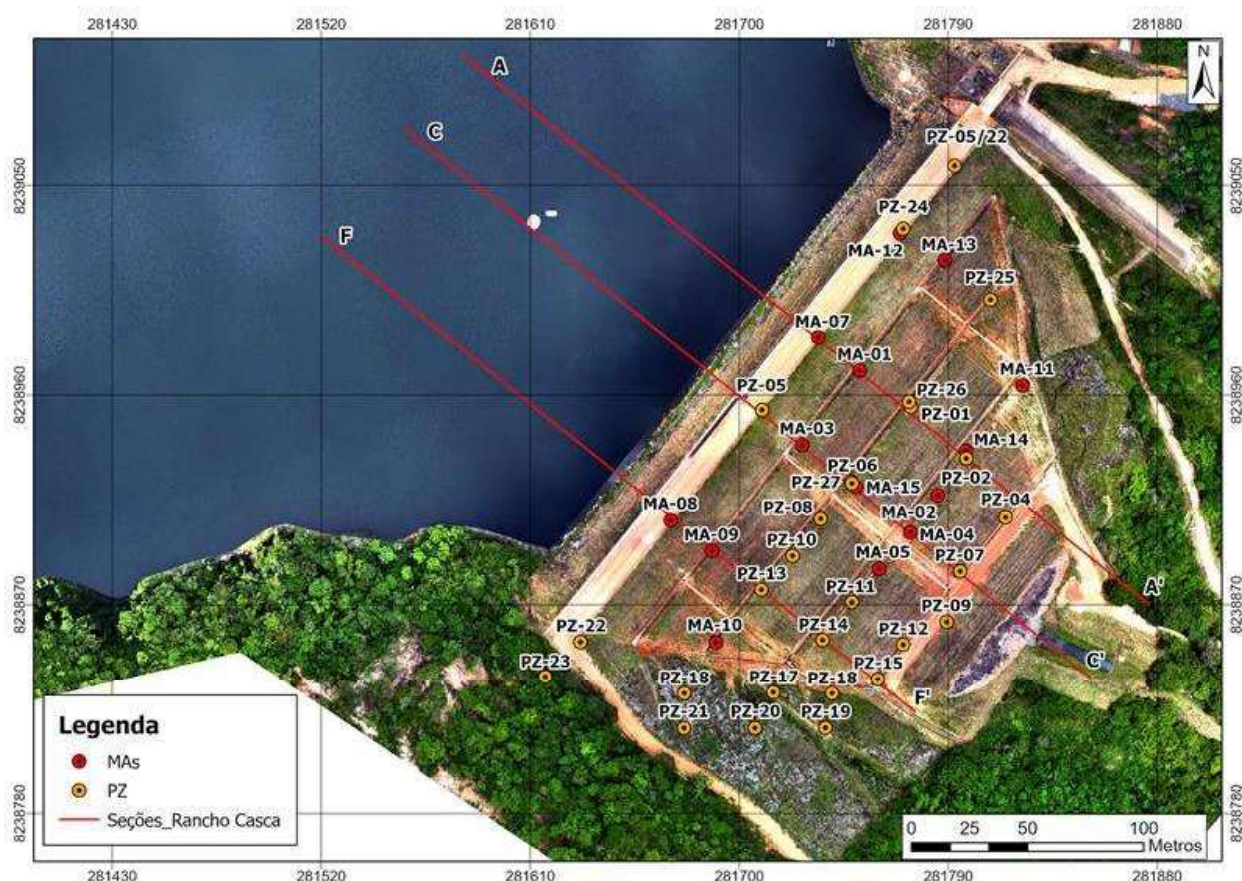


Figura 5.9 – localização das seções geológicas representativas da Barragem Rancho Casca

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

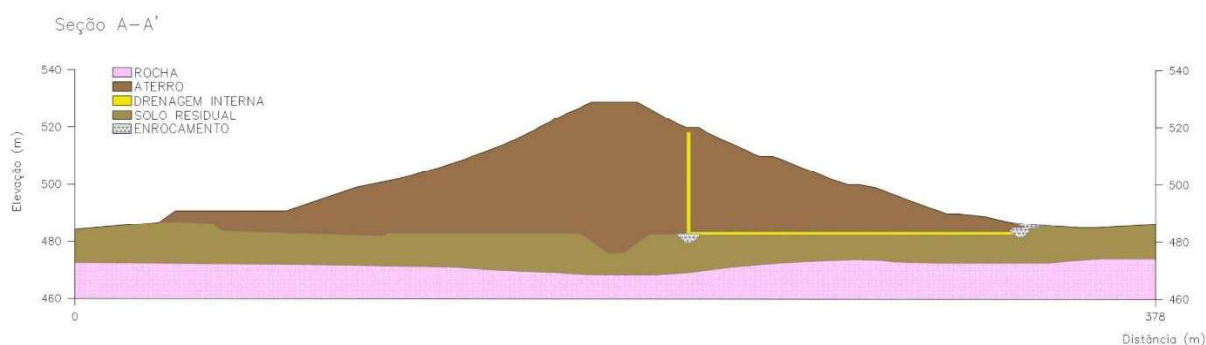


Figura 5.10 – Seção A-A'

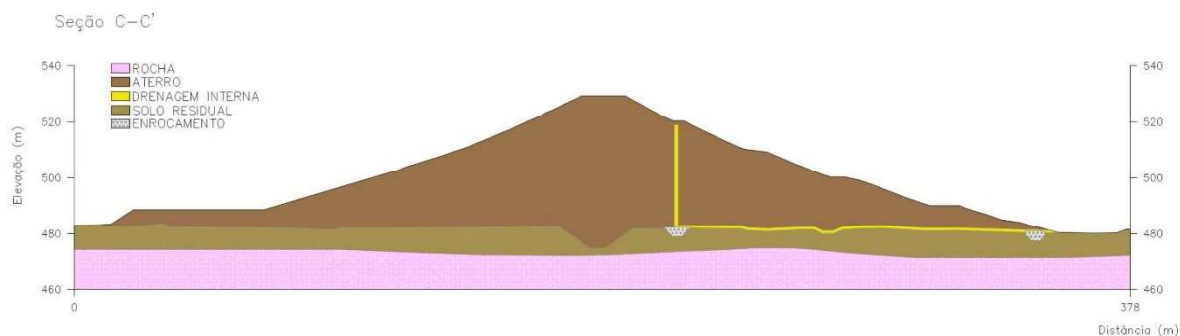


Figura 5.11 – Seção C-C'

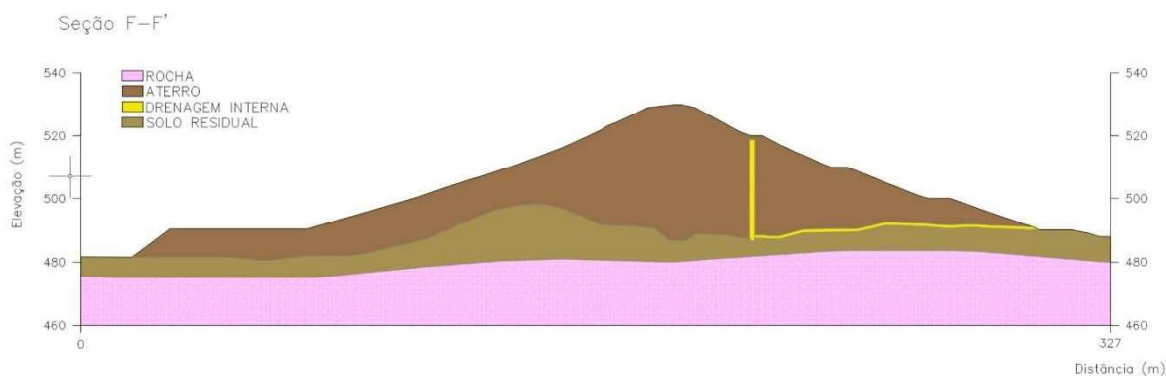


Figura 5.12 – Seção F-F'

5.3. ESTUDOS SÍSMICOS

De acordo com o Centro de Sismologia da USP¹, pequenos tremores em Minas Gerais são mais frequentes do que a média brasileira. No passado, já ocorreram tremores de magnitude até 4,9

¹ Centro de Sismologia da USP - Relatório Sismologia II. Tremores em Divinópolis – MG. 19 de janeiro de 2022. Universidade de São Paulo.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

em Minas Gerais, principalmente na parte Norte do estado: São Francisco 1931 ($m=4.9$), Itacarambi 2007 ($m=4.9$), Montes Claros 2012 ($m=4.0$).

Em Minas Gerais o melhor exemplo de surtos de sismicidade ocorreu na cidade de Bom Sucesso: primeiro durante vários meses em 1901, depois em 1903, em 1919-1920, em 1935-1936, e em 1939-1940. Porém, os maiores ocorreram em 1920, atingindo magnitude 4.0 e intensidade VI MM, no norte do Estado. Não há relatos de danos apreciáveis nem vítimas.

Tanto em Minas Gerais como em outras partes do Brasil, os tremores de terra naturais ocorrem, geralmente, por deslizamento repentino em falhas ou fraturas geológicas causado pelo acúmulo de tensões geológicas ("pressões internas") a que a crosta está submetida. Estas tensões devem-se às forças tectônicas que movem a placa Sul-Americana.

O estudo sísmico para a Barragem Rancho Casca seguiu as recomendações da Norma ABNT 13.028/2024 e para o cálculo específico da aceleração, a ser utilizada nas análises de estabilidade. O estudo seguiu os critérios especificados pela *Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - CSIRO*, no documento *Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design*, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) pode ser definida a partir do tempo de retorno (TR) de 475 anos, sendo equivalente a 10% de probabilidade de exceder em 50 anos.

Entretanto, não se desconsiderou o que já existe de publicação sobre ameaça sísmica probabilística (PSHA), que estima expressamente a probabilidade de que vários níveis de movimento do solo causados por terremotos serão excedidos em um determinado local por um determinado período de tempo futuro, apesar de serem estudos ainda não definitivos no Brasil.

Quanto ao coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudoestáticas, foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores quando a estrutura não está diretamente apoiada no topo rochoso (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983).

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

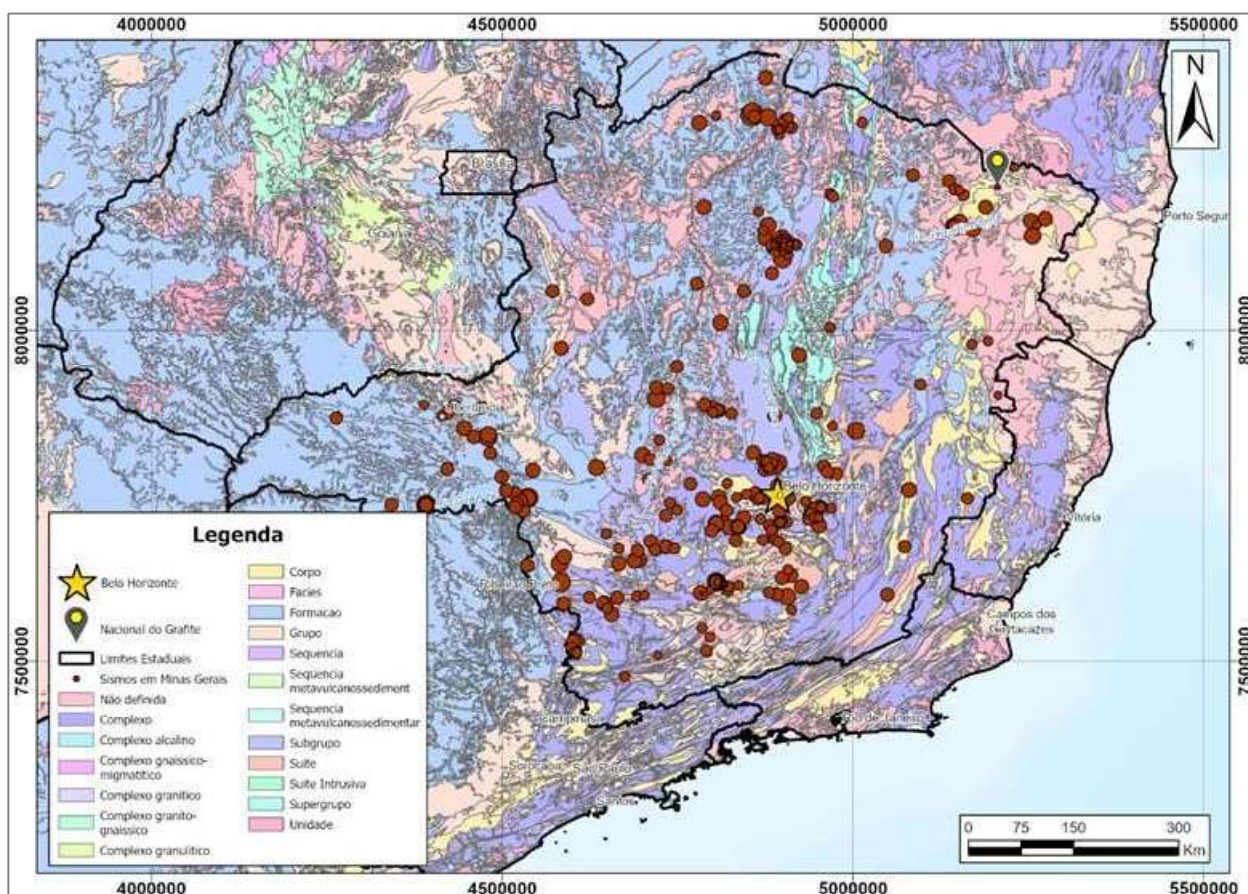


Figura 5.13 - Sismos e Geologia em Minas Gerais

(Serviço Geológico do Brasil (SGB) - Departamento de Geologia (DEGEO), providenciado pelo IDE-SISEMA)

Para o valor para o coeficiente sísmico vertical K_v , Seed & Martin (1966), e Duncan & Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical igual a 0 (zero), sob a hipótese de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou *et al.* (2014), reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Para determinar o PGA para a região da Barragem Rancho Casca, foram utilizados como base os estudos realizados por Assumpção *et al.* (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil.

Neste estudo, são apresentadas acelerações de pico em rocha – PGA rocha e orienta que a aceleração de projeto deve levar em conta efeitos de amplificação / atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o mapa com tempo de retorno (TR) de 475 anos, ou seja, a probabilidade de ocorrência de 10% em 50 anos.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Conforme indicado na **Figura 5.14** a barragem estará inserida na zona com aceleração variando entre 0,01g e 0,02g, adotando para este projeto o PGA de 0,02g.

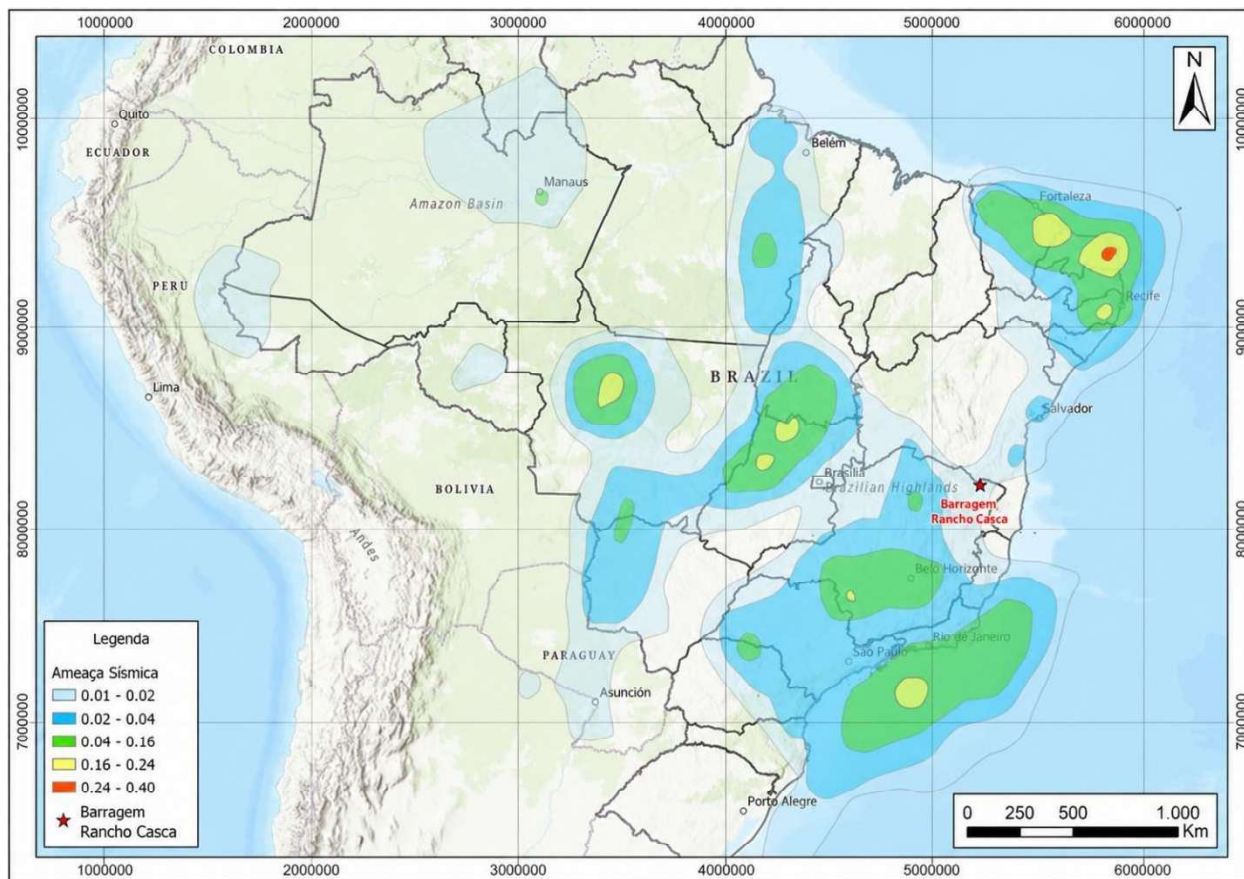


Figura 5.14 - Mapas de Ameaça Sísmica ("Seismic Hazard Maps") para aceleração de pico (Peak Ground Acceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 10% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 475 anos.

(Fonte: Assumpção *et al.*, (2016))

5.4. ADERÊNCIA DO PROJETO AS IS

As informações técnicas disponibilizadas através do projeto de "As Is" (como está) permitem avaliar que o mesmo retrata de forma efetiva a condição atual da barragem, inclusive sobre os aspectos que interferem diretamente na segurança da estrutura.

Cabe ressaltar, que, na atual situação, a construção da barragem está em conformidade com as normas vigentes.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

6. SISTEMAS DE DRENAGENS

A Barragem Rancho Casca dispõe de sistemas destinados ao controle das águas superficiais e das percolações pelo maciço, compreendendo o sistema de drenagem interna, o sistema de drenagem superficial e o sistema extravasor. A configuração atualmente implantada encontra-se caracterizada no Projeto *As Is*, utilizado como referência para a descrição apresentada nos itens subsequentes.

6.1. DRENAGEM INTERNA

O sistema de drenagem interna da Barragem Rancho Casca foi concebido com a finalidade de coletar e conduzir de forma controlada os fluxos de percolação através do maciço e de sua fundação, contribuindo para o controle das poropressões e para a prevenção de processos de erosão interna.

De acordo com a documentação de projeto e com o levantamento *As Is* da estrutura, a drenagem interna é constituída por um filtro vertical de areia, tipo chaminé, localizado aproximadamente 25 m a jusante do eixo da barragem. O filtro vertical encontra-se assentado sobre uma trincheira drenante, implantada na fundação do barramento, formando o sistema responsável pela interceptação dos fluxos de percolação através do maciço.

As fotos de implantação da trincheira drenante estão apresentadas na Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3.



Figura 6.1 - Escavação da trincheira drenante (10/3/86)

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

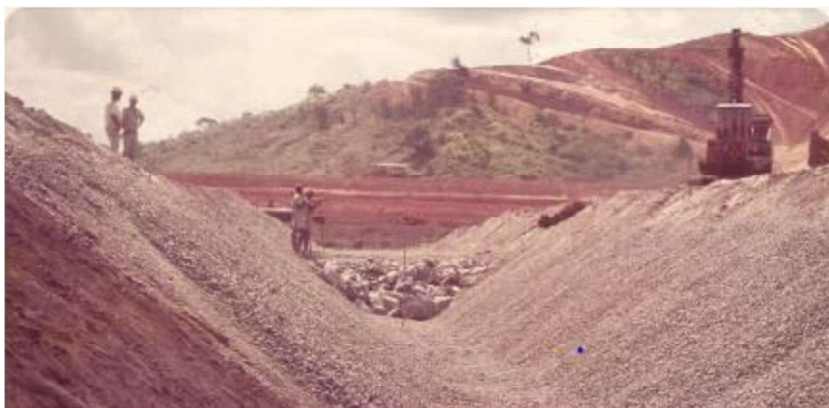


Figura 6.2 - Detalhe da execução do dreno coletor principal (20/3/86)



Figura 6.3 - Detalhe da execução da trincheira drenante (14/4/86)

A trincheira drenante encontra-se conectada a um dreno coletor principal e a nove drenos coletores secundários, dispostos paralelamente entre si e perpendicularmente ao alinhamento da trincheira. Esses elementos conduzem os fluxos captados para o dreno de pé da barragem, onde ocorre a descarga do sistema e o monitoramento da vazão e das características visuais da água percolada.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Na Figura 5.10, na Figura 5.11 e na Figura 5.12 é possível observar a posição do sistema de drenagem interna da Barragem Rancho Casca.

Complementarmente ao sistema originalmente implantado, a Barragem Rancho Casca dispõe de drenos horizontais profundos (DHPs) na ombreira direita, instalados em diferentes campanhas com o objetivo de controlar as percolações observadas nessa região. Atualmente, o sistema de auscultação contempla 38 pontos de medição de vazão associados aos drenos horizontais, distribuídos nas elevações 490 m, 500 m e 510 m, além de um ponto específico para medição da vazão do dreno de fundo. (Figura 6.4).



Figura 6.4 – Localização do dreno de fundo e drenos horizontais profundos

A avaliação da documentação disponível indica que o sistema de drenagem interna apresenta funcionamento compatível com sua finalidade. Durante as inspeções realizadas para a auditoria de 2025, não foram identificados sinais de umidade ou surgências nos taludes, sendo registrado fluxo límpido no dreno de fundo e ausência de carreamento de sólidos nas vazões provenientes dos DHPs.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Os dados de monitoramento piezométrico e de nível d'água também foram considerados, na auditoria anterior, indicativos da funcionalidade do sistema de drenagem interna e da adequada condução dos fluxos de infiltração. Dessa forma, com base nas informações documentais disponíveis e nas condições registradas nas inspeções anteriores, não foram identificados indícios de comprometimento da funcionalidade do sistema de drenagem interna da Barragem Rancho Casca.

6.2. SISTEMAS DRENAGEM SUPERFICIAL

A Barragem Rancho Casca dispõe de sistema de drenagem superficial implantado principalmente sobre o talude de jusante, destinado à captação, condução e descarga controlada das águas provenientes do escoamento superficial, de forma a minimizar a ocorrência de processos erosivos sobre o maciço e suas ombreiras.

O sistema é constituído por canaletas de concreto de seção trapezoidal dispostas ao longo das bermas, descidas hidráulicas em degraus, travessias das bermas em canaleta, canais periféricos e bacias de dissipação. As canaletas implantadas nas bermas conduzem as vazões captadas lateralmente em direção às descidas hidráulicas, responsáveis pela transposição dos desníveis entre os diferentes patamares do talude.

O sistema de drenagem superficial foi objeto de reavaliação hidráulica no âmbito do RPSB de 2024, a partir das dimensões levantadas em campo para cada trecho das canaletas e descidas d'água. Na avaliação foram consideradas precipitações com duração de 15 minutos, adotando-se período de retorno de 100 anos para as canaletas e de 500 anos para as descidas d'água. Para as canaletas foram verificadas as profundidades de escoamento e, para as descidas hidráulicas, adicionalmente, as velocidades desenvolvidas, tendo sido adotada como referência velocidade máxima de 5,0 m/s para os dispositivos em concreto.

Conforme registrado no RTSB de 2025, após as intervenções o sistema apresenta configuração composta por canaletas de berma, descidas hidráulicas em degraus, travessias, canais periféricos e estruturas de dissipação. Durante a inspeção realizada para aquela auditoria, o sistema de drenagem superficial foi registrado como limpo e em adequado estado de conservação, não tendo sido reportadas anomalias relacionadas ao seu funcionamento no período avaliado.

A Figura 6.5 ilustra o sistema de drenagem superficial existente.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca



Figura 6.5 – Dispositivos de drenagem superficial presentes na Rancho Casca

6.3. SISTEMA EXTRAVASOR

A Barragem Rancho Casca dispõe de sistema extravasor de superfície do tipo soleira livre, implantado na ombreira esquerda do barramento, destinado ao controle do nível do reservatório e à condução das vazões excedentes para jusante.

Na configuração anterior às intervenções atualmente em execução, a soleira do extravasor encontra-se implantada na elevação 525,00 m, sendo constituída em concreto, com 15,0 m de largura e 6,0 m de comprimento. A partir da soleira, o escoamento era conduzido por canal extravasor também executado em concreto, com largura de 15,0 m. Conforme caracterização apresentada no RTSB de 2025, as paredes laterais do canal apresentavam alturas variáveis, da ordem de 3,0 m a 5,0 m.

O trecho rápido do sistema apresentava largura de base de 15,0 m e declividade longitudinal de aproximadamente 10%. Na verificação hidráulica apresentada no RPSB de 2024, para a vazão máxima considerada de 212,8 m³/s, foi obtida profundidade de escoamento da ordem de 0,82

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

m, inferior à altura disponível das paredes do canal, indicando capacidade da seção para a condução da vazão de projeto. Entretanto, a velocidade calculada atingiu aproximadamente 17,26 m/s, evidenciando a ocorrência de velocidades elevadas no trecho de maior declividade do sistema.

Em função dessa condição, o sistema extravasor encontra-se atualmente em processo de adequação, com obras destinadas à reformulação do canal de descarga em configuração de escadaria hidráulica. A intervenção tem como principal finalidade promover a dissipação progressiva da energia ao longo do percurso, reduzindo as velocidades de escoamento verificadas na configuração anterior e proporcionando condições hidráulicas mais adequadas para a condução das vazões até o ponto de restituição a jusante. Ressalta-se que a intervenção não decorre de insuficiência da seção hidráulica para passagem da vazão de projeto, mas da necessidade de adequação das velocidades desenvolvidas ao longo do sistema.

Dessa forma, na data de elaboração deste RTSB, o sistema extravasor da Barragem Rancho Casca encontra-se em processo de adequação hidráulica, mantendo-se a capacidade necessária à passagem das vazões de projeto e sendo promovidas intervenções destinadas principalmente ao controle das velocidades e à dissipação de energia ao longo do canal de descarga. A Figura 6.6 apresenta o canal extravasor no dia da visita técnica.



Figura 6.6 - Canal extravasor em escadaria hidráulica

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

7. AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA

A avaliação documental das inspeções de segurança de rotina da Barragem Rancho Casca foi realizada com base nos registros disponibilizados pela Nacional de Grafite, contemplando as fichas de inspeção e de monitoramento referentes aos seis meses anteriores ao período de realização deste RTSB.

A análise teve como objetivo verificar a realização e o registro das inspeções periódicas da estrutura, bem como avaliar as condições reportadas ao longo do período, com especial atenção à identificação de anomalias, alterações de comportamento ou situações que tenham demandado acompanhamento, manutenção ou adoção de medidas corretivas.

Foram considerados os registros relativos aos principais componentes da barragem e aos aspectos acompanhados nas rotinas de inspeção e monitoramento, permitindo avaliar não apenas a condição registrada em uma inspeção específica, mas também a evolução das ocorrências ao longo do período analisado.

Nos itens subsequentes são apresentados os resultados da avaliação documental realizada, incluindo, para fins de caracterização, um exemplar de ficha efetivamente utilizada nas inspeções da Barragem Rancho Casca, bem como a consolidação das principais observações e eventuais anomalias identificadas nos registros avaliados.

7.1. AVALIAÇÃO DAS INSPEÇÕES DE ROTINA

Para avaliação das inspeções de segurança de rotina da Barragem Rancho Casca, foram analisadas as fichas de inspeção e monitoramento disponibilizadas pela Nacional de Grafite, correspondentes ao período de janeiro de 2026 a agosto de 2026. A análise contemplou a verificação da regularidade dos registros, das condições reportadas para os diferentes componentes da estrutura e da ocorrência de eventuais anomalias ou situações que demandassem acompanhamento ou intervenção.

Inicialmente, verificou-se a periodicidade de realização das inspeções, considerando como referência a frequência mínima quinzenal estabelecida no Manual de Operações da Barragem Rancho Casca para as inspeções de campo e atividades de monitoramento.

As fichas utilizadas contemplam a avaliação visual dos diferentes componentes da barragem e o registro das condições observadas durante cada campanha de inspeção. Para fins de caracterização do procedimento adotado pelo empreendedor, a Figura 7.1 e Figura 7.2 apresentam, a título exemplificativo, uma das fichas efetivamente preenchidas no período analisado.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

NACIONAL DE GRAFITE
Desde 1939

FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR)

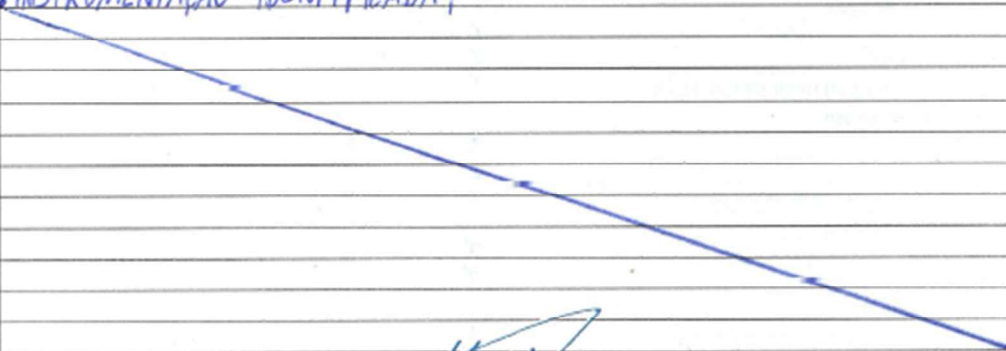
Unidade: Pedra Azul Estrutura: Barragem Rancho Casca Data: 22/07/26
Inspeção/Vistoria: [Assinatura] Responsável: [Assinatura]

Aspecto observado	Ocorrência		Providência em caso de "sim"		Visto do responsável
	Sim	Não	Corrigir	Avisar responsável	
1. Crista					
a) Erosão?		X	X		
b) Trínca?		X		X	
c) Depressões e presença de água acumulada?		X		X	
d) Presença de pragas (formigas, cupins, etc.)?		X	X		
2. Reservatório					
a) Seccionamento por deposição de rejeitos?		X	X		
b) Rupturas nas encostas?		X		X	
c) Rejeitos muito próximos à captação?		X	X		
3. Taludes e áreas de jusante da barragem e ombreiras					
a) Falha na vegetação?		X	X		
b) Vegetação alta?		X	X		
c) Surgência d'água?		X		X	
d) Erosão?		X	X		
e) Instabilidade (trincas ou estufamento)?		X		X	
f) Presença de pragas (formigas, cupins, etc.)?		X	X		
4. Talude de montante					
a) Erosão?		X	X		
b) Instabilidade (trincas ou estufamento)?		X		X	
5. Drenagem superficial					
a) Canaletas obstruídas ou assoreadas?		X	X		
b) Canaletas danificadas (trincadas/deslocadas)?		X		X	
c) Erosão externa?		X	X		
6. Drenagem interna					
a) Saída do dreno obstruída?		X	X		
b) Água suja (carreamento de sólidos)?		X		X	
7. Extravasor					
a) Obstrução da tomada d'água?		X	X		
b) Trincas ou deterioração do concreto? (desalinhamentos, ferragens expostas, etc.)		X		X	
c) Erosão externa ou na dissipação?		X	X		
8. Instrumentação					
a) Instrumento sem proteção ou identificação?		X	X		
b) Instrumento danificado?		X		X	
c) Acesso precário a algum instrumento?		X	X		
9. Tubulações de água					
a) Vazamento nas tubulações?		X	X		
b) Movimentação?		X	X		
c) Risco de incêndio ao redor da tubulação?		X	X		
10. Estradas de acesso					
a) Erosão?		X	X		
b) Instabilidade?		X		X	
c) Alagamento ou ponto de difícil passagem?		X	X		
11. Cerca e Sinalização					
a) Danificada?		X	X		
b) Deficiente?		X	X		
12. Estaqueamento					
a) Danificado na crista e nas tubulações?		X	X		
b) Ausente na crista e nas tubulações?		X	X		

Figura 7.1 – Modelo de ficha de inspeção regular (FIR)

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Item	Observação
-	NA INSPEÇÃO REGULAR, REALIZADA NA BARRAGEM RANCHO DE CASCA, NO DIA: 22 DE JULHO DE 2026, NÃO FOI DETECTADO NENHUMA ANOMALIA.
-	ENCONTRA-SE EM ANDAMENTO AS OBRAS PARA ADEQUAÇÃO DO EXTRAVASOR
•	DRENAGEM INTERNA OPERANDO SEM CARREAMENTO DE SÓLIDO;
•	VEGETAÇÃO APARADA, PERMITINDO BOA INSPEÇÃO VISUAL;
•	INSTRUMENTAÇÃO IDENTIFICADA;



42

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

A avaliação documental foi direcionada especialmente à identificação de registros de anomalias e à análise de sua evolução ao longo do período. Para as ocorrências identificadas, foram verificadas sua recorrência nas inspeções subsequentes, eventuais alterações de condição e, quando disponíveis nos registros analisados, as medidas de acompanhamento, manutenção ou correção adotadas.

Essa análise permite avaliar o histórico recente das condições da Barragem Rancho Casca e verificar se as situações registradas nas inspeções de rotina apresentam caráter pontual ou recorrente, subsidiando as considerações da equipe de auditoria quanto às condições de acompanhamento e gestão da segurança da estrutura.

7.2. CONSIDERAÇÕES DA AVALIAÇÃO DOCUMENTAL DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE ROTINA

A partir da avaliação das fichas de inspeção de segurança de rotina da Barragem Rancho Casca referentes ao período analisado, foram consolidadas as anomalias e observações registradas pela equipe responsável pelo acompanhamento da estrutura.

A análise considerou não somente a ocorrência individual de cada registro, mas também sua recorrência nas inspeções subsequentes, sua evolução ao longo do período e, quando aplicável, as providências adotadas para acompanhamento ou correção. A Tabela 7.1 apresenta a síntese das ocorrências identificadas.

Tabela 7.1 – Síntese das anomalias e observações registradas nas inspeções de rotina

FIR	Anomalia ou observação
22/07/2026	-
06/07/2026	-
17/06/2026	-
03/06/2026	-
21/05/2026	Vegetação alta, com poda em andamento
05/05/2026	-
22/04/2026	-
07/04/2026	-
19/03/2026	-
04/03/2026	Vegetação alta, com poda em andamento
20/02/2026	Vegetação alta
04/02/2026	Vegetação alta
19/01/2026	-
08/01/2026	-
18/12/2025	-
03/12/2025	-

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

A avaliação do histórico das inspeções permite verificar a evolução das condições registradas e identificar eventuais ocorrências persistentes ou recorrentes que demandem acompanhamento específico. As anomalias identificadas são discutidas considerando sua relevância para as condições de segurança da estrutura, bem como as medidas de controle, manutenção ou correção adotadas pelo empreendedor.

De forma complementar, as condições registradas nas fichas de inspeção foram confrontadas com aquelas observadas pela equipe da 3EM durante a visita técnica realizada em 04/08/2026, permitindo verificar a permanência, evolução ou eventual correção das ocorrências anteriormente registradas.

7.3. RIS – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO SEMESTRAL

O Relatório de Inspeção Semestral – RIS referente ao 1º semestre de 2026, documento GF34-RT-57 Rev. 0, elaborado pela Geoconsultoria em março de 2026, apresenta a avaliação das condições de segurança da Barragem Rancho de Casca no período compreendido entre setembro de 2025 e fevereiro de 2026. As inspeções de segurança foram realizadas com frequência quinzenal, tendo sido realizada também inspeção pela equipe responsável pela auditoria em 05 de fevereiro de 2026.

De acordo com o RIS, não foram identificadas anomalias, pontos de atenção ou condições que justificassem alteração da Categoria de Risco da barragem durante o período avaliado. O principal aspecto registrado nas inspeções correspondeu à ocorrência de vegetação alta em alguns trechos dos taludes de jusante, caracterizada como questão associada à manutenção rotineira da estrutura. As fichas de inspeção apresentaram pontuação igual a zero para confiabilidade das estruturas extravasoras, percolação, deformações e recalques, deterioração dos taludes/paramentos e drenagem superficial em todas as inspeções realizadas no período.

Na inspeção de fevereiro de 2026, o barramento apresentou aspecto geral adequado, sem trincas, depressões ou outras evidências de instabilidade. A crista e o muro de regularização apresentavam-se íntegros, o sistema de drenagem superficial encontrava-se limpo e em adequado estado de conservação, o emboque do extravasor estava desobstruído e os drenos horizontais profundos não apresentavam evidências de carreamento de sólidos. O dreno de fundo apresentava fluxo límpido. Registra-se, ainda, que se encontravam em andamento as obras de complementação do canal extravasor, iniciadas em setembro de 2025, sem alteração da soleira ou da geometria da seção de extravasão junto à barragem.

Quanto ao monitoramento, os níveis piezométricos e freáticos apresentaram comportamento predominantemente estável, enquanto as vazões dos DHPs apresentaram variações sazonais associadas às precipitações e ao nível do reservatório. A vazão do dreno de fundo permaneceu estável no período, com último valor registrado de 13,82 m³/h, e os marcos superficiais

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

apresentaram comportamento estável nas direções vertical e horizontal. Embora o MNA-07 e o PZ-05 tenham registrado valores acima da faixa definida como normal, o RIS esclarece que ambos estão posicionados a montante do filtro vertical e diretamente sujeitos às variações do nível do reservatório, sendo seu comportamento considerado esperado e sem repercussão sobre a condição de segurança das respectivas seções.

Durante o período chuvoso avaliado, os dispositivos hidráulicos operaram normalmente, sem registro de anomalias ou necessidade de implantação de sistemas emergenciais. O relatório concluiu que as medidas de manutenção adotadas foram eficazes e que não ocorreram eventos capazes de comprometer a segurança da estrutura. Dessa forma, a avaliação do RIS mais recente não evidencia anomalias com repercussão na segurança da Barragem Rancho de Casca, tendo sido atestada sua condição de estabilidade para o 1º semestre de 2026. Permanecem apenas recomendações de rotina relacionadas ao controle de pragas, manutenção da vegetação, limpeza do emboque do extravasor e continuidade das inspeções e do monitoramento da instrumentação.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

8. INSPEÇÃO DE CAMPO

Para a elaboração deste RTSB, foram considerados os registros das inspeções realizadas pela equipe da 3EM em 04/08/2026. Durante essas atividades foram avaliados os principais componentes da barragem, buscando-se identificar eventuais anomalias, alterações ou condições de conservação que pudessem interferir no desempenho e na segurança da estrutura.

As inspeções contemplaram os acessos, crista, taludes de montante e jusante, ombreiras, reservatório, sistema extravasor, drenagem superficial, saída do dreno de fundo, instrumentação, tubulações, cercamento, sinalização e estaqueamento, além dos demais elementos acessíveis e passíveis de avaliação visual.

De maneira geral, a crista, os taludes e as ombreiras apresentaram condições satisfatórias de conservação, não sendo observadas depressões, afundamentos, surgências ou outras feições que indicassem comportamento anômalo da estrutura. Nos contatos entre o maciço e as ombreiras também não foram identificadas surgências ou evidências de processos erosivos relevantes.

O nível de água no reservatório na ocasião da visita encontrava-se na elevação 522,4 m.

Durante a inspeção de campo, foi verificada a mureta de concreto tipo New Jersey implantada ao longo da crista da Barragem Rancho Casca, destinada à complementação da borda livre e ao aumento da proteção contra eventual galgamento. Visualmente, os elementos apresentavam-se íntegros e em adequado estado de conservação, não sendo observados deslocamentos, tombamentos ou outras condições que pudessem comprometer sua função. O registro fotográfico da mureta é apresentado nas figuras a seguir.

Os dispositivos de drenagem superficial apresentavam-se desobstruídos e em condições satisfatórias de conservação, não sendo identificadas trincas ou rachaduras relevantes nos elementos inspecionados. O sistema extravasor também apresentou condições satisfatórias, sem anomalias aparentes nos elementos de concreto. Na saída do dreno de fundo, foi constatada vazão residual de pequena magnitude, com fluxo visualmente límpido e sem indícios de carreamento de sólidos.

Quanto à instrumentação, os dispositivos inspecionados encontravam-se devidamente identificados e não foram observados danos aparentes que comprometessem sua utilização. Da mesma forma, tubulações aparentes, cercamento, sinalização e estaqueamento apresentaram condições gerais satisfatórias no momento da visita.

A avaliação conjunta dos componentes inspecionados não evidenciou anomalias relevantes ou condições que indiquem comprometimento da segurança da Barragem Rancho Casca. As condições observadas em campo mostraram-se ainda compatíveis, de forma geral, com os registros das inspeções de rotina avaliados no âmbito deste RTSB.

O registro fotográfico completo da inspeção, contendo a identificação dos componentes avaliados e a descrição das respectivas condições observadas, é apresentado no item ANEXO III – RELATÓRIO TÉCNICO FOTOGRÁFICO.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

9. RECOMENDAÇÕES DAS AUDITORIAS TÉCNICAS DE BARRAGEM

A última Auditoria Técnica de Segurança da Barragem Rancho Casca foi apresentada no documento GF34-RT-52 Rev. 0, de agosto de 2025, elaborado pela Geoconsultoria. No referido documento foram estabelecidas recomendações relacionadas essencialmente às atividades rotineiras de manutenção, inspeção e monitoramento da estrutura.

As recomendações registradas na última auditoria são apresentadas na Tabela 9.1, juntamente com campo destinado à avaliação de seu atendimento na presente auditoria.

Tabela 9.1 – Avaliação das recomendações da última auditoria de segurança

Recomendação	Prazo	Situação atual
Manter o combate às pragas, especialmente formigueiros e cupinzeiros, como parte da rotina de manutenção da barragem.	Rotina	Atendido
Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos, de forma a possibilitar adequada inspeção visual da estrutura.	Rotina	Atendido
Manter limpo o emboque do sistema extravasor.	Rotina	Atendido
Manter as ações de monitoramento da barragem, contemplando inspeções de campo quinzenais e a realização das leituras dos instrumentos.	Rotina	Atendido

A avaliação realizada no âmbito da presente auditoria indica que as recomendações constantes no RTSB anterior vêm sendo atendidas. Ressalta-se que as ações recomendadas possuem caráter essencialmente rotineiro e preventivo, estando relacionadas à manutenção das condições adequadas de conservação, inspeção e monitoramento da Barragem Rancho Casca. A ocorrência pontual de vegetação alta em alguns trechos dos taludes de jusante, registrada em fevereiro de 2026, foi tratada no âmbito das atividades usuais de manutenção e não representou condição com impacto sobre a segurança da estrutura.

Dessa forma, recomenda-se a continuidade dessas práticas no âmbito da rotina de gestão da segurança da barragem, de modo a preservar as condições satisfatórias observadas e possibilitar a identificação tempestiva de eventuais alterações no comportamento da estrutura.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

10. AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

10.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Para a avaliação da segurança hidráulica da Barragem Rancho Casca, foram considerados os estudos hidrológicos apresentados no documento NG-04-EH-RC-RL-R1 – Estudo Hidrológico e Hidráulico – Estimativa da Precipitação Máxima Provável (PMP) para a Barragem Rancho Casca, elaborado pela 3EM Mineração e Geologia. O estudo contemplou a atualização e análise dos dados pluviométricos disponíveis na região, a estimativa das precipitações associadas a diferentes tempos de retorno e a determinação da Precipitação Máxima Provável – PMP.

Para caracterização do regime pluviométrico regional, foram avaliadas estações disponíveis na base de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, inicialmente considerando postos localizados em raios de 50 km e 100 km em relação à barragem. A seleção das estações utilizadas no estudo considerou critérios de representatividade regional, extensão e consistência das séries históricas disponíveis.

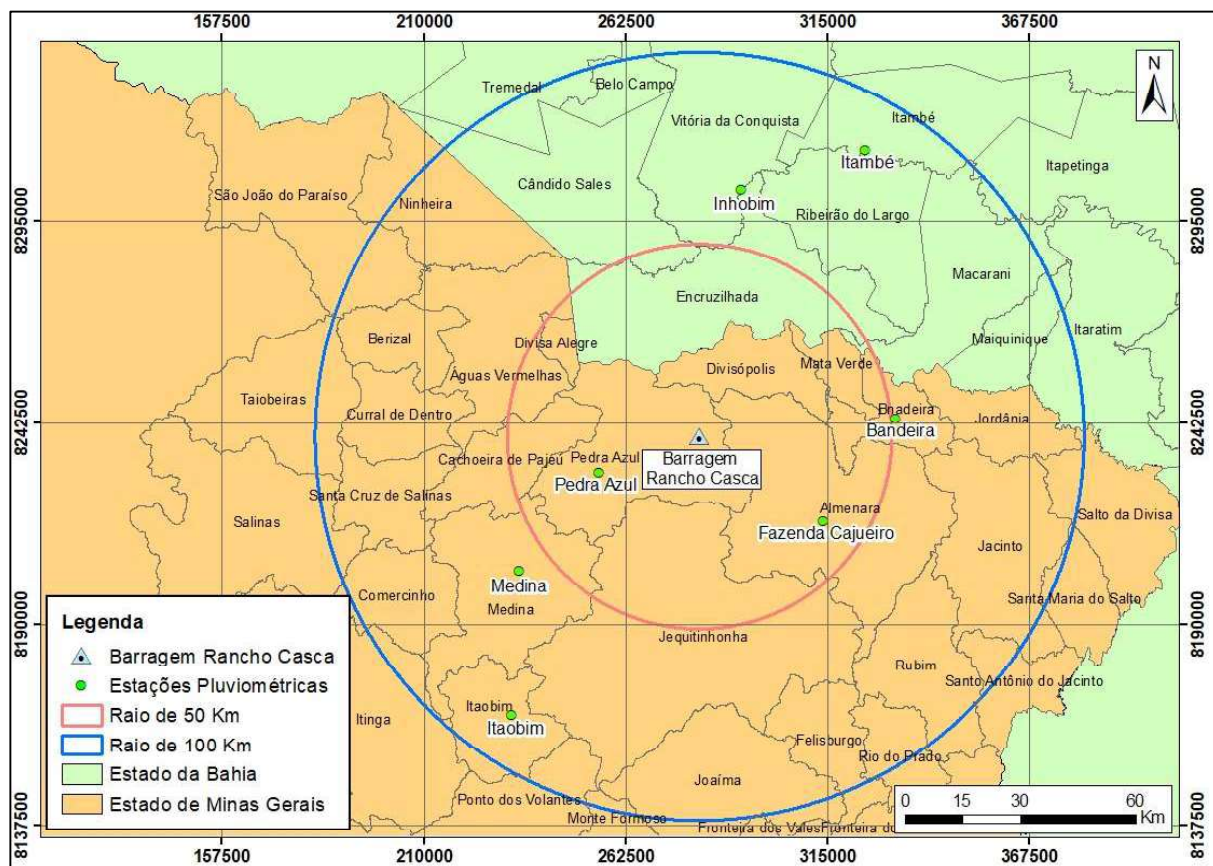


Figura 10.1 – Estações pluviométricas utilizadas no estudo hidrológico da Barragem Rancho Casca

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Além da análise probabilística, foi determinada a Precipitação Máxima Provável – PMP, permitindo a comparação entre o evento extremo obtido por essa metodologia e as precipitações associadas aos diferentes tempos de retorno. Os resultados indicaram que a precipitação correspondente ao TR de 10.000 anos apresentou magnitude ligeiramente superior à PMP. Em razão dessa condição, o estudo adotou a precipitação decamilenar como evento hidrológico mais restritivo para as avaliações subsequentes do trânsito de cheias e do sistema extravasor.

Tabela 10.1 – Precipitações de projeto para diferentes tempos de retorno e PMP

Evento	Precipitação – 24 h (mm)
TR = 2 anos	93,51
TR = 10 anos	135,34
TR = 25 anos	149,74
TR = 50 anos	163,23
TR = 100 anos	180,15
TR = 500 anos	208,27
TR = 1.000 anos	219,95
TR = 10.000 anos	257,64
PMP	233,16

10.2. TRÂNSITO DE CHEIAS E BORDA LIVRE

O estudo de trânsito de cheias da Barragem Rancho Casca foi desenvolvido considerando como evento de projeto a precipitação associada ao TR de 10.000 anos, por esta ter se mostrado mais restritiva que a Precipitação Máxima Provável – PMP. Para a simulação foram consideradas as características do reservatório e do sistema extravasor, incluindo a curva cota-volume, a cota da soleira do extravasor, sua largura e a cota de coroamento da barragem. Como condição inicial, foi adotado o reservatório na cota da soleira do extravasor, correspondente à El. 525,00 m, representando uma condição conservadora de ocorrência do evento crítico com o reservatório cheio.

Tabela 10.2 – Síntese do trânsito de cheias

Parâmetro	Resultado
Evento de projeto	TR = 10.000 anos
Duração crítica	10 h
Precipitação	220,26 mm
Vazão máxima afluente	284,7 m ³ /s
Vazão máxima defluente	212,8 m ³ /s
NA máximo maximorum	El. 529,40 m

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Parâmetro	Resultado
Cota da crista original	El. 530,00 m
Cota de proteção atual com mureta	El. 531,30 m
Borda livre na configuração original	0,60 m
Borda livre na configuração atual	1,90 m

Considerando a configuração original da barragem, com coroamento na El. 530,00 m, o nível máximo maximorum de El. 529,40 m resultava em borda livre de apenas 0,60 m. Posteriormente, foi executada mureta de concreto na crista, elevando a proteção da estrutura para a El. 531,30 m. Com essa intervenção, a borda livre correspondente ao mesmo evento de projeto passa a ser de aproximadamente 1,90 m, atendendo à necessidade de adequação identificada no estudo hidrológico-hidráulico.

Complementarmente, foi avaliado o efeito da formação de ondas no reservatório, considerando dois cenários: operação normal associada a vento excepcional e cheia máxima de projeto associada a vento habitual. Foram adotadas velocidades de vento de 160 km/h e 80 km/h, respectivamente. Os cálculos resultaram em amplitudes de onda de 0,88 m para o vento excepcional e 0,42 m para o vento habitual. O estudo concluiu que a borda livre operacional de 5,0 m era suficiente para acomodar a onda excepcional, enquanto a borda livre mínima associada à cheia de projeto deveria ser objeto de adequação.

Tabela 10.3 – Verificação de borda livre considerando o efeito de ondas

Cenário	Nível d'água de referência	Cota de proteção	Borda livre disponível	Amplitude da onda	Borda livre remanescente
Operação normal + vento excepcional	El. 525,00 m	El. 531,30 m	6,30 m	0,88 m	5,42 m
Cheia de projeto (TR = 10.000 anos) + vento habitual	El. 529,40 m	El. 531,30 m	1,90 m	0,42 m	1,48 m

10.3. VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA EXTRAVASOR

A verificação hidráulica do sistema extravasor da Barragem Rancho Casca foi apresentada no estudo NG-04-EH-RC-RL-R1, considerando a vazão máxima defluente obtida no trânsito da cheia associada ao TR de 10.000 anos, correspondente a 212,8 m³/s.

Na configuração avaliada pelo estudo, o sistema extravasor era constituído por uma soleira livre de concreto implantada na El. 525,00 m, com 15,0 m de largura e 6,0 m de comprimento, seguida por canal rápido com 15,0 m de largura, aproximadamente 100 m de comprimento e declividade

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

longitudinal de 10%. A jusante, o sistema prosseguia por trecho de menor declividade e, posteriormente, por canal não revestido até sua restituição ao talvegue.

A capacidade da soleira foi determinada por meio de relação cota-descarga, considerando coeficiente de descarga de 1,55 e largura de 15,0 m. Para a El. 529,50 m, imediatamente superior ao nível máximo maximorum de El. 529,40 m obtido no trânsito de cheias, a capacidade calculada é de 221,94 m³/s, superior à vazão máxima defluente de 212,8 m³/s. Dessa forma, a soleira apresenta capacidade compatível com a passagem da vazão de projeto.

No canal rápido, a simulação para a vazão de 212,8 m³/s resultou em profundidade máxima de escoamento de aproximadamente 0,82 m, enquanto as paredes do canal apresentavam alturas variando entre 3,2 m e 4,7 m. Sob o aspecto de capacidade da seção, portanto, o canal apresentava folga suficiente para a condução da vazão de projeto. Entretanto, foi obtida velocidade de escoamento de 17,26 m/s, associada a número de Froude de 6,08, caracterizando escoamento em regime fortemente supercrítico e elevada energia específica.

Os resultados demonstram, portanto, que a questão identificada no sistema extravasor não estava associada à insuficiência de capacidade hidráulica da seção, mas às elevadas velocidades desenvolvidas ao longo do canal rápido e, conseqüentemente, às condições de dissipação da energia do escoamento.

Em razão dessa condição, o sistema extravasor encontra-se atualmente em processo de adequação, com a reformulação do canal de descarga para configuração em escadaria hidráulica. A intervenção tem como finalidade promover a dissipação progressiva da energia ao longo do percurso e reduzir as velocidades verificadas na configuração anterior.

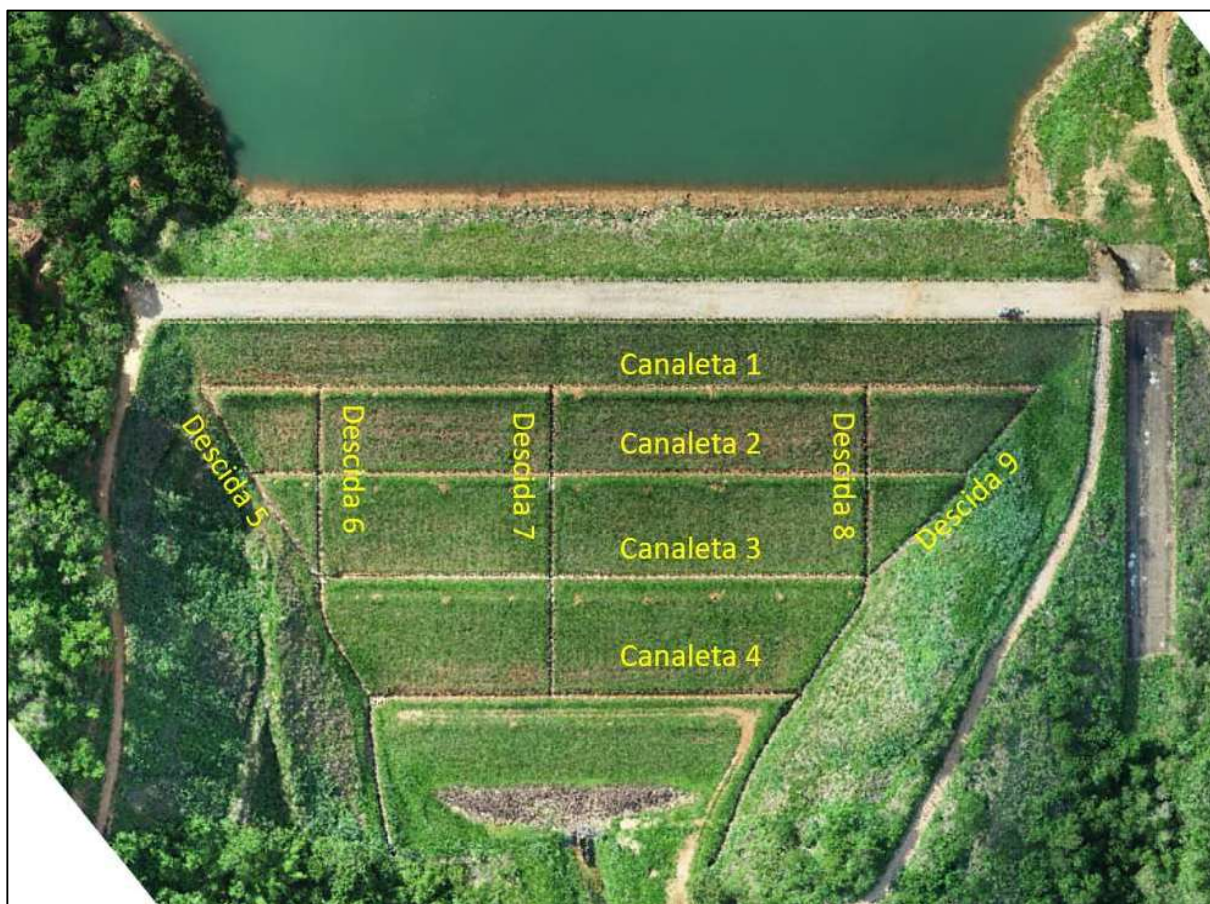
O projeto do novo extravasor foi alvo de verificação hidráulica que concluiu que a nova velocidade de escoamento atende às boas práticas de engenharia.

10.4. VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

A verificação hidráulica do sistema de drenagem superficial da Barragem Rancho Casca foi apresentada no estudo NG-04-EH-RC-RL-R1, contemplando as canaletas implantadas nas bermas e as respectivas descidas d'água. Para as análises foram consideradas as dimensões levantadas em campo e as áreas de contribuição associadas a cada trecho do sistema.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

**Figura 10.2 – Dispositivos de drenagem superficial avaliados**

As vazões de projeto foram determinadas considerando precipitação com duração de 15 minutos e período de retorno de 100 anos, tanto para as canaletas quanto para as descidas hidráulicas. As verificações foram realizadas com auxílio do SisCCoH 1.1, sendo avaliadas as profundidades de escoamento nas canaletas e, para as descidas d'água, também as velocidades desenvolvidas. O estudo adotou como referência velocidade máxima de 4,0 m/s para os dispositivos executados em concreto.

Os resultados indicaram necessidade de adequação em trecho da Canaleta 1, localizada na berm da El. 520 m, onde a profundidade disponível era insuficiente para a vazão de projeto, bem como nas descidas hidráulicas que apresentavam velocidades superiores ao limite adotado. As intervenções propostas tiveram, portanto, objetivos distintos: aumento da capacidade de condução no trecho da Canaleta 1 e redução das velocidades nas descidas d'água.

Conforme registrado no RISR referente ao primeiro semestre de 2026, as intervenções recomendadas foram finalizadas em outubro de 2024, incluindo a adequação da Canaleta 1 e a reconformação das descidas hidráulicas, com implantação de trechos em degraus destinados à

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

dissipação de energia. A Tabela 10.4 demonstra a verificação hidráulica das estruturas de drenagem.

Durante a inspeção realizada em fevereiro de 2026, o sistema de drenagem superficial encontrava-se limpo e em adequado estado de conservação, não tendo sido observadas condições indicativas de comprometimento de seu funcionamento.

Dessa forma, considera-se que as inadequações hidráulicas identificadas no estudo de 2023 foram objeto das intervenções corretivas previstas, encontrando-se atualmente o sistema de drenagem superficial em condições satisfatórias de conservação e funcionamento. Recomenda-se a continuidade das atividades rotineiras de inspeção e manutenção, especialmente quanto à limpeza dos dispositivos e à verificação de eventuais processos erosivos ou danos nas estruturas de dissipação.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 10.4 – Síntese da verificação hidráulica do sistema de drenagem superficial

	Área de contribuição	Área de drenagem (m ²)	Intensidade	Q de projeto (m ³ /s)	Base (m)	Declividade (m/m)	Prof. necessária (m)	Prof. real (m)
Canaleta 1								
Canal 1 - T1	A1	1.119,93	211,72	0,033	0,38	0,005	0,09	0,26
Canal 1 - T2	A2	942,12	211,72	0,028	0,41	0,0005	0,15	0,2
Canal 1 - T3	A3	830,62	211,72	0,024	0,41	0,0001	0,22	0,3
Canal 1 - T4	A4	968,98	211,72	0,029	0,41	0,0056	0,08	0,2
Canal 1 - T5	A5	1.407,03	211,72	0,041	0,41	0,0007	0,17	0,2
Canal 1 - T6	A6	1.566,35	211,72	0,046	0,41	0,0045	0,13	0,22
Canaleta 2								
Canal 2 - T8	A8	707,02	211,72	0,021	0,39	0,008	0,06	0,22
Canal 2 - T9	A9	1.779,65	211,72	0,052	0,39	0,002	0,15	0,23
Canal 2 - T10	A10	972,43	211,72	0,029	0,39	0,003	0,1	0,23
Canal 2 - T11	A11	1.421,69	211,72	0,042	0,39	0,001	0,16	0,23
Canal 2 - T12	A12	1.025,54	211,72	0,03	0,41	0,008	0,07	0,26
Canaleta 3								
Canal 3 - T16	A16	1.127,60	211,72	0,033	0,33	0,001	0,15	0,3
Canal 3 - T17	A17	977,36	211,72	0,029	0,33	0,0034	0,1	0,3
Canal 3 - T18	A18	1.145,63	211,72	0,034	0,33	0,001	0,15	0,3
Canal 3 - T19	A19	1.701,53	211,72	0,05	0,33	0,0002	0,29	0,3

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

	Área de contribuição	Área de drenagem (m ²)	Intensidade	Q de projeto (m ³ /s)	Base (m)	Declividade (m/m)	Prof. necessária (m)	Prof. real (m)
Canaleta 4								
Canal 4 - T23	A23	1.133,09	211,72	0,033	0,49	0,0002	0,2	0,51
Canal 4 - T24	A24	1.105,26	211,72	0,033	0,49	0,0001	0,24	0,51
Canal 4 - T25	A24 + A25	4.071,88	211,72	0,12	0,49	0,0026	0,2	0,51
Descida d' água 5								
Canal 5 - T7	A7	893,67	211,72	0,026	0,32	0,3388	0,02	0,27
Canal 5 - T14	A7 + A14 + A15	2.620,56	211,72	0,077	0,32	0,2736	0,05	0,3
Canal 5 - T22	A7 + A14 + A15 + A16 + A22	5.856,08	211,72	0,172	0,38	0,2564	0,08	0,46
Canal 5 - T27	A7 + A14 + A16 + A22 + A23 + A27	9.496,65	211,72	0,279	0,55	0,1095	0,1	0,47
Descida d' água 6								
Canal 6 - T1	A1 + A2	2.062,05	211,72	0,061	0,41	0,4108	0,03	0,41
Canal 6 - T2	A1 + A2 + A8	2.769,07	211,72	0,081	0,39	0,3401	0,04	0,39
Descida d' água 7								
Canal 7 - T1	A3 + A4	1.799,60	211,72	0,053	0,43	0,4098	0,03	0,42
Canal 7 - T2	A3 + A4 + A9 + A10	4.551,68	211,72	0,134	0,4	0,3407	0,06	0,45

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

	Área de contribuição	Área de drenagem (m ²)	Intensidade	Q de projeto (m ³ /s)	Base (m)	Declividade (m/m)	Prof. necessária (m)	Prof. real (m)
Canal 7 - T3	A3 + A4 + A9 + A10 + A17 + A18	6.674,67	211,72	0,196	0,4	0,2949	0,08	0,45
Descida d' água 8								
Canal 8 - T1	A5 + A6	2.973,38	211,72	0,088	0,42	0,4098	0,04	0,37
Canal 8 - T2	A5 + A6 + A11 + A12	5.420,62	211,72	0,16	0,39	0,3426	0,06	0,38
Descida d' água 9								
Canal 9 - T13	A13	783,04	211,72	0,023	0,31	0,2989	0,02	0,27
Canal 9 - T21	A13 + A20 + A21	2.554,98	211,72	0,075	0,3	0,236	0,05	0,28
Canal 9 - T26	A13 + A20 + A21 + A26	4.303,10	211,72	0,127	0,43	0,243	0,06	0,44
Canal 9 - T28	A13 + A20 + A21 + A24 + A25 + A26 + A28	10.723,53	211,72	0,316	0,48	0,0973	0,12	0,51

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

10.5. CONCLUSÃO SOBRE A VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA

A avaliação dos estudos hidrológicos e hidráulicos disponíveis para a Barragem Rancho Casca indica que a estrutura apresenta condições satisfatórias quanto ao trânsito da cheia de projeto. Para o evento associado ao TR de 10.000 anos, adotado como condição hidrológica crítica, o trânsito de cheias resultou em nível máximo maximorum na El. 529,40 m e vazão máxima defluente de 212,8 m³/s.

A deficiência de borda livre identificada na configuração avaliada em 2023 foi posteriormente tratada mediante a implantação de mureta de concreto na crista da barragem. Considerando a cota de proteção atual na El. 531,30 m, obtém-se borda livre de aproximadamente 1,90 m para o nível máximo maximorum, permanecendo ainda cerca de 1,48 m de borda livre remanescente após a consideração da onda habitual de 0,42 m associada ao cenário de cheia de projeto. Para a condição de operação normal associada ao vento excepcional, a amplitude de onda estimada em 0,88 m também é acomodada com ampla margem.

Quanto ao sistema extravasor, as verificações demonstram que sua seção apresenta capacidade suficiente para condução da vazão máxima defluente, não sendo identificada deficiência relacionada à capacidade de descarga. Entretanto, a configuração avaliada no estudo de 2023 resultou em velocidade de até 17,26 m/s no canal rápido, caracterizando condição de elevada energia do escoamento. Atualmente, encontra-se em execução a adequação do sistema extravasor, com sua reformulação em configuração de escadaria hidráulica, destinada à dissipação de energia e redução das velocidades de escoamento.

Em relação ao sistema de drenagem superficial, as inadequações anteriormente identificadas na Canaleta 1 e nas descidas hidráulicas foram objeto de intervenções corretivas, concluídas em outubro de 2024. As inspeções mais recentes indicam que os dispositivos se encontram limpos e em adequado estado de conservação.

Diante do exposto, considera-se que a Barragem Rancho Casca apresenta condições satisfatórias de segurança hidráulica, tendo sido executadas intervenções para tratamento das deficiências identificadas nos estudos anteriores. Ressalta-se, contudo, que as obras de adequação do sistema extravasor ainda se encontram em andamento, devendo sua conclusão ser acompanhada da verificação da conformidade da solução executada com o projeto e das condições hidráulicas previstas para a configuração definitiva.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

11. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS/REJEITOS

11.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS REJEITOS

De acordo com o Dam Break os ensaios realizados e as especificações da NBR 10.004 – Classificação de Resíduos Sólidos de 31/05/2004, o rejeito armazenado na Barragem Rancho Casca foi classificado como Resíduo Classe II A (resíduo não inerte) – conforme o Boletim Analítico 120195/2018, de autoria da ALS.

11.2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS REJEITOS

A Figura 11.1 ilustra a localização dos pontos de execução de coleta de amostras e ensaios *in situ* realizados para caracterização dos rejeitos armazenados na Barragem Rancho Casca.

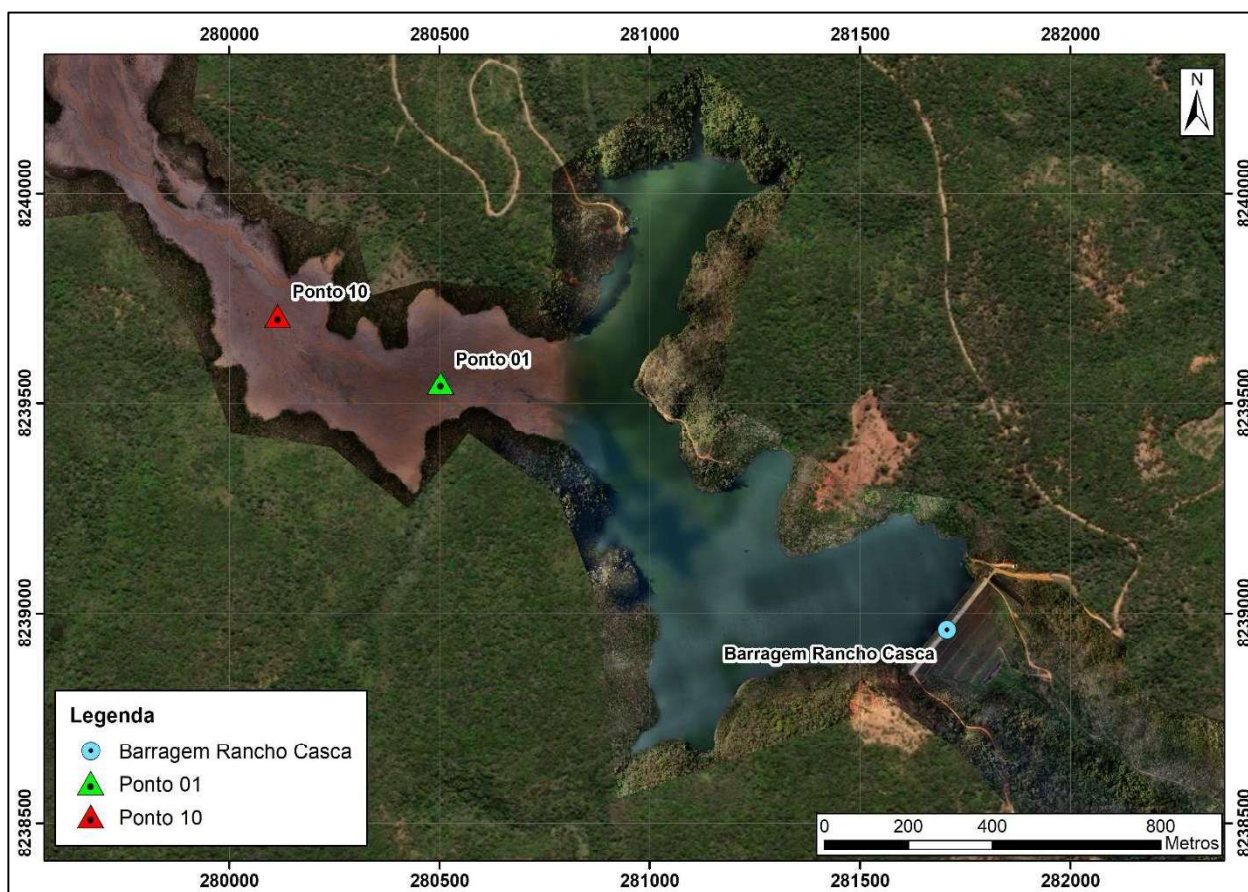


Figura 11.1 – Indicação dos Pontos de Execução dos Ensaios – Barragem Rancho Casca

Os resultados dos ensaios de caracterização realizados pela CEAG – Ensaios Geotécnicos, cujos relatórios foram emitidos em agosto de 2024, constando os registros C-5579 para a amostra

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

coletada no Ponto 01 e C-580 para a amostra coletada no Ponto 10, encontram-se resumidos nas Tabela 11.1 e Tabela 11.2.

Tabela 11.1 – Resumo dos Resultados dos Ensaios de Granulometria

AMOSTRA	Granulometria					Pedregulho
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Média	Grossa	
Ponto 01 – C-579	6,68	25,60	26,72	40,31	0,69	0,00
Ponto 10 – C-580	7,89	31,78	30,05	29,73	0,55	0,00

Tabela 11.2 – Resumo dos Resultados dos Ensaios de Plasticidade e Massa Específica

AMOSTRA	Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Massa Esp. Sólidos (g/cm³)
Ponto 01 C-579	NL	NP	NP	2,764
Ponto 10 C-580	NL	NP	NP	2,746

Foram realizados, nos dois locais já mencionados do reservatório da Barragem Rancho Casca os ensaios de densidade in situ dos rejeitos, pela Geomaster Engenharia de Solos Ltda, utilizando frasco de areia. Em cada um dos locais foram executados 3 ensaios. Os resultados estão apresentados nas Tabela 11.3.

Tabela 11.3 – Resultados dos Ensaios *In Situ*

(Fonte: Adaptado de Geomaster, 2024)

Ponto de Coleta	Amostra	Densidade Úmida	Densidade Seca	Teor de unidade
Ponto 01 C-579	PI-01 A	1,84	1,68	9,3
	PI-01 B	1,66	1,54	8,2
	PI-01 C*	3,45	3,15	9,5
Ponto 10 C-580	PI-10 A	1,81	1,48	22,6
	PI-10 B	1,68	1,36	23,7
	PI-10 C	1,70	1,44	18,1

Os resultados de densidade realizados com a amostra PI-01 C foram desconsiderados na análise.

Ressalta-se que a Barragem Rancho Casca recebeu rejeitos de mesma natureza que a Barragem Marçu, provenientes da Unidade Pedra Azul, não tendo sido identificadas modificações relevantes no processo de beneficiamento que justifiquem diferenciação quanto à origem dos materiais depositados. O RPSB da Barragem Rancho Casca registra, inclusive, que os materiais de rejeito das duas estruturas são considerados equivalentes para fins de caracterização geotécnica. Dessa forma, para a análise do comportamento geotécnico dos rejeitos, também foram utilizados os resultados das investigações dos rejeitos da Barragem Marçu, resumidos a seguir.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Em 2018, foram coletadas amostras indeformadas tipo “Shelby” (F-02 e F-03) na praia de rejeitos da Barragem Marçu juntamente com amostras deformadas (AD-01, AD-02, AD-03, AD-04, AD-05) que também foram encaminhadas para laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa (LMS/DEC/UFV), obtendo-se resultados apresentados na Tabela 11.4 e na Tabela 11.5.

Cabe ressaltar que as amostras de AD-01 a AD-03 foram coletadas próximo à crista da barragem, enquanto as amostras AD-04 e AD-05 foram coletadas na porção montante do reservatório.

Tabela 11.4 – Resultados dos ensaios de caracterização das amostras do maciço

Amostra	GRANULOMETRIA				DENSIDADE REAL DOS GRÃOS (g/cm³)
	Argila %	Silte %	Areia %	Pedregulho %	
F-02	37.0	59.5	3.5	0.0	2.786
F-03	33.0	54.7	12.3	0.0	2.753
AD-01	35.0	56.5	8.5	0.0	2.770
AD-02	33.0	59.3	7.7	0.0	2.751
AD-03	28.0	61.2	10.8	0.0	2.769
AD-04	14.0	39.1	46.9	0.0	2.748
AD-05	11.0	35.1	53.9	0.0	2.759

Tabela 11.5 – Resultados dos ensaios de triaxiais das amostras do rejeito

ENSAIO TRIAXIAL – UU e CU				
Amostra	C (kPa)	Φ (°)	C' (kPa)	Φ' (°)
F-02	41	0	-	-
F-03	28	0	-	-
AD-01	7	17	11	31

Das sondagens realizadas na mesma campanha, os furos SP-03, SP-04, SP-05, SP-06, SP-07 e SP-09 perfuraram as camadas de rejeitos armazenados no reservatório da Barragem Marçu. Os valores de NSPT registrados aumentam com a profundidade, entretanto, há uma tendência para valores médios da ordem de 4 golpes nos primeiros 4 metros de profundidade.

Por entender que os valores dos ensaios triaxiais são pouco representativos dos rejeitos, optou-se por estimar os parâmetros de resistência desse material considerando os valores de NSPT, como medida conservadora.

No projeto de descaracterização, CAR-E-PM-RE-001-0, abril/2019, as características dos rejeitos são descritas na Tabela 11.6.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 11.6 - Características dos rejeitos

Densidade seca:	1,4 t/m ³
Granulometria:	Argila siltosa, com pequena proporção de areia muito fina.
Consistência:	Nspt entre 3 e 5 golpes (mole a muito mole).
Permeabilidade:	Entre 1*10 ⁻⁵ cm/s e 1*10 ⁻⁶ cm/s.
Densidade natural:	16 kN/m ³
Resistência mecânica:	$c' = 9 \text{ kPa}$; $\varphi' = 24^\circ$
Suscetibilidade à liquefação:	Não é suscetível por ser material argiloso. (reconhecimento tátil-visual)

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

12. MODOS DE FALHAS

A avaliação dos modos de falha da Barragem Rancho Casca considerou os principais mecanismos potencialmente aplicáveis às características da estrutura, de sua fundação e de seu reservatório. Foram analisados os cenários associados a galgamento, erosão interna, instabilidade estática e liquefação, considerando as condições de projeto, o comportamento observado da barragem e os resultados dos estudos técnicos disponíveis. A síntese da avaliação é apresentada na Tabela 12.1.

Tabela 12.1 – Identificação dos modos de falha

MODO DE FALHA	COMPONENTE AFETADO	ANÁLISE DA BARRAGEM RANCHO CASCA
Galgamento	Maciço	O sistema extravasor da barragem apresenta capacidade hidráulica para condução da vazão de projeto associada ao evento de TR = 10.000 anos, adotado como evento hidrológico crítico. Além disso, não se identificou riscos de deslizamento de encostas no entorno do reservatório. As estruturas de lançamento ou captação de lama ou água, assim como os demais elementos, contam com uma gestão de riscos cuidadosa. Mesmo assim, conforme recomendado pelo ICOLD, a análise considerou a remota possibilidade de erosão ou bloqueio do vertedouro, deformação da crista devido a recalque ou instabilidade, erro humano ou sabotagem.
Erosão Interna	Maciço / Fundação	O projeto e a construção do maciço obedeceram aos requisitos de drenagem interna, contando com as transições requeridas nas normas. O monitoramento demonstra não haver gradientes hidráulicos inadequados e não existem tubulações atravessando maciço ou fundação. Além disso, não há indícios de má distribuição de tensões dentro da barragem, causando recalques diferenciais. Tampouco foram identificadas características na fundação que possam causar erosão interna. Por último, o local da barragem não está sujeito a sismos relevantes. Por força da legislação, este passa a ser um cenário crível, tendo em vista que não se pode considerar a condição de "risco zero" de colmatção do sistema de drenagem interna.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

MODO DE FALHA	COMPONENTE AFETADO	ANÁLISE DA BARRAGEM RANCHO CASCA
Instabilidade Estática	Maciço / Fundação	Os planos de investigação realizados foram satisfatórios para o conhecimento dos diversos materiais que compõem a fundação e o maciço. A posição do nível d'água nas seções analisadas está bem fundamentada. As análises de estabilidade elaboradas para avaliação de segurança da barragem chegaram a fatores de segurança adequados, conforme a norma preconiza, tendo sido simuladas as condições de carregamento necessárias, incluindo a pseudo-estática. Caso ainda ocorra uma falha por este mecanismo, a ruptura iria se desenvolver no final por uma combinação de galgamento e/ou piping, estando esses dois cenários simulados neste estudo.
Liquefação	Maciço / Fundação	Não foi identificada presença de materiais susceptíveis à liquefação (solo de comportamento contrátil, saturado e não coesivo) seja na fundação ou seja no maciço. Dessa forma, este não é um modo crível de falha para a barragem.

O galgamento foi considerado como modo de falha potencial, embora as avaliações hidrológicas e hidráulicas indiquem capacidade do sistema extravasor para condução da cheia de projeto e disponibilidade de borda livre compatível com os níveis máximos previstos. A implantação da mureta de concreto na crista proporcionou ainda aumento da proteção contra galgamento. Ressalta-se que o sistema extravasor encontra-se atualmente em processo de adequação, com reformulação do canal de descarga em escadaria hidráulica, intervenção relacionada principalmente à dissipação de energia e redução das velocidades de escoamento.

A erosão interna foi considerada em razão de sua relevância para barragens de aterro, particularmente em situações associadas ao desenvolvimento de gradientes hidráulicos elevados, deficiência dos sistemas de drenagem ou formação de caminhos preferenciais de percolação. Para a Barragem Rancho Casca, entretanto, o comportamento da instrumentação e dos dispositivos de drenagem não evidencia, nas condições atualmente observadas, indícios de desenvolvimento desse mecanismo. Não foram identificados carregamento de sólidos pelos drenos, surgências anômalas ou comportamento piezométrico indicativo de alteração relevante da superfície freática.

Quanto à instabilidade estática, os estudos geotécnicos disponíveis contemplam as condições de carregamento consideradas aplicáveis à estrutura, tendo apresentado fatores de segurança compatíveis com os critérios adotados. Adicionalmente, o acompanhamento da barragem não

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

evidencia deformações ou deslocamentos indicativos de desenvolvimento de processos de instabilização do maciço ou da fundação. Esse mecanismo permanece, contudo, aplicável como cenário potencial de falha e deve continuar sendo acompanhado por meio das inspeções e do monitoramento geotécnico.

A liquefação não foi identificada como mecanismo crítico para a Barragem Rancho Casca, considerando as características dos materiais que constituem o maciço e sua fundação. Conforme a avaliação apresentada, não foi identificada presença de materiais suscetíveis à liquefação, caracterizados pela associação entre comportamento contrátil, saturação e estado de baixa compacidade.

De forma geral, a análise dos modos de falha não identificou, nas condições atuais, evidências de mecanismos em desenvolvimento capazes de comprometer a segurança da Barragem Rancho Casca. Os cenários avaliados devem, entretanto, permanecer incorporados à gestão de riscos da estrutura, uma vez que representam mecanismos potenciais cuja evolução depende das condições hidráulicas, geotécnicas e operacionais da barragem. A continuidade das atividades de inspeção, instrumentação, manutenção e acompanhamento das intervenções em andamento constitui, portanto, elemento fundamental para a identificação tempestiva de eventuais alterações no comportamento da estrutura.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

13. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

O presente tópico tem como objetivo avaliar as condições de estabilidade da Barragem Rancho Casca.

Para este estudo, foram avaliadas condições de ruptura global e entre bermas, em conformidade com os critérios de estabilidade previstos na NBR 13.028:2025 e requisitados no Termo de Referência da FEAM.

13.1. METODOLOGIA APLICADA

As análises de estabilidade foram realizadas no *software* Slide2, adotando os métodos de Morgenstern-Price e Spencer, adequados para a avaliação de superfícies de ruptura não circulares, além do método de Sarma, conforme recomendam as boas práticas de engenharia para taludes complexos. Para fins de emissão da Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), utilizou-se o método que resultou o valor de fator de segurança mais conservador.

O critério de resistência ao cisalhamento utilizado foi o de Mohr-Coulomb, enquanto, para os métodos de rupturas, foram analisadas as rupturas circulares e não circulares.

A análise de estabilidade na condição de rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório foi realizada considerando a manutenção das poropressões no corpo do aterro durante o processo de rebaixamento, condição que pode resultar na redução das tensões efetivas e, consequentemente, da resistência ao cisalhamento do maciço, tornando potencialmente crítica a estabilidade do talude de montante. A análise foi realizada considerando o critério de resistência de Mohr-Coulomb em termos de tensões efetivas, associado à geração de poropressões por meio do B-bar, com o N.A. na condição operacional como condição hidráulica inicial. Foram empregados os métodos de equilíbrio limite Morgenstern-Price, Spencer e Bishop Simplificado para a determinação dos fatores de segurança.

13.2. PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA ADOTADOS

A base para definição dos parâmetros de resistência está detalhada no item 5.2.5. Em resumo, os parâmetros adotados para os materiais da fundação e maciço estão descritos na Tabela 13.1.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Tabela 13.1 – Parâmetros geotécnicos utilizados nas análises de estabilidade

Material	γ [kN/m ³]	TESÕES EFETIVAS		Justificativa
		c' [kPa]	ϕ' [°]	
Aterro	20	11	28	Ensaio triaxiais realizados. Amostras PI-103, PI-111, SR02-22, SR03-22, SR04-22
Drenagem interna	20	0	32	Referência bibliográfica
Enrocamento	21	0	40	Referência bibliográfica
Solo Residual	19	15	32	Ensaio triaxiais realizados. Amostras PI-01, PI-111, SR05-22, SR06-22, SR06-22
Gnaíse	21	100	45	Referência bibliográfica

c – coesão, ϕ – ângulo de atrito; γ – peso específico natural

13.3. SEÇÕES REPRESENTATIVAS

As seções de análises de estabilidade foram estrategicamente selecionadas para representar fidedignamente a condição de estabilidade da barragem. Considerou-se fatores como: altura máxima da barragem, interação com a fundação e ombreiras, nível d'água, condições de percolação dados de auscultação e parâmetros geotécnicos obtidos nos estudos prévios.

A posição das seções para as análises de estabilidade está demonstrada na Figura 5.9. Foram selecionadas três seções priorizando a maior altura da barragem e a localização dos instrumentos, representadas na Figura 5.10 (Seção A-A'), na Figura 5.11 (Seção C-C') e na Figura 5.12 (Seção F-F').

13.4. LINHA FREÁTICA

Para a definição da posição da linha freática adotada nas análises de estabilidade, foi utilizado como condição de referência o histórico de leituras dos instrumentos instalados na Barragem Rancho Casca, sendo:

- Para o cenário que representa as condições normais de operação, adotou-se as leituras atuais dos instrumentos, incluindo a Régua Limnimétrica.
- Para a condição extrema, adotou-se as maiores leituras já registradas, bem como o reservatório no seu nível máximo (EL. da soleira do vertedouro).
- Para o rebaixamento rápido, considerou-se o esvaziamento total do reservatório, sem dissipação das poropressões.

*A condição extrema **não representa o comportamento esperado da barragem**, mas sim uma situação hipotética e extrema, destinada a avaliar o fator de segurança sob um cenário desfavorável, garantindo que a estrutura apresente desempenho satisfatório mesmo em condições excepcionais.*

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

13.5. CENÁRIOS E FATORES DE SEGURANÇA ADMISSÍVEIS

Os cenários analisados definindo as fases ou condições de carregamento encontram-se resumidos na Tabela 13.2, estando os Fatores de Segurança Mínimos admissíveis em conformidade com a NBR 13.0128/2025.

Para todos as seções, simulou-se os cenários representando a condição normal, extrema, rebaixamento rápido e com solicitação sísmica.

A condição não drenada é intrínseca a um determinado tipo de material (granulometria, índice de vazios, permeabilidade, saturação, etc.), quando exposto a uma solicitação ou carregamento rápido, caracterizado, por exemplo, por alteamentos ou elevações da freática interna.

Tabela 13.2 - Cenários e Fatores de Segurança Mínimos Admissíveis

FASE OU CONDIÇÃO	RUPTURA	TALUDE	FS MÍNIMO	APLICAÇÃO
Operação com rede de fluxo em condição extrema de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1,3	Sim
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5	Sim
		Entre bermas	1,3	
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório	Maciço	Montante	1.1	Sim
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e Jusante	1.1	Sim

A condição **final de construção** não é aplicável a essa barragem pela idade de sua implantação.

A condição de **operação normal com nível d'água máximo**, na prática, é representada de forma muito próxima da condição "normal", em termos de regime de fluxo, gerando uma duplicidade de cenários.

Por fim, o modo de falha **por liquefação** não é um modo crível para essa barragem (ver item 12 deste relatório), o que torna não aplicável essa condição de análise de estabilidade.

13.6. RESULTADOS

Na sequência representada da Figura 13.1 até a Figura 13.24 se encontram os resultados das análises de estabilidade da Barragem Rancho Casca, para os diferentes cenários analisados e descritos anteriormente.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Na Tabela 13.3 estão os resultados das análises de estabilidade realizadas. Conforme pode ser verificado, em todos os casos, os fatores de segurança obtidos estão dentro dos limites aceitáveis estipulados.

Tabela 13.3 – Resultados das análises de estabilidade

Cenário	Seção	Circular			Não Circular		
		Spencer	GLE/M-P	Sarma	Spencer	GLE/M-P	Sarma
Condição normal	A-A'	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
Condição extrema de operação, nível máximo do NA		1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Solicitação sísmica, na condição extrema de operação		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Condição normal	C-C'	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Condição extrema de operação, nível máximo do NA		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Solicitação sísmica, na condição extrema de operação		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Condição normal	F-F'	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
Condição extrema de operação, nível máximo do NA		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Solicitação sísmica, na condição extrema de operação		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Notas:

- (1) Os valores destacados são os mínimos obtidos pelos métodos Spencer, GLE/Morgenstern-Price e Sarma.
- (2) A utilização de uma casa decimal está de acordo com a ABNT NBR 13.028:2025.
- (3) As análises de estabilidade do rebaixamento rápido considerando os métodos Spencer, GLE/Morgenstern-Price e Bishop.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

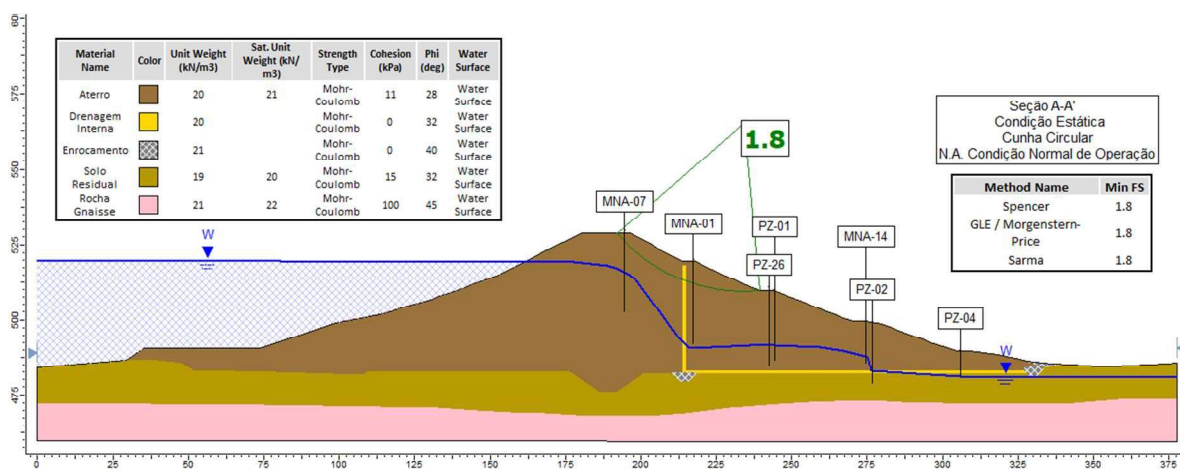


Figura 13.1 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura circular

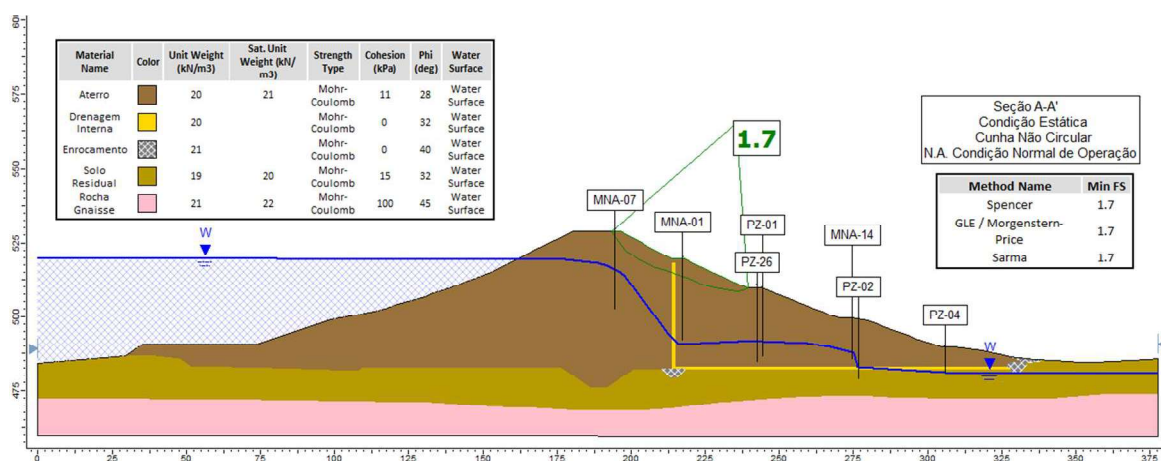


Figura 13.2 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura não circular

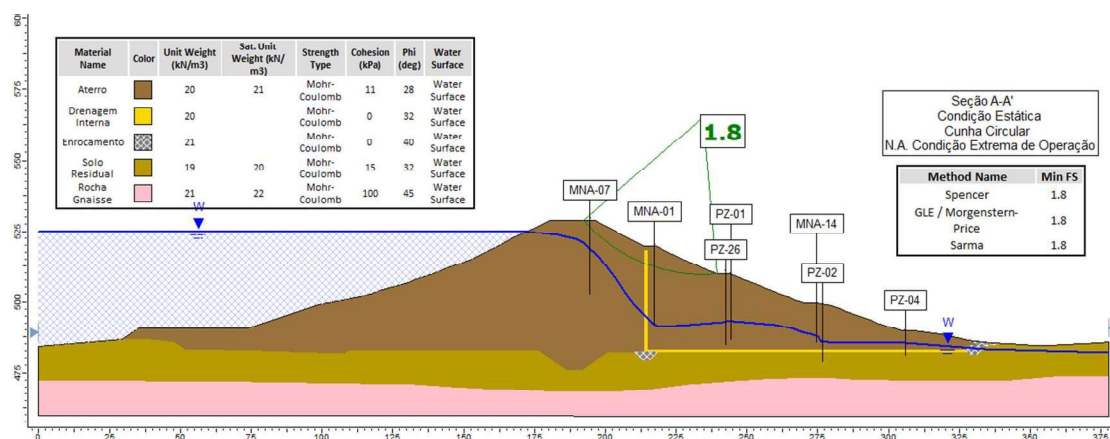


Figura 13.3 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

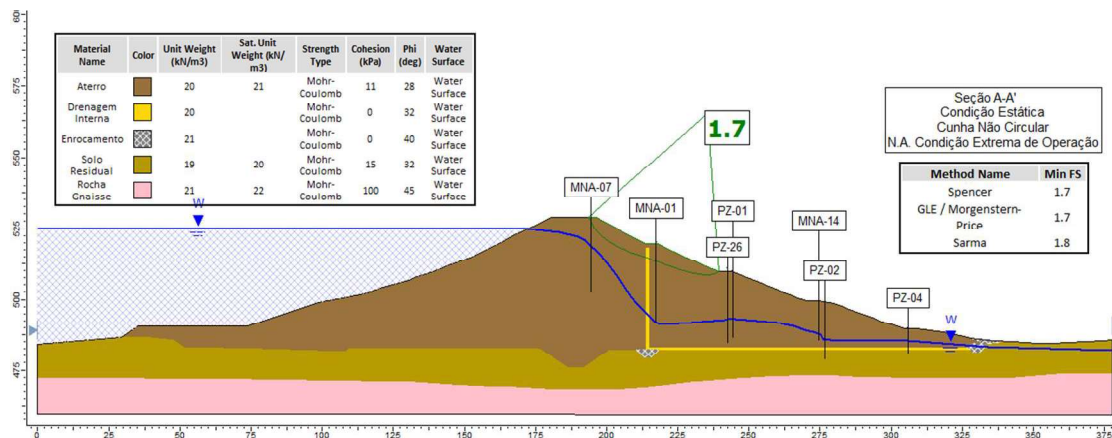


Figura 13.4 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura não circular

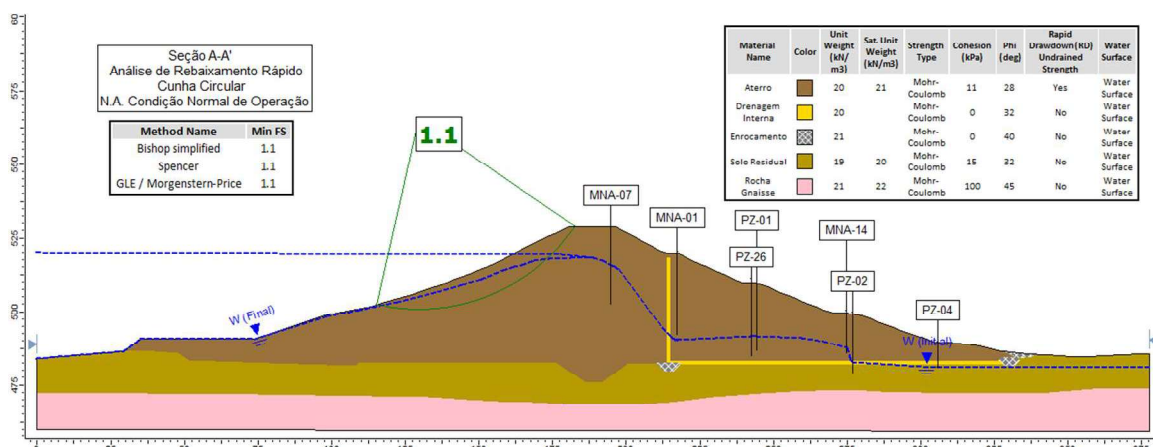


Figura 13.5 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura circular

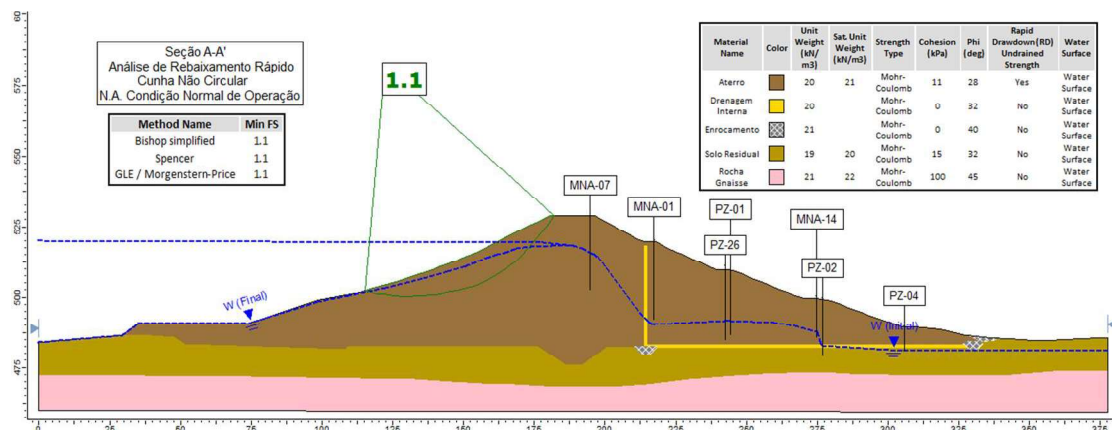


Figura 13.6 – Análise de estabilidade da seção A-A' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura não circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

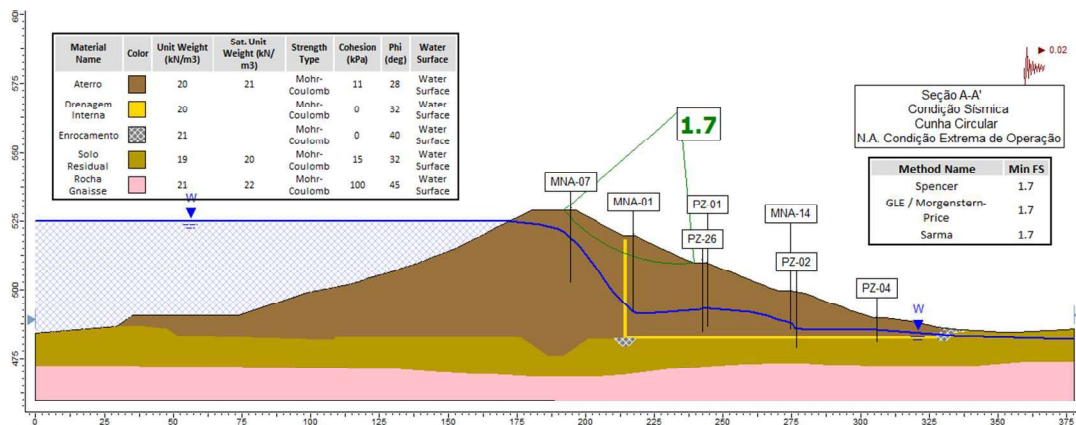


Figura 13.7 – Análise de estabilidade da seção A-A' sob condição sísmica, na condição extrema de operação, considerando superfície de ruptura circular

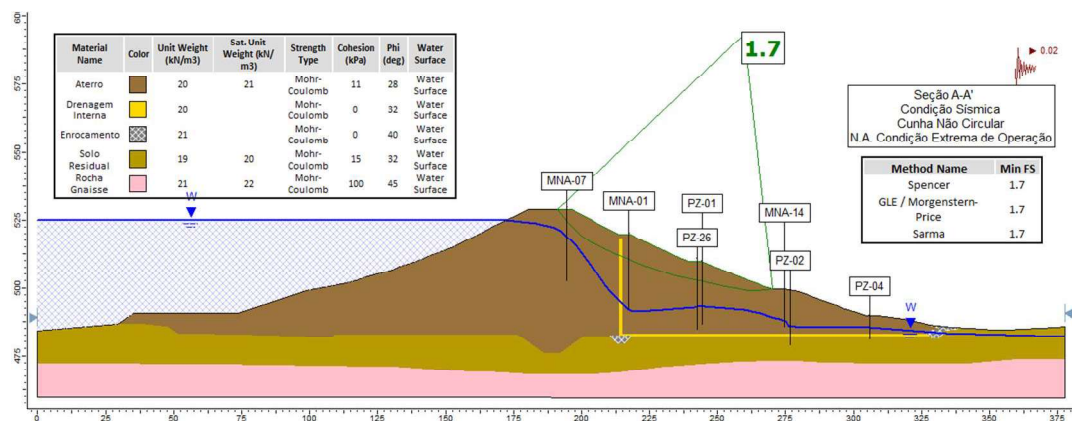


Figura 13.8 – Análise de estabilidade da seção A-A' sob condição sísmica, na condição extrema de operação, considerando superfície de ruptura não circular

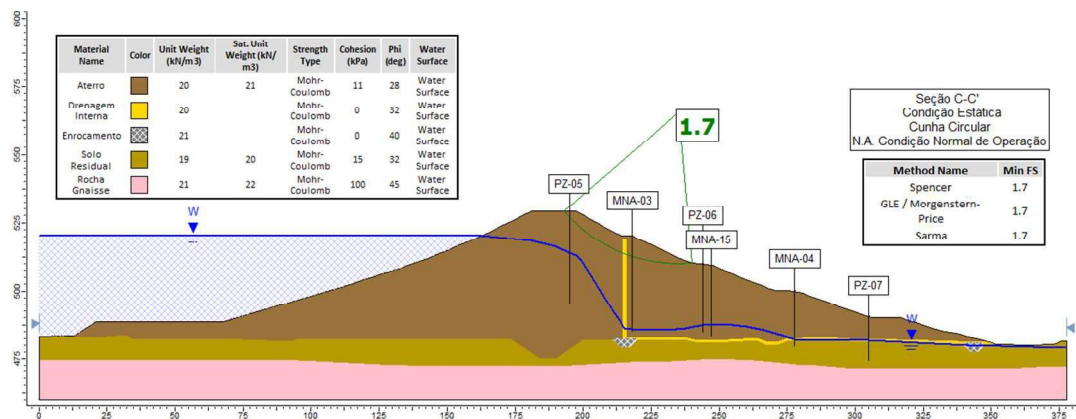


Figura 13.9 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

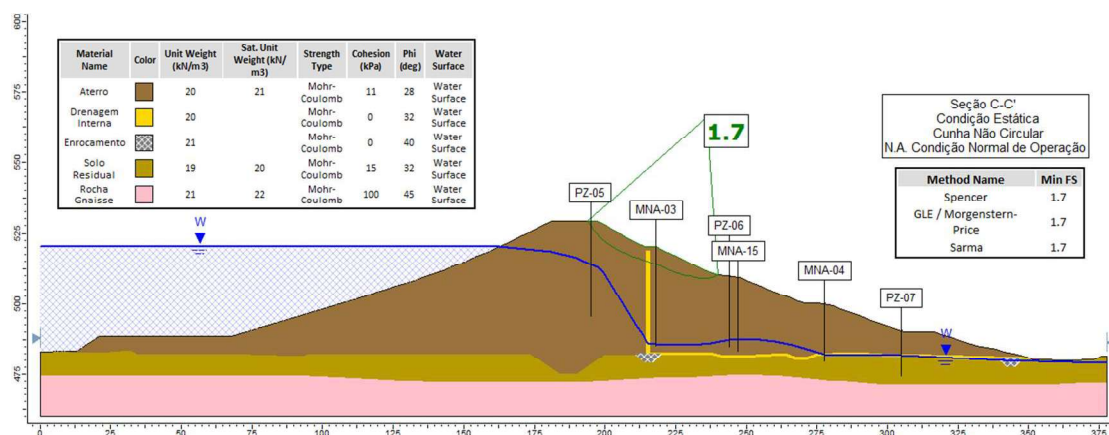


Figura 13.10 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura não circular

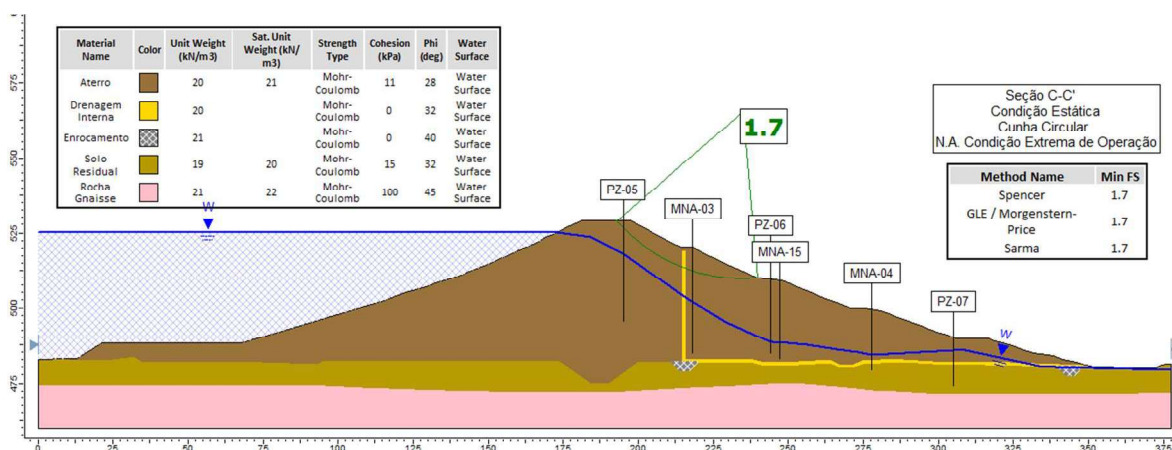


Figura 13.11 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura circular

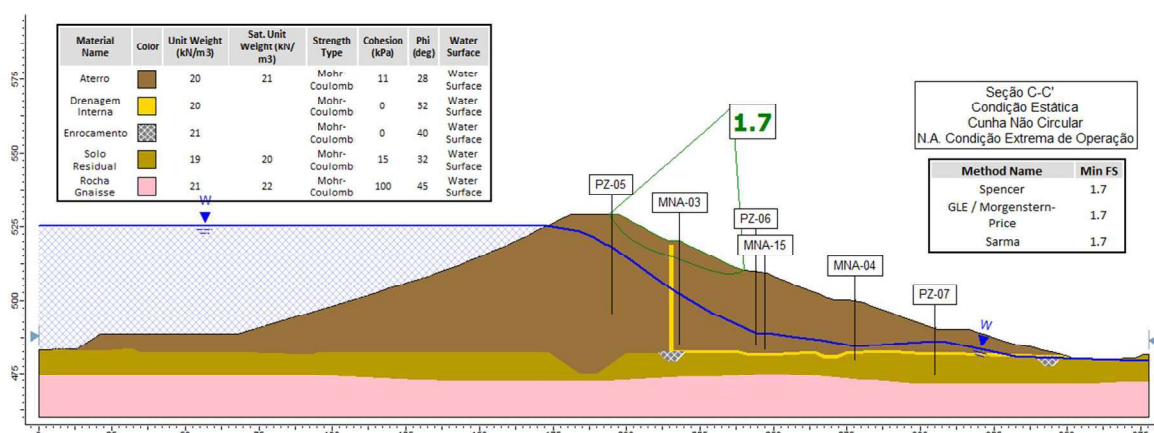


Figura 13.12 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura não circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

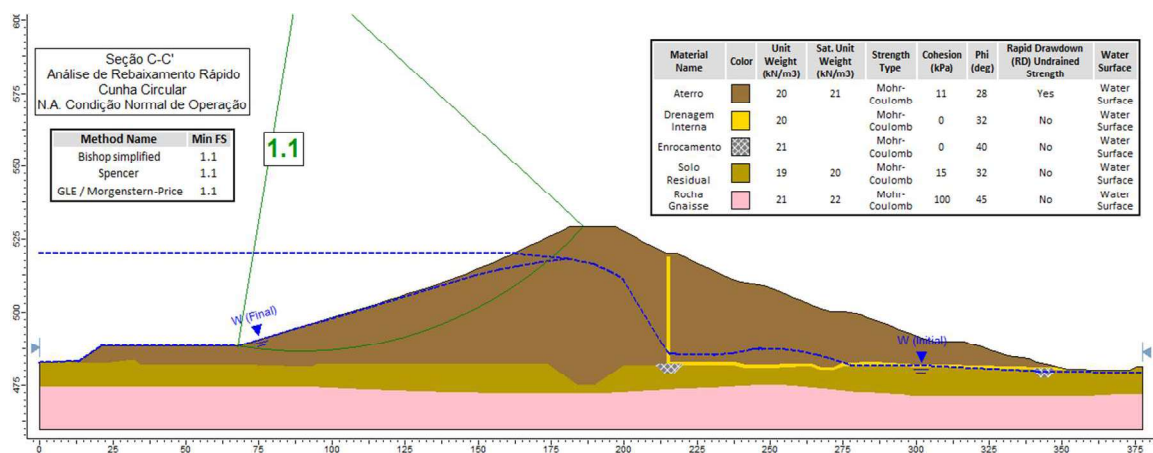


Figura 13.13 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura circular

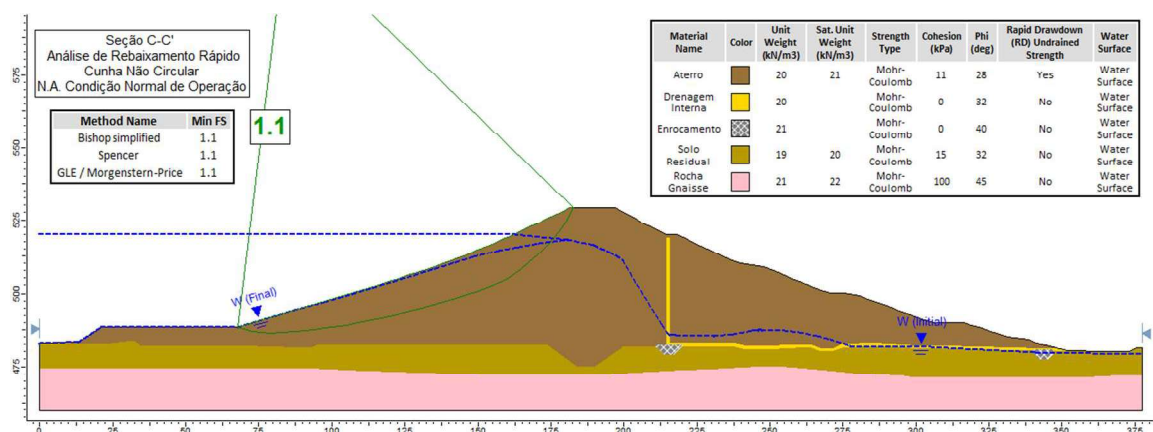


Figura 13.14 – Análise de estabilidade da seção C-C' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura não circular

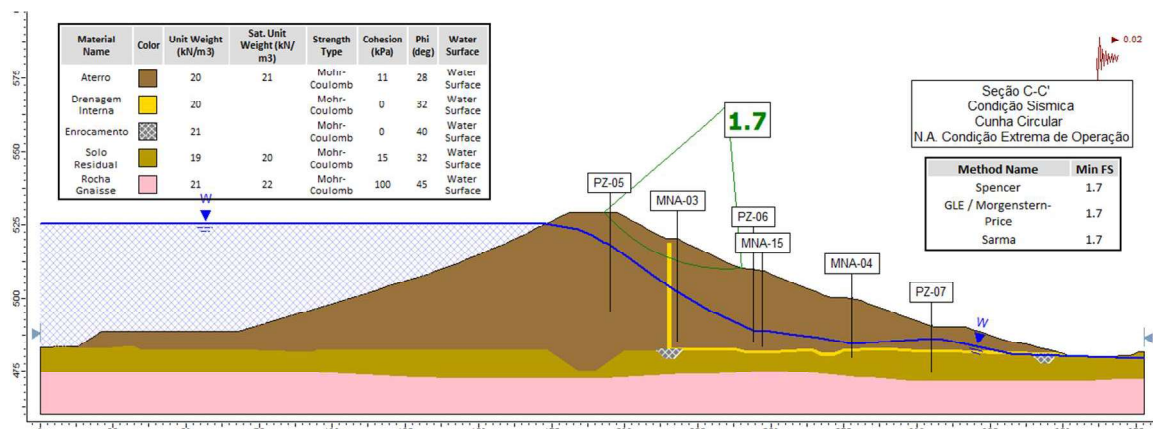


Figura 13.15 – Análise de estabilidade da seção C-C' sob condição sísmica, considerando superfície de ruptura circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

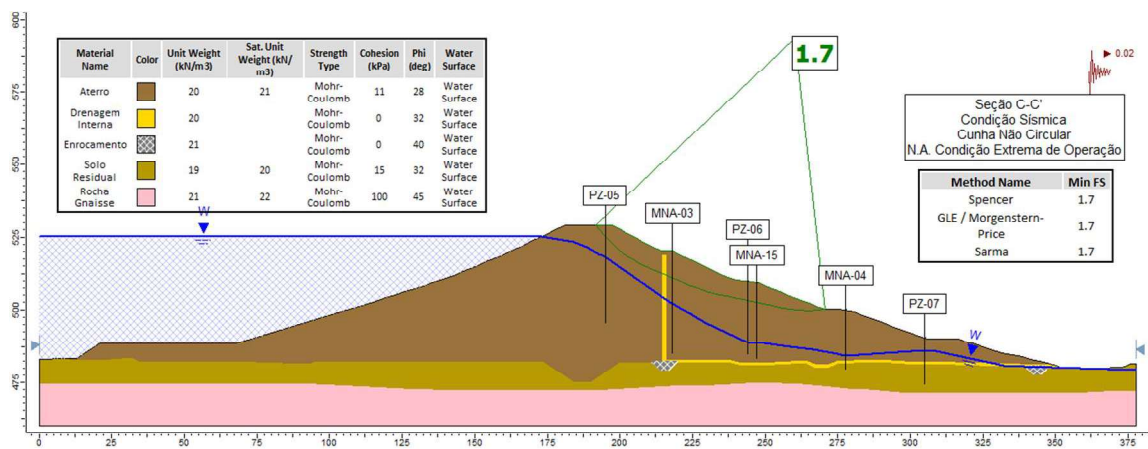


Figura 13.16 – Análise de estabilidade da seção C-C' sob condição sísmica, considerando superfície de ruptura não circular

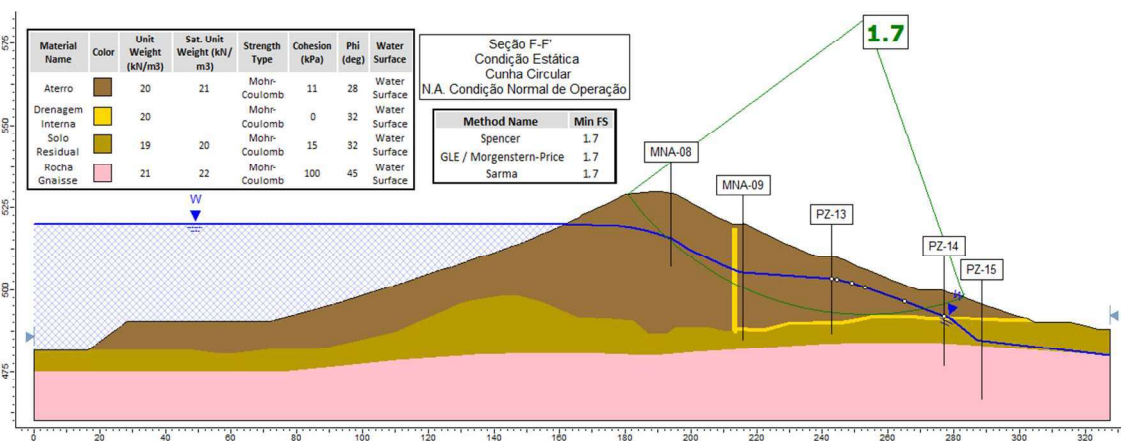


Figura 13.17 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura circular

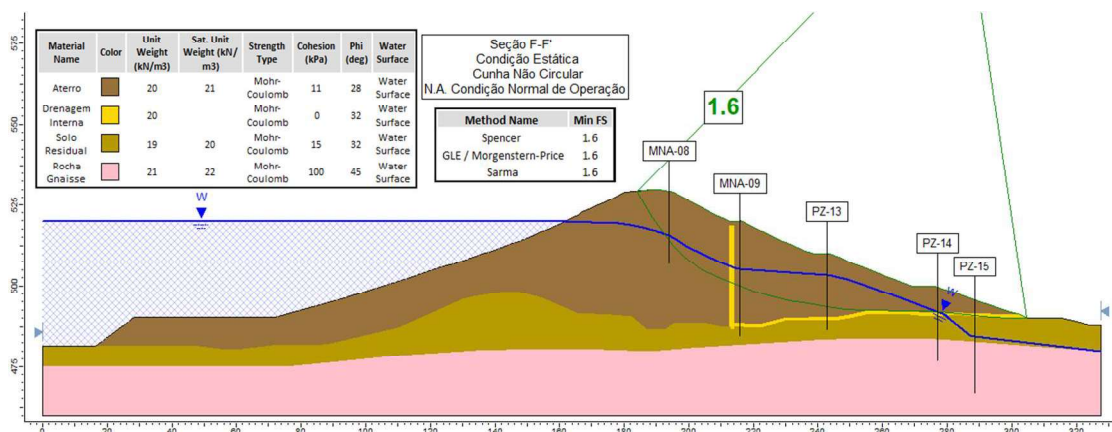


Figura 13.18 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição normal de operação, considerando superfície de ruptura não circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

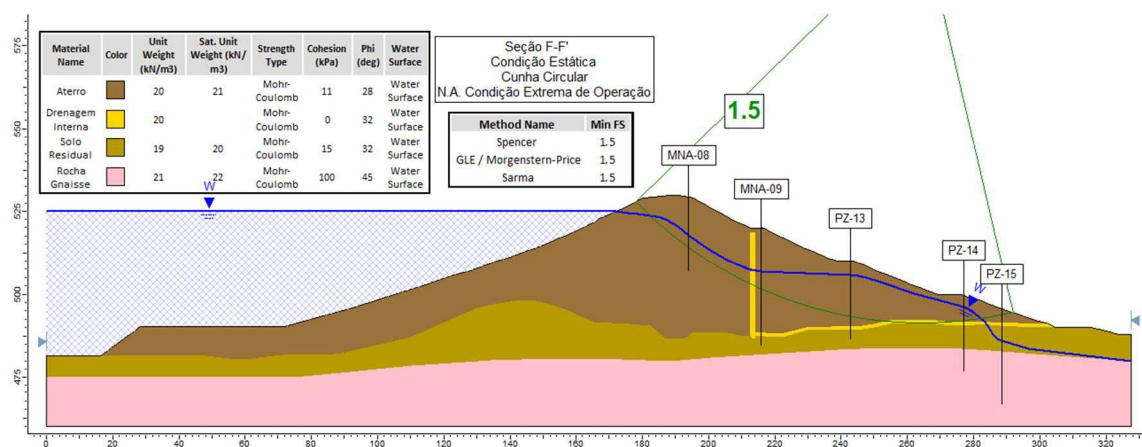


Figura 13.19 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura circular

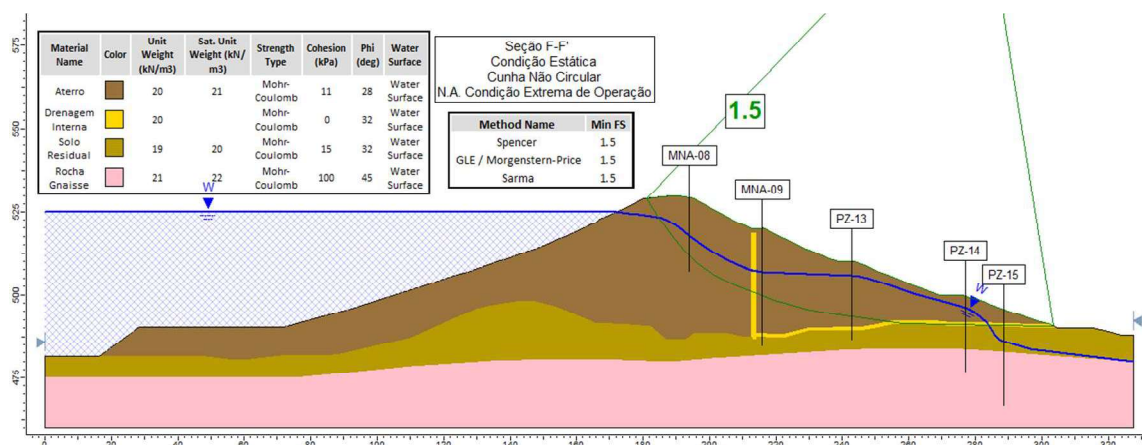


Figura 13.20 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição extrema de operação, com nível máximo do NA, considerando superfície de ruptura não circular

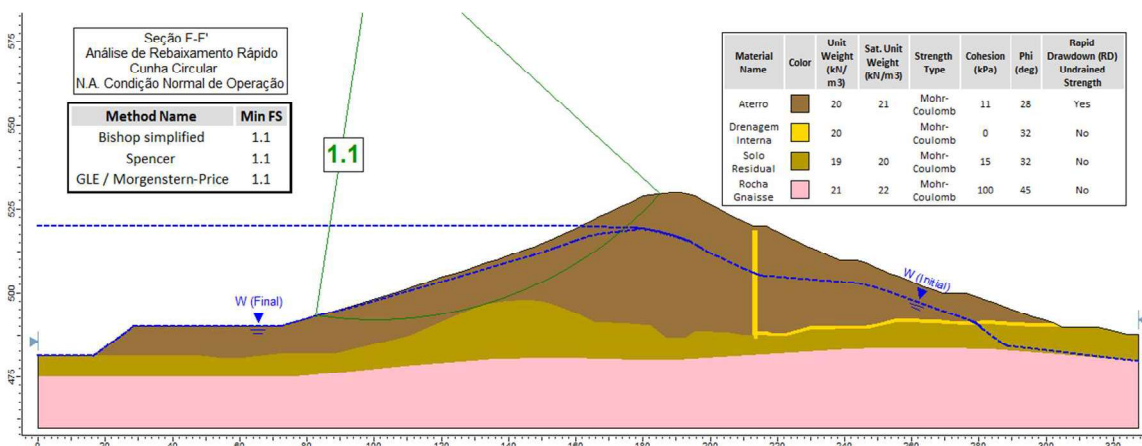


Figura 13.21 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

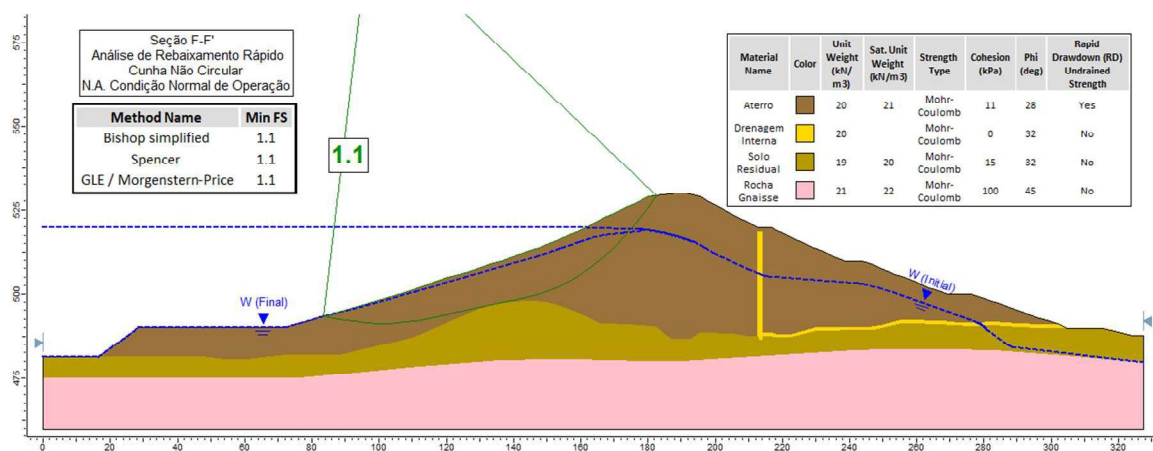


Figura 13.22 – Análise de estabilidade da seção F-F' em condição de rebaixamento rápido, considerando superfície de ruptura não circular

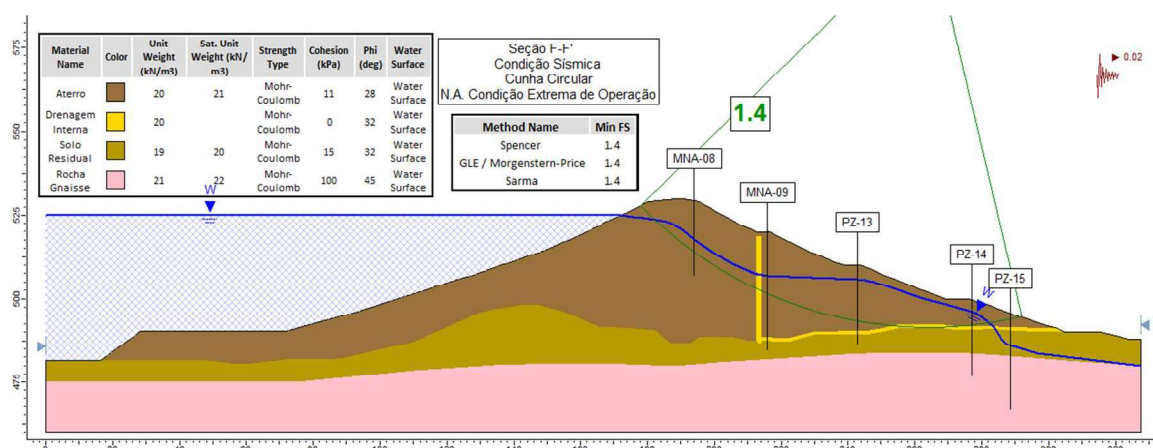


Figura 13.23 – Análise de estabilidade da seção F-F' sob condição sísmica, considerando superfície de ruptura circular

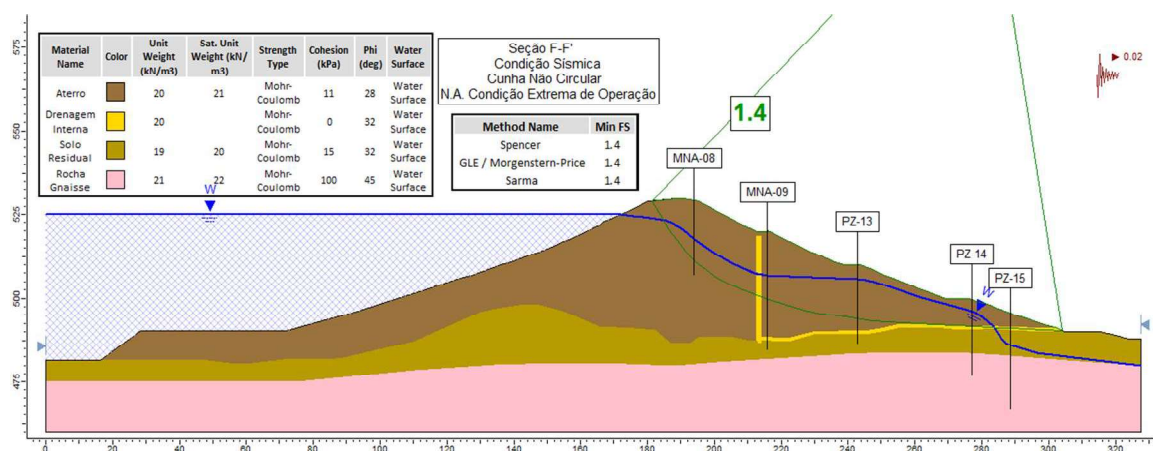


Figura 13.24 – Análise de estabilidade da seção F-F' sob condição sísmica, considerando superfície de ruptura não circular

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

13.7. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTRUTURAL

Como podem ser observados, os fatores de segurança atendem aos requisitos da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 13.028/2025, dos guias *da Canadian Dam Association – CDA* e da *International Commission on Large Dams - ICOLD*.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

14. AUSCULTAÇÃO

O monitoramento da barragem é composto por medições de instrumentos (piezômetros, medidores de nível d'água, medidores de vazão dos drenos de fundo e drenos horizontais, régua de leitura do nível do reservatório e pluviometria) e inspeções de campo. Estas medições dos instrumentos são efetuadas por equipe da própria NGL, que as repassa para a Geoconsultoria, responsável por sua interpretação mensal.

A instrumentação da Barragem Rancho Casca é composta por:

- 14 indicadores de nível d'água (MA's);
- 28 Piezômetros do tipo Casagrande (PZ's);
- 38 medidores de vazão dos drenos horizontais profundos (DA's, D2's e D3's), com a seguinte distribuição:
 - Cota 490 m - DA-01 a DA-07, D2-01 a D2-08 e D3-01 a D3-03;
 - Cota 500 m - D2-09 a D2-14 e D3-04 a D3-08;
 - Cota 510 m - D2-15 a D2-19, D3-10 e D3-12 (os drenos D3-09 e D3-11 não foram instalados).
- 21 marcos topográficos superficiais – MR's (medição com estação total);
- 21 marcos topográficos superficiais – MS's (medição com estação total robotizada);
- 01 medidor de vazão do dreno de fundo (DP);
- 01 régua de leitura do nível d'água do reservatório;
- 1 pluviômetro;

A locação dos instrumentos citados por ser observada na Figura 14.1 a seguir.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

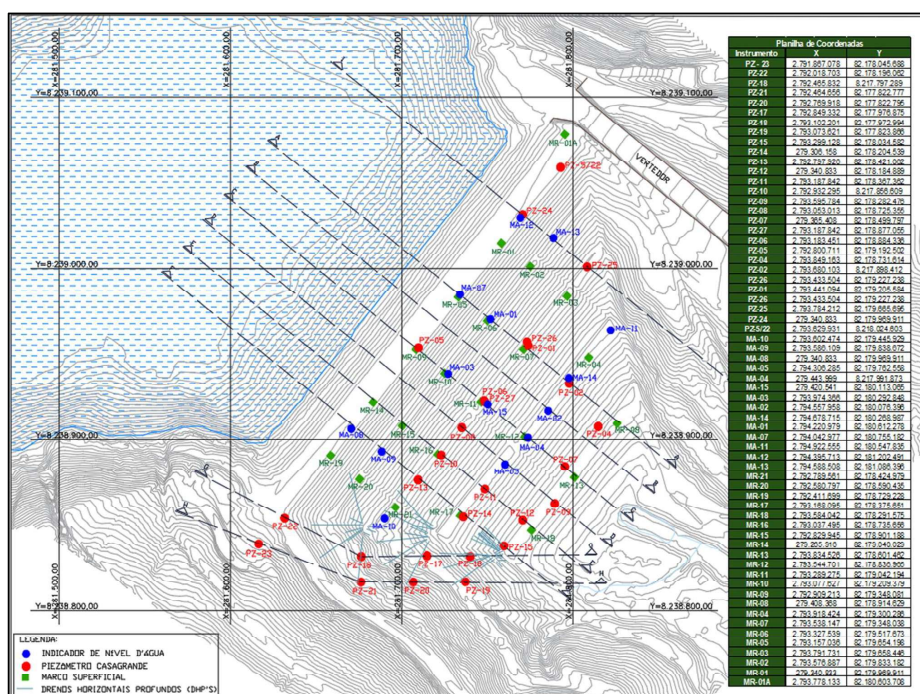


Figura 14.1 – Planta de localização dos instrumentos

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

O monitoramento da instrumentação da Barragem Rancho Casca é realizado, no mínimo, com periodicidade quinzenal, abrangendo as leituras dos piezômetros, medidores de nível d'água e medidores de vazão, bem como o acompanhamento dos marcos superficiais. Os dados obtidos são registrados em fichas e planilhas de acompanhamento e utilizados na avaliação das condições de segurança da estrutura.

As informações provenientes das leituras dos instrumentos e das inspeções são encaminhadas para avaliação técnica, subsidiando a elaboração dos relatórios de inspeção e avaliação das condições de estabilidade da barragem. Conforme o Manual de Operações, os dados são encaminhados quinzenalmente ao projetista ou prestador de serviço especializado para avaliação.

O sistema de monitoramento contempla ainda o registro e a avaliação das ocorrências identificadas durante as inspeções, com encaminhamento das eventuais anormalidades ao responsável técnico pela barragem para adoção das providências cabíveis.

Os resultados apresentados nos itens a seguir abrangem o período de 2023 a 2026, permitindo uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros monitorados. Porém, o banco de dados de leitura da instrumentação possui registros desde 2001. O compilado dos dados de monitoramento se encontra no documento GF34Mn-R11 - Rancho de Casca 22-07-26, fornecido pela Nacional de Grafite.

14.1.1. Medidores de nível d'água (MNA)

Estão instalados 14 (quatorze) indicadores de nível d'água (MA's) na estrutura. Os resultados das leituras são compilados no gráfico da Figura 14.2.

14.1.2. Piezômetros

O resultado do monitoramento dos Piezômetros do tipo Casagrande (PZ's) se encontra detalhado na Figura 14.3.

14.1.3. Marcos Superficiais

Os resultados do monitoramento dos marcos topográficos superficiais de leitura automatizada se encontram na Figura 14.4.

14.1.4. Medidor de Vazão

A Barragem Rancho Casca possui 1 (um) medidor de vazão no dreno de fundo que coleta água do tapete drenante e das caixas coletoras.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

O detalhamento das vazões obtidas nas leituras se encontra na Figura 14.5 e Figura 14.6.

Os resultados obtidos por meio da instrumentação implantada foram devidamente analisados, considerando os parâmetros monitorados e os critérios de avaliação estabelecidos. Com base nessa análise, não foram identificadas anomalias, instabilidades ou quaisquer indícios de comportamento fora dos padrões esperados.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

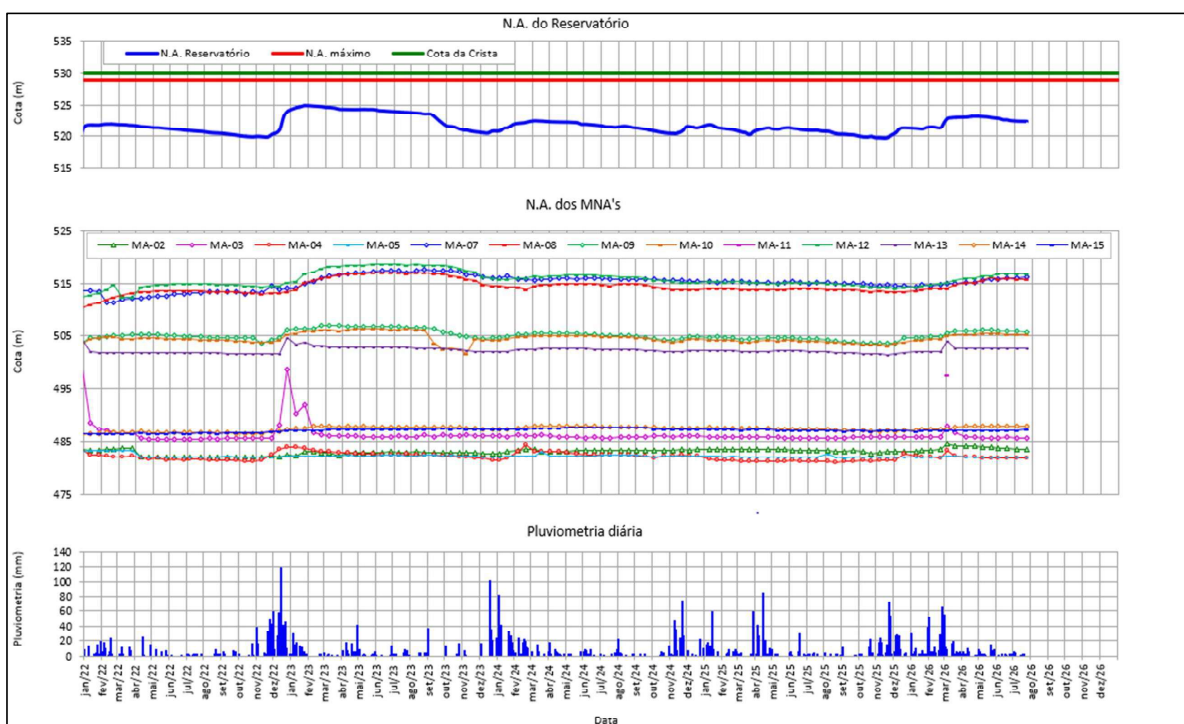


Figura 14.2 – Leitura dos MNA's

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

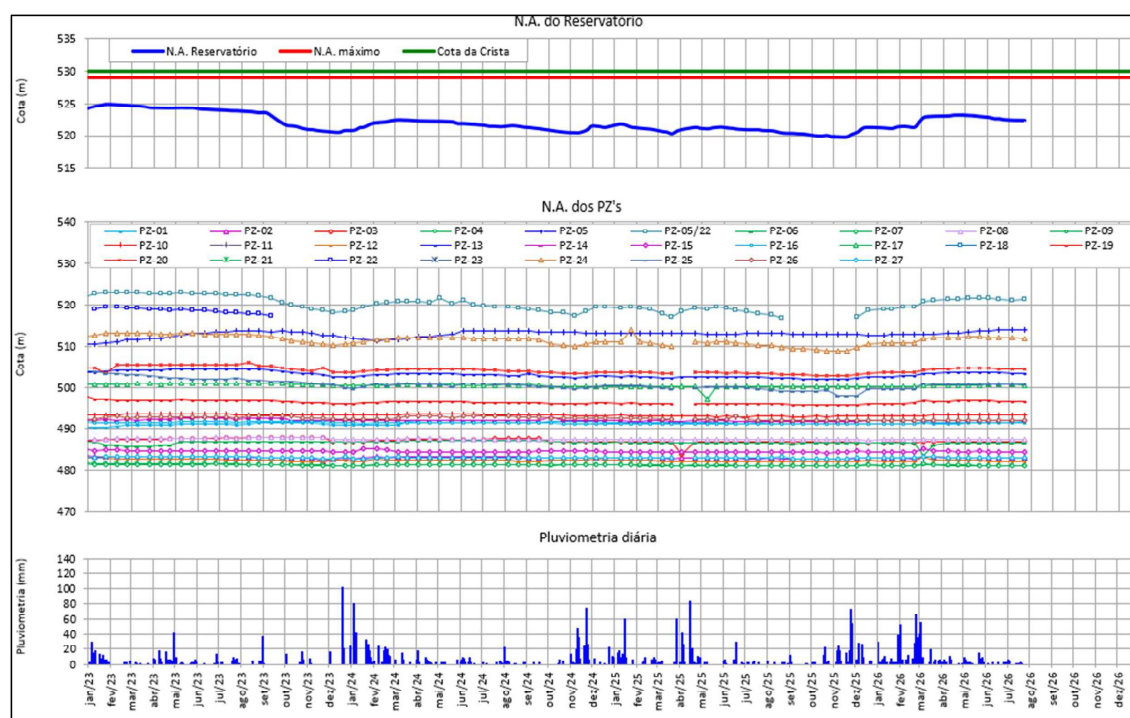


Figura 14.3 – Monitoramento dos piezômetros

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

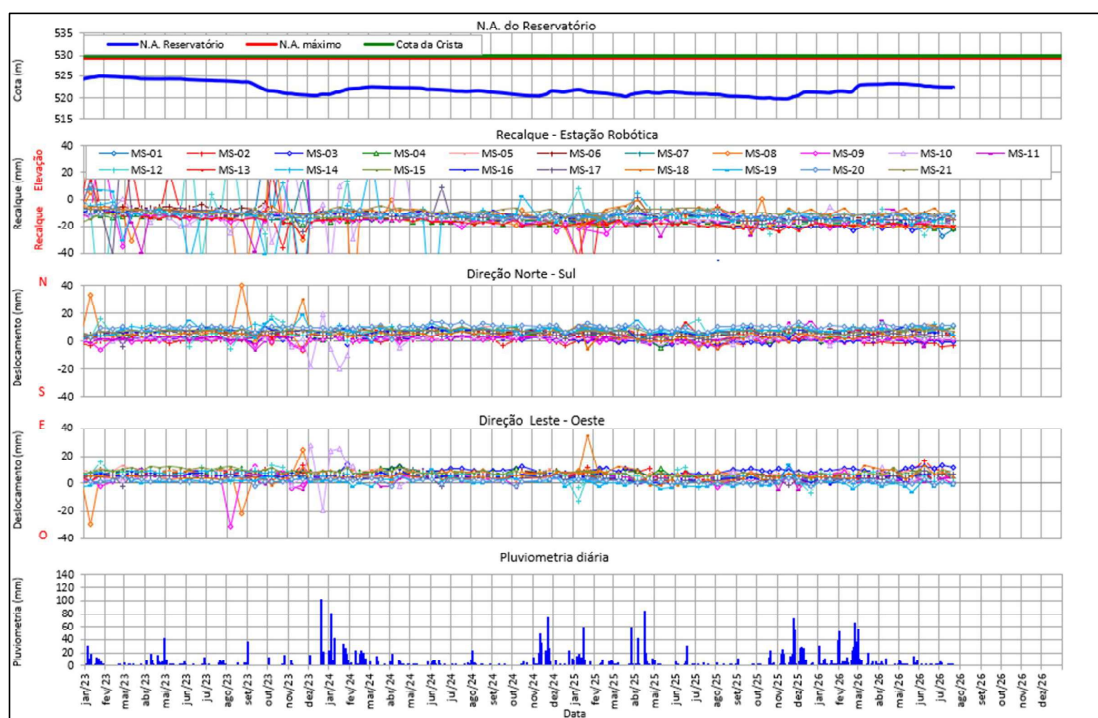


Figura 14.4 – Dados do monitoramento dos marcos de recalque com estação robótica

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

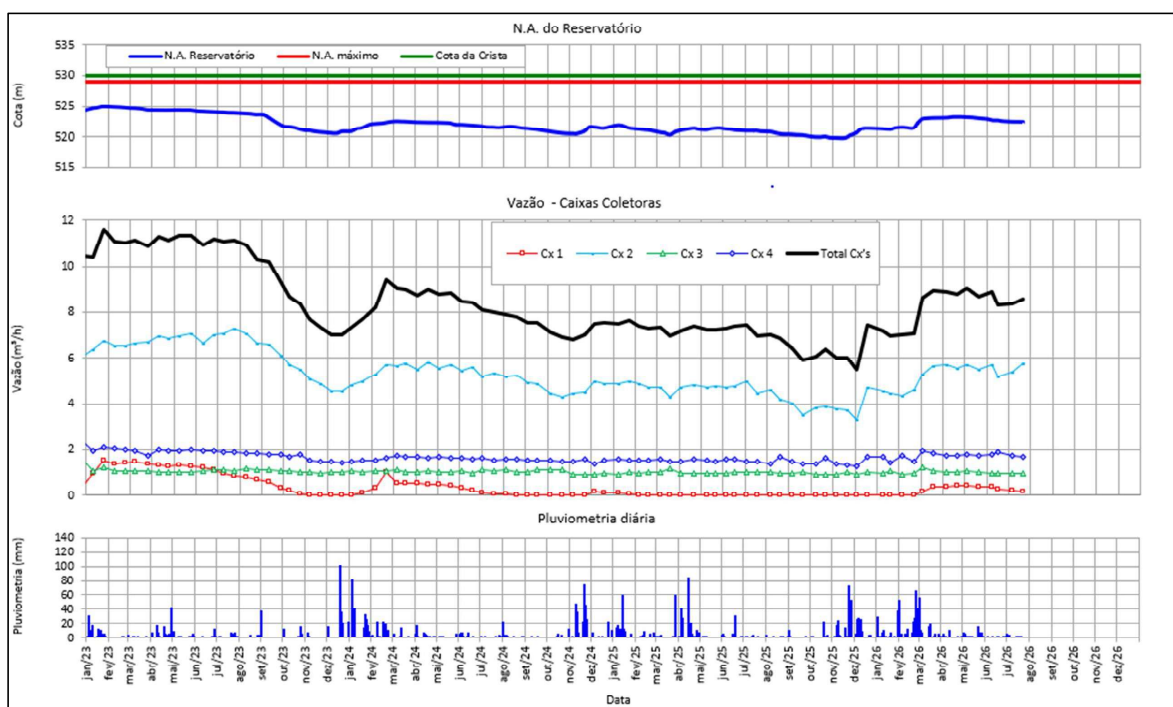


Figura 14.5 – Vazão medida nas caixas coletoras

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

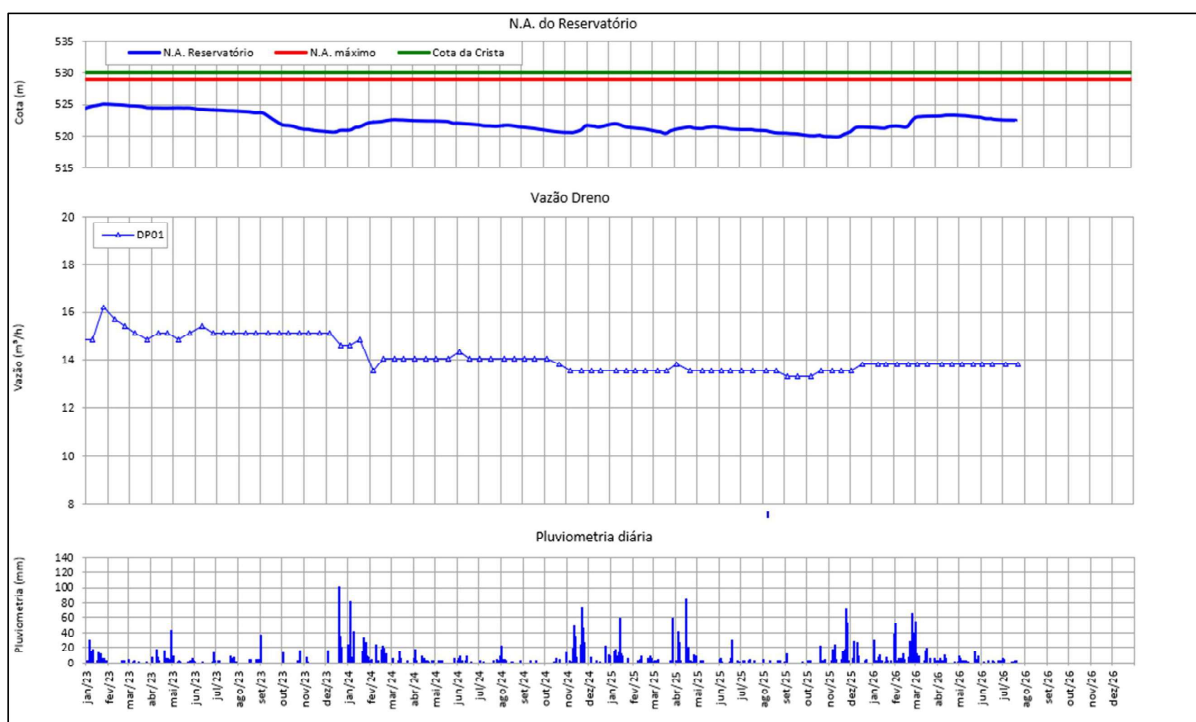


Figura 14.6 – Vazão total medida no dreno de fundo

NG-132-RTSB-RC-RL-R0

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

15. CARTA DE RISCO

A Barragem Rancho de Casca dispõe de níveis de referência estabelecidos para os principais instrumentos utilizados no acompanhamento de seu comportamento geotécnico, permitindo a comparação das leituras obtidas em campo com limites associados às condições de segurança da estrutura. Esses níveis constituem ferramenta auxiliar à gestão da segurança da barragem, possibilitando a identificação de alterações no comportamento da instrumentação e subsidiando a definição de ações de acompanhamento e resposta.

Para o acompanhamento das condições de poropressão e do nível d'água no interior do maciço e fundação, são utilizados piezômetros (PZ) e medidores de nível d'água (MNA). Conforme apresentado no último Relatório de Inspeção de Segurança Regular – RISR, os níveis de referência desses instrumentos foram estabelecidos no documento GF36RT03-R1 – Automatização Barragem Rancho de Casca, elaborado pela Geoconsultoria em maio de 2021. Os limites são relacionados aos fatores de segurança obtidos para as respectivas condições piezométricas, sendo estabelecidas as condições Normal, Atenção, Alerta e Emergência.

De maneira geral, a classificação adotada considera como condição Normal aquela associada a fator de segurança superior a 1,50; Atenção, para fatores de segurança entre 1,30 e 1,50; Alerta, para fatores de segurança entre 1,10 e 1,30; e Emergência, para fatores de segurança inferiores a 1,10. Os valores específicos de nível d'água correspondentes a essas condições variam em função do instrumento e de sua posição nas diferentes seções instrumentadas da barragem. A Tabela 15.1 apresenta os níveis de segurança estabelecidos na carta de risco.

Tabela 15.1 – Níveis de referência para os piezômetros e medidores de nível d'água

Seção	Instrumento	Cota de NA máximo no período (m)	Normal (FS > 1,5)	Atenção (1,3 < FS < 1,5)	Alerta (1,1 < FS < 1,3)	Emergência (FS < 1,1)
A	MNA-07	514,9	≤ 512,5	> 512,5 e ≤ 514,2	> 514,2 e ≤ 518,2	> 518,2
A	MNA-01	Seco	≤ 498,0	> 498,0 e ≤ 511,2	> 511,2 e ≤ 517,1	> 517,1
A	PZ-26	492,1	≤ 498,0	> 498,0 e ≤ 504,5	> 504,5 e ≤ 509,5	> 509,5
A	PZ-01	491,33	≤ 497,6	> 497,6 e ≤ 503,7	> 503,7 e ≤ 508,3	> 508,3
A	MNA-14	487,32	≤ 494,0	> 494,0 e ≤ 496,5	> 496,5 e ≤ 498,5	> 498,5
A	PZ-02	483,03	≤ 493,4	> 493,4 e ≤ 495,8	> 495,8 e ≤ 497,7	> 497,7
B	PZ-03	486,75	≤ 499,0	> 499,0 e ≤ 504,0	> 504,0 e ≤ 508,5	> 508,5
B	MNA-02	483,49	≤ 491,0	> 491,0 e ≤ 495,0	> 495,0 e ≤ 498,0	> 498,0
B	PZ-04	481,28	≤ 485,0	> 485,0 e ≤ 487,0	> 487,0 e ≤ 489,5	> 489,5

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Seção	Instrumento	Cota de NA máximo no período (m)	Normal (FS > 1,5)	Atenção (1,3 < FS < 1,5)	Alerta (1,1 < FS < 1,3)	Emergência (FS < 1,1)
C	PZ-05	513,05	≤ 512,8	> 512,8 e ≤ 514,8	> 514,8 e ≤ 518,1	> 518,1
C	MNA-03	485,93	≤ 503,0	> 503,0 e ≤ 512,0	> 512,0 e ≤ 517,5	> 517,5
C	PZ-06	486,57	≤ 499,0	> 499,0 e ≤ 504,0	> 504,0 e ≤ 508,5	> 508,5
C	PZ-27	483,06	≤ 498,7	> 498,7 e ≤ 503,7	> 503,7 e ≤ 508,2	> 508,2
C	MNA-15	487,18	≤ 498,5	> 498,5 e ≤ 503,5	> 503,5 e ≤ 507,9	> 507,9
C	MNA-04	482,67	≤ 492,0	> 492,0 e ≤ 495,0	> 495,0 e ≤ 497,8	> 497,8
C	PZ-07	481,33	≤ 485,0	> 485,0 e ≤ 487,0	> 487,0 e ≤ 489,0	> 489,0
D	PZ-08	487,38	≤ 499,0	> 499,0 e ≤ 504,0	> 504,0 e ≤ 509,0	> 509,0
D	MNA-05	482,21	≤ 492,0	> 492,0 e ≤ 494,0	> 494,0 e ≤ 498,5	> 498,5
D	PZ-09	Seco	≤ 484,0	> 484,0 e ≤ 485,0	> 485,0 e ≤ 488,0	> 488,0
E	PZ-10	493,06	≤ 500,0	> 500,0 e ≤ 505,0	> 505,0 e ≤ 508,5	> 508,5
E	PZ-11	Seco	≤ 492,0	> 492,0 e ≤ 496,0	> 496,0 e ≤ 499,0	> 499,0
E	PZ-12	482,43	≤ 485,0	> 485,0 e ≤ 487,0	> 487,0 e ≤ 489,5	> 489,5
F	MNA-08	514,17	≤ 515,0	> 515,0 e ≤ 518,0	> 518,0 e ≤ 518,1	> 518,1
F	MNA-09	504,86	≤ 510,0	> 510,0 e ≤ 515,0	> 515,0 e ≤ 518,1	> 518,1
F	PZ-13	502,88	≤ 503,0	> 503,0 e ≤ 506,5	> 506,5 e ≤ 509,4	> 509,4
F	PZ-14	491,95	≤ 494,7	> 494,7 e ≤ 496,7	> 496,7 e ≤ 499,0	> 499,0
F	PZ-15	484,57	≤ 487,5	> 487,5 e ≤ 489,5	> 489,5 e ≤ 491,5	> 491,5

A interpretação desses limites, entretanto, não deve ser realizada exclusivamente a partir da leitura individual de cada instrumento. Conforme destacado no RISR, a estabilidade da barragem está associada ao comportamento da superfície freática como um todo, de modo que a ultrapassagem pontual de um nível de referência por determinado instrumento não implica necessariamente que o fator de segurança global da seção tenha atingido a faixa correspondente. Dessa forma, as leituras devem ser avaliadas conjuntamente com os demais instrumentos da seção, sua tendência temporal, as condições de operação, os dados de projeto e os resultados das inspeções de campo.

Esse ponto é particularmente importante na avaliação mais recente. No período analisado pelo RISR, os instrumentos apresentaram, de forma geral, leituras compatíveis com a condição normal, com exceção do MNA-07, localizado na Seção A, e do PZ-05, localizado na Seção C, cujas

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

leituras ultrapassaram individualmente a faixa definida como normal. Segundo a avaliação da Geoconsultoria, esse comportamento é esperado em razão da localização desses instrumentos a montante do filtro vertical e de sua exposição direta às oscilações do nível d'água do reservatório. Como as variações ocorreram de forma isolada e não foram acompanhadas por comportamento equivalente nos demais instrumentos das respectivas seções, não foram interpretadas como elevação generalizada da superfície freática com repercussão sobre o fator de segurança, permanecendo as seções em condição normal.

Além do acompanhamento das condições piezométricas, a Carta de Risco contempla níveis de referência associados às deformações do maciço, avaliadas por meio dos marcos superficiais. Para essa finalidade, foram considerados os deslocamentos verticais, expressos na forma de recalques. A metodologia adotada considera a espessura de aterro existente sob cada marco e admite, como premissa, recalque total correspondente a 1% da altura do aterro na posição do instrumento, considerando-se ainda que parcela predominante desse recalque tenha ocorrido durante a fase de construção da barragem.

A partir dessa premissa, o nível normal corresponde às medições de recalque de até 20% do recalque total estimado, enquanto o nível de alerta é associado aos valores compreendidos entre 20% e 30% do recalque total estimado. Os valores específicos estabelecidos para cada marco superficial são apresentados na Tabela 15.2.

Tabela 15.2 – Níveis de referência para os marcos superficiais

MR	Cota instalação (m)	Altura do aterro (m)	Recalque previsto (mm)	Normal – 20% (mm)	Alerta – 30% (mm)	Emergência / Ruptura (mm)	Valor mínimo no período – Cota (m)	Recalque medido (mm)
1	529,9	42	420	84	126	500	530,31	2
2	520,3	30	300	60	90	500	530,23	2
3	510,12	19	190	38	57	500	530,14	4
4	500,02	23	230	46	69	500	530,2	2
5	529,8	52	520	104	156	500	530,23	2
6	520,24	38	380	76	114	500	520,79	3
7	510,06	28	280	56	84	500	520,95	2
8	490,16	7	70	14	21	500	520,69	2
9	529,79	51	510	102	153	500	520,86	-1
10	520,13	38	380	76	114	500	520,8	-1
11	509,92	29	290	58	87	500	510,64	3
12	500,05	20	200	40	60	500	510,57	2
13	490,11	8	80	16	24	500	510,5	6
14	529,76	45	450	90	135	500	510,6	4
15	520,31	36	360	72	108	500	510,89	3

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

MR	Cota instalação (m)	Altura do aterro (m)	Recalque previsto (mm)	Normal – 20% (mm)	Alerta – 30% (mm)	Emergência / Ruptura (mm)	Valor mínimo no período – Cota (m)	Recalque medido (mm)
16	509,98	26	260	52	78	500	500,7	2
17	500,17	8	80	16	24	500	500,58	5
18	490,15	5	50	10	15	500	500,53	3
19	529,82	28	280	56	84	500	490,8	2
20	520,28	19	190	38	57	500	490,86	5
21	510,23	7	70	14	21	500	490,91	4

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

16. SEGURANÇA OPERACIONAL

A operação da Barragem Rancho Casca envolve o recebimento e a disposição dos rejeitos provenientes do processo de beneficiamento mineral da Unidade de Pedra Azul. Conforme descrito no Manual de Operações da estrutura, o rejeito é conduzido a partir da usina por canalização subterrânea constituída por tubos de concreto, seguindo posteriormente por galeria de alvenaria coberta, em percurso aproximado de 800 m, até o ponto de lançamento localizado a montante do reservatório.

A disposição dos rejeitos no reservatório é realizada de forma associada à formação da praia e ao posicionamento da lagoa, condições contempladas no Plano Diretor de Disposição de Rejeito da Barragem Rancho Casca. O referido documento apresenta o ponto de lançamento, a trajetória do fluxo no interior do reservatório e a configuração esperada da praia de rejeitos e da lagoa.

Do ponto de vista da segurança operacional, os principais riscos associados a esse processo estão relacionados a eventuais falhas ou obstruções no sistema de transporte, vazamentos ao longo da linha de condução e alterações inadequadas na posição de lançamento ou na configuração da praia e da lagoa. Tais condições podem interferir na operação do reservatório e, conseqüentemente, nas condições hidráulicas e geotécnicas consideradas para a segurança da estrutura.

O Manual de Operações estabelece procedimentos específicos para a operação da barragem e integra as atividades de lançamento de rejeitos às rotinas de acompanhamento da estrutura. Os procedimentos de inspeção e monitoramento, o diagnóstico e tratamento de anomalias e os critérios definidos na carta de risco são apresentados e avaliados em capítulos específicos deste RTSB, evitando-se sua repetição neste item.

Com base na documentação analisada e nas observações realizadas durante a presente auditoria, verifica-se que a operação de disposição de rejeitos encontra-se inserida no sistema de gestão de segurança da Barragem Rancho Casca, devendo ser mantida a integração entre a equipe responsável pela operação do sistema de disposição e a equipe de segurança da barragem, de forma que eventuais alterações operacionais que possam influenciar o comportamento da estrutura sejam prontamente identificadas e comunicadas.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

17. CONCLUSÃO

Com base nas avaliações realizadas no âmbito deste RTSB, considera-se que a Barragem Rancho Casca apresenta condições satisfatórias de segurança e estabilidade. As inspeções não evidenciaram sinais relevantes de instabilidade, erosões, surgências ou carreamento de materiais, e os sistemas de drenagem interna e superficial apresentam funcionamento compatível com suas finalidades.

O monitoramento geotécnico indica comportamento predominantemente estável da estrutura. Os níveis piezométricos e freáticos, as vazões dos sistemas de drenagem e os deslocamentos superficiais não apresentam tendências indicativas de comprometimento da segurança. As ocorrências pontuais observadas no MNA-07 e PZ-05 foram avaliadas de forma integrada com os demais instrumentos das respectivas seções, permanecendo estas classificadas em condição normal.

Em relação à segurança hidráulica, a seção do sistema extravasor apresenta capacidade para condução da vazão de projeto, tendo sido identificada, contudo, a ocorrência de velocidades elevadas no canal de descarga. Encontra-se atualmente em execução a reformulação desse sistema em configuração de escadaria hidráulica, destinada à redução das velocidades e à adequada dissipação de energia.

Por fim, verifica-se que as recomendações estabelecidas na auditoria anterior vêm sendo atendidas. Recomenda-se a manutenção das rotinas de inspeção, monitoramento e conservação da estrutura, bem como o acompanhamento e conclusão das obras do sistema extravasor.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

18. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Os documentos abaixo relacionados referem-se àqueles disponibilizados pela equipe técnica da Nacional Grafite Ltda e outras fontes de dados que serviram de base.

3EM – Mineração e Geologia Ltda.

- NG-38-RPSB-RC-RL-R0

Nacional Grafite Ltda

- GF34-RT-52
- GF34-RT-59
- Protocolo_Termo%20Ciência_2715_02092025.pdf
- Protocolo_Auditoria_2715_29082025.pdf

Além dos documentos listados acima, serão também utilizados os documentos e fontes de domínio público abaixo relacionados, a saber:

- Brasil. Agência Nacional de Mineração. Resolução nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 35, 18 de fevereiro de 2022. Seção 1.
- Feam, 2020. Termo de referência para a entrega de estudos de ruptura hipotética de barragens, elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2020.
- Governo do Estado de Minas Gerais. Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Art. 24.
- Governo do Estado de Minas Gerais. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Termo de Referência para a Entrega de Estudos de Ruptura Hipotética de Barragens, 2020.
- Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 154, 12 de agosto de 2019. Seção 1.
- PEDROSA-SOARES, A. C. et al. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil. Precambrian Research, v. 110, p. 307–323, 2001.
- PEDROSA-SOARES, A.C. et al. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí–West-Congo orogen. 2008.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

- PEDROSA-SOARES, A. C. et al. Late Neoproterozoic–Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen. Geological Society Special Publications, London, v. 350, p. 25–51, 2011.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

19. LISTA DE DOCUMENTOS CONSULTADOS

A Tabela 19.1 contém os dados fornecidos pela Nacional de Grafite para análise de performance da estrutura.

Tabela 19.1 – Dados fornecidos pela NGL para avaliação da estrutura

Documentos recebidos e analisados		
Arquivo	Conteúdo do documento	
GF37-RT-01	Empresa	Geoconsultoria
	Data	14/06/19
	Referência	Relatório Técnico Barragem Rancho Casca As Is - Rev. 0
NG-38-RPSB-RC-RL-R0	Empresa	3EM – Mineração e Geologia Ltda.
	Data	20/05/2024
	Referência	Relatório de Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem Rancho Casca – Rev. 0
NG-04-EH-RC-RL-R1	Empresa	3EM – Mineração e Geologia Ltda.
	Data	31/08/2023
	Referência	Estudo Hidrológico e Hidráulico - Estimativa da Precipitação Máxima Provável (PMP) para a Barragem Rancho Casca – Rev. 1
NG-65-DB-RC-RL-R3	Empresa	3EM – Mineração e Geologia Ltda.
	Data	23/02/2026
	Referência	Estudo de Ruptura Hipotética/Dam Break – Barragem Rancho Casca – Rev. 3
GF34-RT-52	Empresa	Geoconsultoria
	Data	29/08/25
	Referência	Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragem (RTSB) - FEAM - Barragem Rancho Casca - Rev. 0
GF34-RT-57	Empresa	Geoconsultoria
	Data	27/03/26
	Referência	Relatório de Inspeção Semestral- RIS – FEAM 1º Semestre 2026 - Barragem Rancho Casca - Rev. 0
GF34-RT-59	Empresa	Geoconsultoria
	Data	25/03/26
	Referência	Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) – ANM 1º Semestre 2026 - Rev. 0
NG-124-EdR-RC-RL-01-R0	Empresa	3EM – Mineração e Geologia Ltda.
	Data	14/08/2026
	Referência	Relatório Mensal de Acompanhamento Engenheiro de Registro – Barragem Rancho Casca – Rev. 0
NG-09-PGR-RC-RL-R2	Empresa	3EM – Mineração e Geologia Ltda.
	Data	24/01/2023
	Referência	Processo de Gestão de Risco para Barragens de Mineração (PGRBM) – Barragem Rancho Casca – Rev. 2
	Empresa	Nacional de Grafite

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

GF34Mn-R11 - Rancho de Casca 22-07-26	Data	22/07/2026
	Referência	Verificação Hidráulica
FIR RC Julho_02	Empresa	Nacional de Grafite
	Data	22/07/2026
	Referência	Ficha de Inspeção Regular (FIR) - Barragem Rancho Casca
	Empresa	
	Data	
	Referência	

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

20. ANEXO I – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE

DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE ANO BASE: 2026 SEMESTRE: 2

Empreendimento: Unidade Industrial de Pedra Azul – Nacional de Grafite

CNPJ: 21.228.861/0003-63

Município: Pedra Azul

Nome da Barragem: Rancho Casca

Finalidade: Recirculação de água e contenção de rejeitos

Categoria de risco: Baixo

Potencial de dano ambiental: Alto

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, que realizei auditoria técnica de segurança na estrutura acima especificada, conforme Relatório Técnico de Auditoria de Segurança elaborado em agosto de 2026.

Atesto a condição de estabilidade da barragem supracitada

Para melhorar, manter (ou obter) as condições de segurança da barragem foram especificadas as seguintes recomendações que serão implementadas conforme cronograma a seguir:

- Combate às pragas (formigueiros e cupinzeiros - atividade de rotina (prazo 30/08/2026 a 30/08/2027);
- Manter a crista e os taludes da barragem roçados e limpos - atividade de rotina (prazo 30/08/2026 a 30/08/2027);
- Manter limpo o emboque do extravasor - atividade de rotina (prazo 30/08/2026 a 30/08/2027);
- Manter as ações de monitoramento (inspeções de campo quinzenais e medição dos instrumentos de auscultação - atividade de rotina (prazo 30/08/2026 a 30/08/2027).

Anexo, cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do Relatório de Auditoria de Segurança



Documento assinado digitalmente
MARTA APARECIDA SAWAYA MIRANDA
Data: 31/08/2026 10:18:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CLOVIS CORDEIRO RUDGE
RAMOS:21404667806

Assinado de forma digital por
CLOVIS CORDEIRO RUDGE
RAMOS:21404667806
Dados: 2026.08.31 10:41:27 -03'00'

Marta Aparecida Sawaya Miranda
Geóloga / Geotécnica / MSc. em Eng. de Barragens
CREA: 77.793

Clóvis Cordeiro Rudge Ramos
Diretor Presidente
214.046.678-06

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

21. ANEXO II – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

Página 1/2



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

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20265234549

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico		
MARTA APARECIDA SAWAYA MIRANDA		
Título profissional: GEOLOGA	RNP: 1405911336	Registro: MG0000077973D MG
Empresa contratada: 3EM - MINERACAO E GEOLOGIA LTDA		
Registro Nacional: 59134-MG		
2. Dados do Contrato		
Contratante: NACIONAL DE GRAFITE LTDA		
CPF/CNPJ: 21.228.861/0003-63		
FAZENDA BAIXA GRANDE		
Complemento:	Bairro: -	Nº: S/N
Cidade: PEDRA AZUL	UF: MG	CEP: 39970000
Contrato: Não especificado	Celebrado em: 31/07/2026	
Valor: R\$ 40.000,00	Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público	
Ação Institucional: Outros		
3. Dados da Obra/Serviço		
AVENIDA PORTUGAL		
Nº: 2350		
Complemento: SALA 09 E 10	Bairro: JARDIM ATLÂNTICO	
Cidade: BELO HORIZONTE	UF: MG	CEP: 31560000
Data de Início: 03/08/2026	Previsão de término: 28/08/2026	Coordenadas Geográficas: 0, 0
Finalidade: OUTROS	Código: 31560-000	
Proprietário: NACIONAL DE GRAFITE LTDA	CPF/CNPJ: 21.228.861/0003-63	
4. Atividade Técnica		
14 - Elaboração	Quantidade	Unidade
40 - Estudo > GEOTECNIA E GEOLOGIA DA ENGENHARIA > PRESSÕES SOBRE OS SOLOS E RESISTÊNCIA AO C/ALHAMENTO > #3,7,1 - DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS	1,00	un
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART		
5. Observações		
Elaboração de Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens - RTSB - da Barragem Rancho Casca da Nacional de Grafite em Pedra Azul, em atendimento a FEAM		
6. Declarações		
- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.		
- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao CREA-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar		
- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legislacao/politica-privacidade-dados . Em caso de cadastro da ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.		
- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.		
7. Entidade de Classe		
AAEEUFG - Associação dos Ex-alunos da Escola de Engenharia da U.F.M.G.		

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.org.br/publico/>, com a chave: 4672B
Impresso em: 26/08/2026 às 16:48:29 por: , ip: 149.102.234.48

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Página 2/2



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

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20265234549

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local _____ de _____ de _____
data

MARTA APARECIDA SAWAYA
MIRANDA-30909210659

Assinado da forma digital por MARTA
APARECIDA SAWAYA
MIRANDA-30909210659
Data: 2026.08.26 17:55:14 -03'00'

Assinado digitalmente por MARTA APARECIDA SAWAYA MIRANDA - CPF: 305.092.106-59
21326504996 MAURICIO
OUT-04-BR, CNCP-BRasil, CN=Certificado Digital PF AS, COUTO DAS
OUT=Vicepresidência, OU=5049603000114, OU=AC, SIngularID, NEVES
MURIELA, CN=ANTONIO MARCOS DE SOUSA ROSOLA, PEIXOTO:076985
21326504996
Data: 2026.08.26 17:55:14 -03'00'

NACIONAL DE GRAFITE LTDA - CNPJ: 21.228.161/0001-23

9. Informações

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

10. Valor

Valor da ART: R\$ 285,59 Registrada em: 26/08/2026 Valor pago: R\$ 285,59 Nosso Número: 8614554556

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

22. ANEXO III – RELATÓRIO TÉCNICO FOTOGRÁFICO

22.1. ACESSOS

Durante as inspeções de campo e a visita técnica realizada pela 3EM, foram avaliadas as condições dos acessos à estrutura, não sendo identificadas anomalias, obstruções ou condições que comprometessem o acesso seguro à Barragem Rancho Casca

22.2. CRISTA

A crista da Barragem Rancho Casca foi inspecionada durante as atividades de campo, apresentando condições satisfatórias de conservação, sem evidências de depressões, afundamentos, trincas ou outras anomalias aparentes que pudessem indicar comprometimento de sua integridade. A Figura 22.1 apresenta uma vista da crista da barragem durante visita técnica.

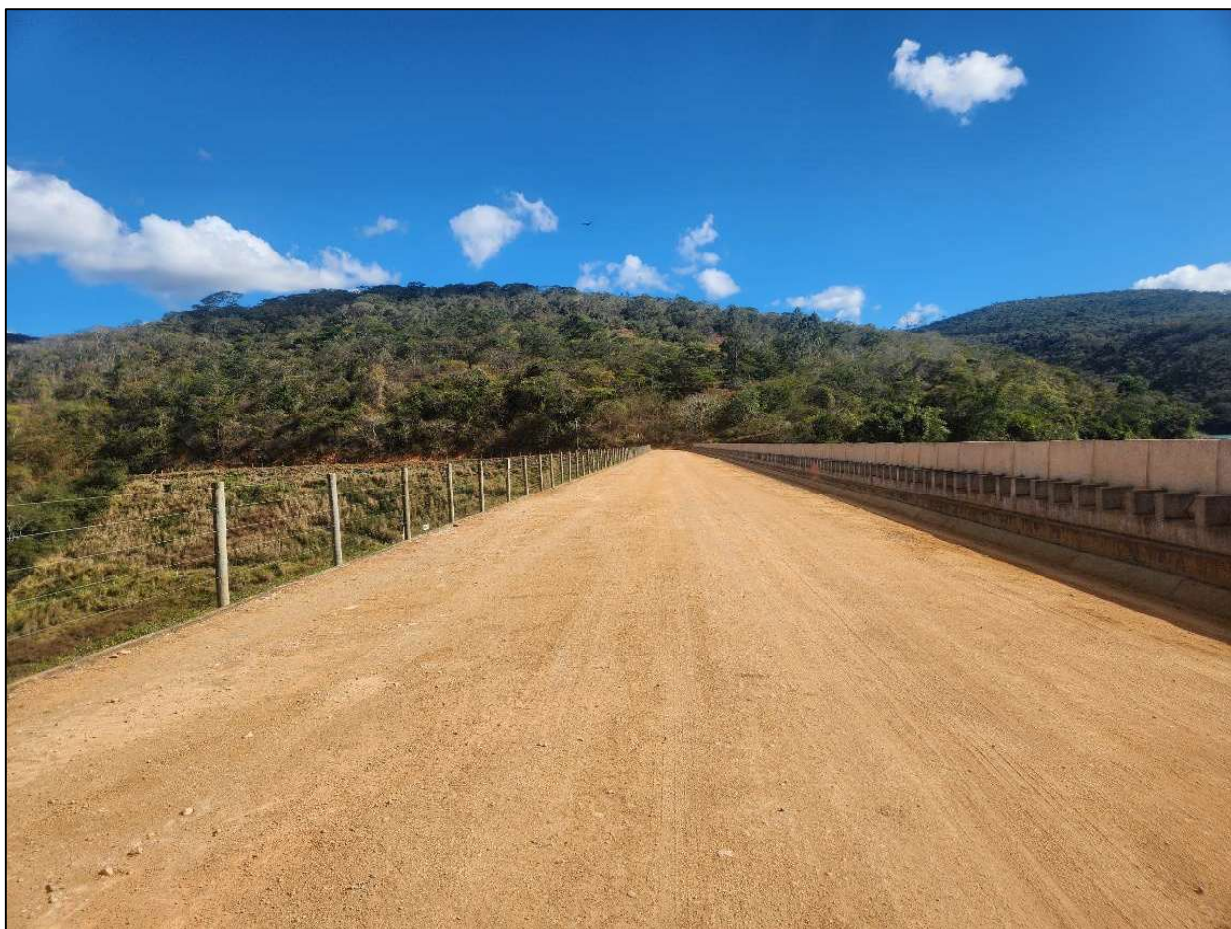


Figura 22.1 – Crista da Barragem Rancho Casca

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

22.3. RESERVATÓRIO

O reservatório da Barragem Rancho Casca foi visitado durante as atividades de campo, com o nível de água na elevação 522,4 m no dia da visita técnica. A Figura 22.2 apresenta a condição do reservatório durante a visita técnica.

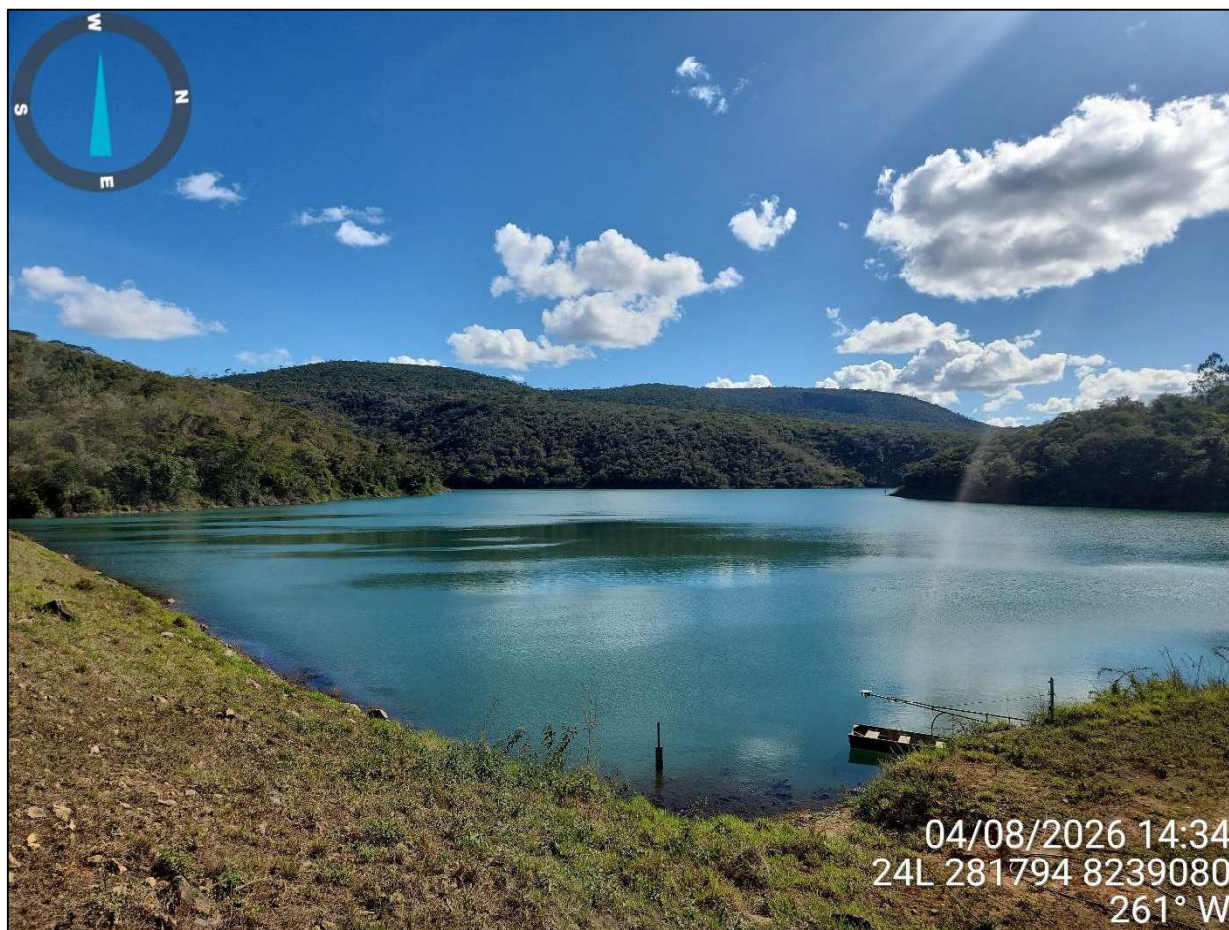


Figura 22.2 – Reservatório da Barragem Rancho Casca

22.4. TALUDES

Os taludes de montante e jusante da Barragem Marçu foram avaliados durante as atividades de campo, não sendo identificadas anomalias aparentes que indicassem comprometimento de suas condições de estabilidade ou conservação. Não foram observados indícios de processos erosivos relevantes, trincas, abatimentos ou movimentações superficiais. A Figura 22.3 e Figura 22.4 apresentam os taludes de jusante e montante da barragem durante a visita técnica.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca



Figura 22.3 – Taludes de jusante da Barragem Rancho Casca

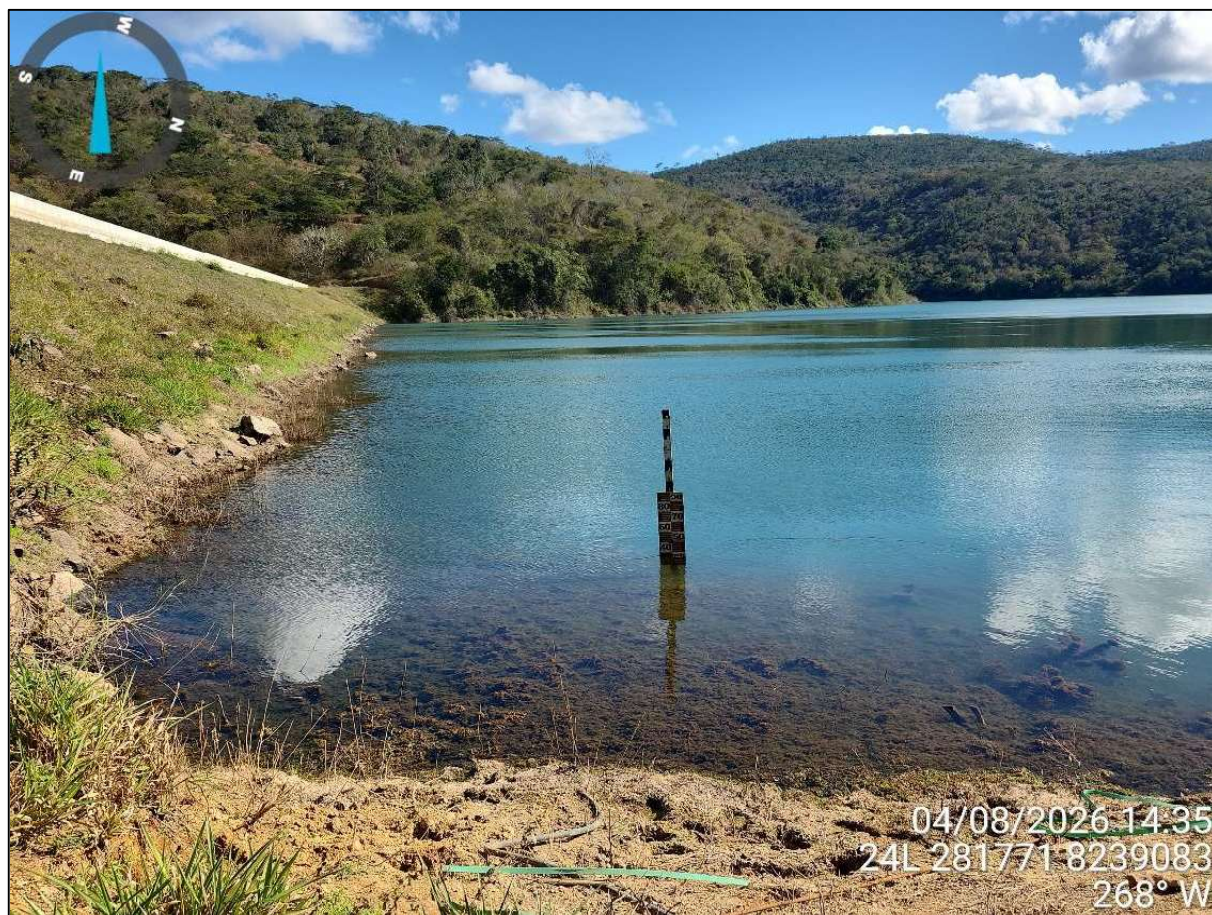


Figura 22.4 – Talude de Montante da Barragem Rancho Casca

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

22.5. OMBREIRAS

As ombreiras da Barragem Rancho Casca foram avaliadas durante as atividades de campo, incluindo as regiões de contato entre o maciço e o terreno natural. Não foram identificadas surgências, processos erosivos, trincas ou outras anomalias aparentes nesses contatos que pudessem indicar condições adversas ao comportamento da estrutura. De modo geral, as ombreiras apresentaram condições satisfatórias de conservação no período avaliado

22.6. EXTRAVASOR

O sistema extravasor da Barragem Rancho Casca foi observado durante as atividades de campo, apresentando condições satisfatórias de conservação. Ressalta-se que a estrutura passa por intervenção para fins de adequação de velocidade de escoamento de água. Durante a inspeção, não foram observadas fissuras, trincas, deslocamentos, obstruções ou outras anomalias aparentes nos elementos de concreto que pudessem comprometer seu desempenho. A Figura 22.5 ilustra o extravasor operacional.

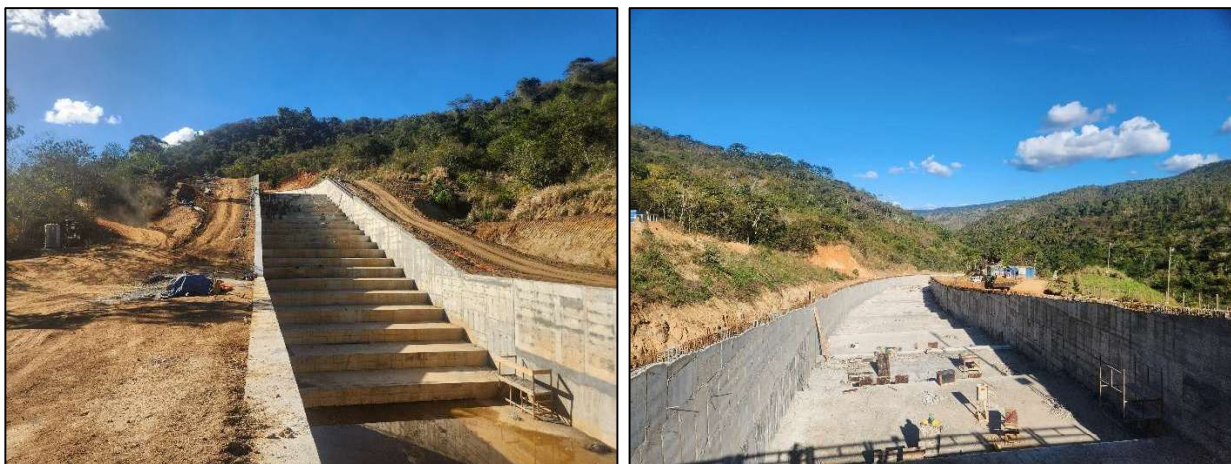


Figura 22.5 – Canal extravasor

22.7. INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação instalada na Barragem Rancho Casca foi avaliada durante as atividades de campo, contemplando a verificação visual das condições gerais de conservação e identificação dos dispositivos. Os instrumentos inspecionados encontravam-se devidamente identificados e acessíveis, não sendo observados, visualmente, danos ou outras condições aparentes que pudessem comprometer sua integridade ou utilização nas atividades de monitoramento. De modo geral, a instrumentação apresentou condições satisfatórias de conservação no período avaliado.

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

**Figura 22.6 – Instrumentação da Barragem Rancho Casca****22.8. DRENO DE FUNDO**

O dreno de fundo da Barragem Marçu foi vistoriado durante as atividades de campo, sendo constatada a ocorrência de vazão residual de pequena magnitude em sua saída. Durante a inspeção, o fluxo apresentou aspecto visual límpido, não sendo observados indícios de carreamento de sólidos ou outras anomalias aparentes associadas ao dispositivo. De modo geral, o dreno apresentou condições satisfatórias no período avaliado. A Figura 22.7 apresenta o ponto de saída do dreno de fundo durante a visita técnica.

**Figura 22.7 – Saída do dreno de fundo da Barragem Rancho Casca**

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

**Figura 22.8 – Medidor de vazão da saída da drenagem interna Barragem Rancho Casca****22.9. DRENAGEM SUPERFICIAL**

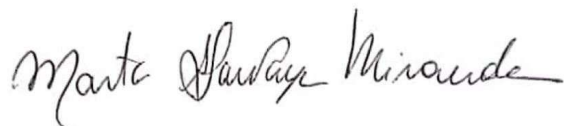
O sistema de drenagem superficial da Barragem Rancho Casca foi vistoriado durante as atividades de campo, apresentando condições satisfatórias de conservação. Os dispositivos encontravam-se desobstruídos e sem acúmulo significativo de materiais que pudesse comprometer o livre escoamento das águas pluviais. Durante a inspeção, não foram observadas trincas, fissuras, rachaduras ou outras anomalias aparentes nos elementos que compõem o sistema. A Figura 22.9 apresentam registros dos dispositivos de drenagem superficial durante a visita técnica.

**Figura 22.9 – Dispositivos de drenagem superficial presentes na Rancho Casca**

Tema do relatório:

RTSB – Relatório Técnico de Auditoria de Segurança de Barragens – Barragem Rancho Casca

Atenciosamente,



Marta Sawaya

CREA-MG 77.973

3EM – Mineração e Geologia Ltda.