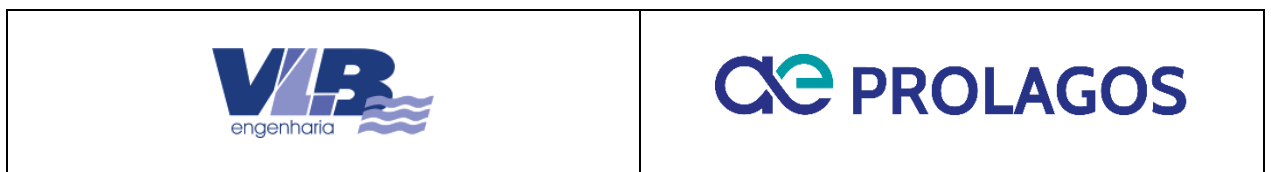


BARRAGEM DE JUTURNAÍBA
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

REVISÕES				



BARRAGEM DE JUTURNAÍBA

<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Elaborador</td> <td style="width: 20%;"><u>DCC/LGS</u></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">Aprov.</td> <td style="width: 20%;"><u>Celine Vasco</u></td> </tr> <tr> <td>Verificador</td> <td><u>EL</u></td> <td></td> <td></td> <td>Gerente do Projeto</td> </tr> <tr> <td>Supervisor</td> <td><u>ATCJ</u></td> <td></td> <td></td> <td>José Bernardino Botelho</td> </tr> <tr> <td>Data</td> <td><u>NOV/19</u></td> <td></td> <td>Aprov.</td> <td>Resp. Técnico MG-6.742/D-MG</td> </tr> </table>	Elaborador	<u>DCC/LGS</u>		Aprov.	<u>Celine Vasco</u>	Verificador	<u>EL</u>			Gerente do Projeto	Supervisor	<u>ATCJ</u>			José Bernardino Botelho	Data	<u>NOV/19</u>		Aprov.	Resp. Técnico MG-6.742/D-MG	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Nº VLB</td> <td style="width: 30%;">Rev.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1678-BJ-P-MA-G00-0001</td> <td style="text-align: center;">0A</td> </tr> <tr> <td>Nº do Cliente</td> <td>Rev.</td> </tr> </table>	Nº VLB	Rev.	1678-BJ-P-MA-G00-0001	0A	Nº do Cliente	Rev.
Elaborador	<u>DCC/LGS</u>		Aprov.	<u>Celine Vasco</u>																							
Verificador	<u>EL</u>			Gerente do Projeto																							
Supervisor	<u>ATCJ</u>			José Bernardino Botelho																							
Data	<u>NOV/19</u>		Aprov.	Resp. Técnico MG-6.742/D-MG																							
Nº VLB	Rev.																										
1678-BJ-P-MA-G00-0001	0A																										
Nº do Cliente	Rev.																										

BARRAGEM DE JUTURNAÍBA

MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	4
1.1.	OBJETIVO.....	4
2.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	5
3.	MONITORAMENTO	5
3.1.	ESTABILIDADE DOS TALUDES	5
3.2.	BORDA LIVRE	6
3.3.	PERCOLAÇÃO E CONTROLE DE DRENAGEM	6
3.4.	FISSURAÇÃO	6
3.5.	EROSÃO SUPERFICIAL.....	6
4.	PROGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO	7
4.1.	DESCRIÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO	7
4.2.	PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO TIPO CASAGRANDE (PZ).....	7
4.3.	MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA (MNA).....	10
4.4.	POÇOS DE VISITA (PV)	11
4.5.	CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS E MANUTENÇÃO PERIÓDICA.....	12
5.	PLANOS DE INSPEÇÃO	12
5.1.	LEITURAS DOS INSTRUMENTOS	13
5.2.	TIPOS E FREQUÊNCIAS DAS INSPEÇÕES	14
5.3.	ORIENTAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DAS INSPEÇÕES	16
5.4.	ROTEIRO PARA VISTORIA E INSPEÇÃO	18
6.	PLANO DE OPERAÇÃO	19
6.1.	REGRA OPERACIONAL DOS ÓRGÃOS EXTRAVASORES	19
6.2.	REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO.....	21
7.	PLANO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS	22
7.1.	MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS DE TERRA.....	22

MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

7.2. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	23
7.3. MANUTENÇÃO DOS ÓRGÃOS EXTRAVASORES	26
7.4. AÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	26
7.5. MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	27
ANEXO A- RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE	28
ANEXO B- ROTEIRO PARA INSPEÇÃO ROTINEIRA DA BARRAGEM.....	41

BARRAGEM DE JUTURNAÍBA

MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O presente Manual refere-se à Barragem de Terra Margem Esquerda e Margem Direita, Dique entre a Ilha do Madureira e a Ilha das Crioulas e Estruturas de Concreto da Barragem de Juturnaíba.

A Barragem de Terra, Dique e as Estruturas de Concreto foram projetados para apresentarem adequado desempenho ao longo do tempo com respeito aos aspectos estruturais, econômicos e ambientais.

Dessa forma, as inspeções descritas neste Manual abrangem as condições hidráulicas, hidrológicas, geotécnicas e de estabilidade estrutural e operacional, visando preservar as condições de segurança e integridade da obra.

Os valores apresentados para os diversos cenários dos instrumentos têm como base os dados de instalação do Projeto *As Is* desenvolvido pela VLB Engenharia.

1.1. OBJETIVO

Este Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção tem como objetivo estabelecer os procedimentos básicos para supervisão, controle e acompanhamento do comportamento das Barragens de Terra, do Dique entre ilhas e das Estruturas de Concreto da Barragem de Juturnaíba, localizada no rio São João. O monitoramento visa detectar a ocorrência de eventuais anomalias ao longo do enchimento do Reservatório e da operação dessas estruturas.

São estabelecidas neste plano as responsabilidades pelas leituras e pela interpretação dos dados coletados, assim como as frequências das inspeções visuais e das leituras de instrumentos no período de operação da Barragem.

São indicados os procedimentos básicos para assegurar a precisão das leituras, os fatores que podem influenciar os dados medidos e as manutenções periódicas necessárias.

É apresentado também o plano de inspeção visual para identificar as anomalias e irregularidades, principalmente as que possam eventualmente afetar a segurança das Barragens de Terra e do Dique entre as ilhas. Com relação às inspeções, são detalhados os locais a serem inspecionados para cada um dos tipos de estrutura, quais as deteriorações mais prováveis de ocorrerem, quais seus indicadores usuais e quais as causas prováveis que as provocam.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 1678-BJ-P-DE-G21-0001 a 0004 – PROJETO AS IS – INSTRUMENTAÇÃO – PLANTA, SEÇÕES E DETALHES TÍPICOS;
- 1678-BJ-P-DE-G20-0001 e 0003 – PROJETO AS IS – BARRAGEM DE TERRA MARGEM ESQUERDA E DIQUE – PLANTA E CORTES;
- 1678-BJ-P-DE-G20-0011 e 0014 – PROJETO AS IS – BARRAGEM DE TERRA MARGEM DIREITA – PLANTA E CORTES;
- 1678-BJ-P-RT-G00-0015 – REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM (RPSB) – VOLUME V

3. MONITORAMENTO

O monitoramento permite detectar a ocorrência de eventuais anomalias nas Barragens de Terra e no Dique entre ilhas de forma que possam ser identificadas e solucionadas em tempo hábil.

Esse monitoramento envolve o acompanhamento do desempenho das diversas obras que compõem o Barramento, a saber: os maciços de terra, as fundações e as ombreiras da Barragem e do Dique, e o sistema de drenagem.

A instrumentação é necessária também por razões de diagnóstico e de verificação da concepção do Projeto, da adequabilidade da técnica construtiva e de diagnóstico da natureza específica de um evento adverso.

Os instrumentos são instalados para controle das poropressões e vazões nos maciços de terra e na fundação, bem como níveis de água nas ombreiras.

Em complementação aos resultados das leituras dos instrumentos instalados, devem ser realizadas inspeções visuais periódicas das obras, visando identificar fissuras, trincas, abatimentos, entre outros indícios de movimentação das estruturas.

Alguns fatores fundamentais a serem monitorados por meio de instrumentos e inspeções visuais serão apresentados a seguir, conforme o tipo de anomalia envolvida.

3.1. ESTABILIDADE DOS TALUDES

A geração de poropressões no maciço e fundação da Barragem são medidas pelos piezômetros do tipo Casagrande instalados no aterro, na fundação e no tapete drenante. Inspeções visuais de taludes deverão ser realizadas regularmente. Os medidores de nível de água instalados na Barragem de Terra Margem Esquerda e Direita irão permitir verificar a percolação e identificar o nível de água e a possibilidade de instabilização dos taludes.

3.2. BORDA LIVRE

A borda livre deve ser suficiente para restringir o avanço de ondas sem o galgamento do maciço da Barragem, para níveis de cheia específicos e condições excepcionais de vento.

O controle do nível do Reservatório é realizado por meio de análises das leituras das réguas limnimétricas instaladas no Reservatório e por meio de registros da pluviometria local.

3.3. PERCOLAÇÃO E CONTROLE DE DRENAGEM

O carreamento de partículas de solo pelas forças de percolação de água no maciço da Barragem pode provocar a ocorrência de erosões internas (*piping*). O sistema de drenagem interna da Barragem foi projetado para prevenir a ocorrência de *piping* e garantir a capacidade de drenagem da vazão percolada pelo maciço e fundação da Barragem.

Gradientes hidráulicos elevados na Barragem e nas fundações podem levar à ocorrência de erosão regressiva. Piezômetros foram instalados nessas áreas visando à obtenção de dados de poropressão de água que indiquem essas situações.

Além disso, foram instalados medidores de nível d'água na Barragem para acompanhamento da percolação pelo maciço e recomenda-se a instalação de medidor de vazão a jusante do pé da Barragem margem esquerda para quantificação do fluxo que percola pelo sistema de drenagem interna.

Uma boa manutenção do espaldar de jusante e um sistema de drenagem interna bem dimensionado, monitorado constantemente pela instrumentação e submetido à observação periódica, previnem uma possível ocorrência de aumento de subpressão e carreamento de material à jusante do paramento.

Sistema de drenagem interna inoperante ou com capacidade reduzida de vazão pode levar à elevação do nível de água interno no maciço da Barragem e à ocorrência de *piping* no talude de jusante.

3.4. FISSURAÇÃO

A Barragem deve manter o Reservatório em condições de segurança em relação a qualquer fissuração que possa ser induzida por recalques diferenciais no maciço. Essas situações ocorrem principalmente devido à existência de diferentes tipos de materiais no maciço e/ou fundação da Barragem.

As inspeções visuais são o principal meio de se monitorar a ocorrência de fissuração e devem ser feitas nas Barragens de Terra de ambas as margens e no Dique entre as Ilhas do Madureira e das Crioulas, bem como nas ombreiras.

3.5. EROSÃO SUPERFICIAL

A erosão superficial é um fenômeno de deslocamento e transporte de partículas de solo por efeito do impacto das gotas de chuva e por fluxos superficiais laminares e

concentrados de água. A erosão superficial pode comprometer a integridade da Barragem.

Sistemas de proteção e de drenagem superficial de taludes foram projetados para prevenir a ocorrência dessas erosões. Para garantir seus desempenhos, eles deverão ser inspecionados visualmente e realizadas as manutenções necessárias nas Barragens de Terra de ambas as margens, bem como nas ombreiras.

4. PROGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO

Neste item são apresentadas as descrições dos instrumentos utilizados no monitoramento das Barragens de Terra e do Dique entre as ilhas do Madureira e das Crioulas, o local de instalação dos aparelhos, as instruções, recomendações de instalação e os valores de controle para as leituras de cada instrumento.

4.1. DESCRIÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação existente contempla 10 (dez) piezômetros do tipo Casagrande, sendo 9 (nove) instalados na Barragem da Margem Direita e 1 (um) no Dique entre ilhas. Há também 10 (dez) poços de visita existentes na margem direita.

Em 2019 foi realizada uma nova campanha de instrumentação (série 100), que contou com a instalação de 11 (onze) novos piezômetros do tipo Casagrande e 5 (cinco) medidores de nível d'água, os quais estão resumidos na Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Instrumentos instalados nas Barragens de Terra e no Dique entre as Ilhas do Madureira e das Crioulas.

INTRUMENTO	LOCALIZAÇÃO	QUANTIDADE (unidade)
Piezômetro de Tubo Aberto tipo Casagrande (PC)	Barragens de Terra Esquerda, Direita e Dique entre ilhas do Madureira e das Crioulas	11
Medidor de Nível d'Água (MNA)	Ombreiras Direita e Esquerda	5

4.2. PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO TIPO CASAGRANDE (PC)

Os Piezômetros de Tubo Aberto tipo Casagrande são instalados com o objetivo de acompanhar a evolução das poropressões atuantes no aterro e fundação da Barragem. A Tabela 5.2 apresenta a localização deles.

Tabela 4.2 – Localização dos Piezômetros de Tubo Aberto tipo Casagrande

LOCAL	ESTACA	INTRUMENTO	AFASTAMENTO (m)	COTA DE TOPO (m)	LOCAL DE INSTALAÇÃO	COTA DE INSTALAÇÃO (m)
Margem Direita	11+20,00	PC-105	20,00 jus.	6,50	Fundação	1,27
		PC-106	20,00 jus.	6,50	Fundação	-8,73
		PC-01	2,54 jus.	-	Fundação	1,07
		PC-02	21,21 jus.	-	Tapete	3,37

MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

LOCAL	ESTACA	INSTRUMENTO	AFASTAMENTO (m)	COTA DE TOPO (m)	LOCAL DE INSTALAÇÃO	COTA DE INSTALAÇÃO (m)
	26+20,00	PC-03	10,26 jus.	-	Maciço	3,94
		PC-103	20,00 jus.	6,30	Tapete	2,46
		PC-104	20,00 jus.	6,30	Fundação	-1,67
		PC-05	19,40 jus.	-	Maciço	4,58
		PC-06	5,84 jus.	-	Tapete	4,58
		PC-07	2,36 mont.	-	Maciço	4,34
	43+6,00	PC-101	25,00 jus.	7,50	Maciço	3,50
		PC-102	25,00 jus.	7,50	Tapete	1,01
		PC-08	18,17 jus.	-	Tapete	1,33
		PC-09	5,27 jus.	-	Maciço	3,25
Dique entre Ilhas do Madureira e das Crioulas	-	PC-107	24,62 jus.	5,50	Fundação	-3,54
		PC-01	2,54 jus.	-	Fundação	1,07
Margem Esquerda	26+0,00	PC-108	10,00 jus.	10,60	Tapete	1,75
		PC-109	10,00 jus.	10,60	Fundação	-0,55
	11+20,00	PC-110	10,00 jus.	10,70	Tapete	-3,65
		PC-111	10,00 jus.	10,70	Fundação	-0,35

LEGENDA: PC: piezômetro; jus.: jusante; mont.:montante.

4.2.1 Metodologia para definição dos Níveis de Controle

Os Níveis de Controle dos instrumentos são definidos por meio de análises de estabilidade e percolação da Barragem e do Dique, onde são simuladas diferentes elevações do nível de água no interior do maciço de forma a se obter os Fatores de Segurança (FS).

A metodologia utilizada para definição dos Níveis de Controle da Barragem em estudo compreende:

- Seleção das seções da Barragem: as seções selecionadas foram aquelas onde foram instalados instrumentos série 100, instalados na campanha de instrumentação de 2019.
- Seleção dos parâmetros geomecânicos: os parâmetros de resistência e permeabilidade são os mesmos utilizados nas análises de percolação e estabilidade apresentadas no documento 1678-BJ-P-RT-G00-0015, listada nos Documentos de Referência.
- Montagem do modelo: o modelo foi elaborado no programa *SLIDE* versão 8.0, da *Rocscience*, que utiliza o Método de Equilíbrio Limite para a análise de

estabilidade da estrutura e o Método dos Elementos Finitos para a análise de percolação.

- Nível de água: para a elaboração da Carta de Risco, dois aspectos foram analisados conjuntamente: o nível de água no interior do maciço e a estabilidade da estrutura. Os estudos foram feitos a partir de análises de estabilidade para a condição de percolação estável, que é representativa da condição de operação na qual o nível d'água, tendo atingido seu valor máximo normal a montante (El. 8,40 m), assim permanece por um período de tempo suficientemente longo para a saturação do maciço nas zonas submetidas à percolação.

4.2.2 Níveis de Controle

Os Níveis de Controle dos instrumentos são associados a três Níveis de Segurança da Barragem, assim definidos:

- Nível Normal – $FS \geq 1,5$: resultado satisfatório em relação à segurança da estrutura;
- Nível de Atenção – $1,4 \leq FS < 1,5$ e/ou linha freática próxima ao talude de jusante: resultado não satisfatório em relação à segurança da estrutura, exigindo atenção especial e monitoramento constante do nível piezométrico. Poderão ser tomadas medidas corretivas de segurança;
- Nível de Alerta – $1,3 \leq FS < 1,4$ e/ou surgência de água no talude de jusante e/ou colmatação total do sistema de drenagem interna da Barragem: resultado não satisfatório em relação à segurança da estrutura, exigindo a tomada imediata de medidas corretivas de segurança.

A elevação do nível de água no interior do maciço da Barragem e consequente redução do Fator de Segurança simulam, por exemplo, uma condição onde a drenagem interna da Barragem apresenta alguma anomalia que comprometa seu funcionamento.

A empresa especializada no monitoramento da Barragem e/ou consultores especializados em Segurança de Barragens deverão ser prontamente mobilizados quando da aproximação ou ultrapassagem dos limites de alerta aqui apresentados, para a investigação e análise de suas causas.

A Tabela 4.3 apresenta os valores de controle para cada piezômetro. As definições dos cenários de risco e os resultados das análises de estabilidade e percolação para as seções analisadas encontram-se no Anexo A.

Não foram definidos níveis de atenção para os instrumentos, visto que a simulação considerando colmatação total do sistema de drenagem interna da Barragem não resulta em fator de segurança entre 1,5 e 1,4 nem provoca linha freática próxima ao talude de jusante. Desse modo, o nível de atenção se configura como uma situação intermediária entre as leituras dos níveis normal e de alerta, caso sejam observadas leituras crescentes dos piezômetros associadas a variações nas vazões registradas no medidor.

Tabela 4.3 – Níveis de Controle dos Piezômetros de Tubo Aberto tipo Casagrande

LOCAL	ESTACA	INSTRUMENTO	NÍVEL NORMAL		NÍVEL DE ATENÇÃO		NÍVEL DE ALERTA	
			FS	Cota Piezométrica (m)	FS	Cota Piezométrica (m)	FS	Cota Piezométrica (m)
MARGEM DIREITA	11+20,00	PC-105	2,60	3,30	(1)	-	2,29	7,25
		PC-106		4,20		--		7,28
		PC-01		4,35		-		7,67
		PC-02		3,30		-		7,21
		PC-03		3,90		-		7,49
	26+20,00	PC-103	2,96	3,74	(1)	-	2,53	7,08
		PC-104		4,25		-		7,16
		PC-05		3,57		-		7,16
		PC-06		3,74		-		7,36
		PC-07		5,10		-		7,52
	43+6,00	PC-101	3,71	2,51	(1)	-	3,06	6,56
		PC-102		2,51		-		6,56
		PC-08		2,40		-		6,76
		PC-09		3,17		-		7,15
		PC-10		3,72		-		7,28
DIQUE (2)	-	PZ-107	1,53	5,39	(1)	-	1,53	5,39
		PC-01		6,16		-		6,65
MARGEM ESQUERDA	26+00	PC-108	2,05	5,89	(1)	-	1,98	6,55
		PC-109		6,33		-		6,70
	11+20,00	PC-110	1,95	6,56	(1)	-	1,94	6,63
		PC-111		6,63		-		6,63

LEGENDA: PZ: piezômetro; FS: Fator de Segurança.

NOTAS: (1) Para os instrumentos indicados, não há nível de atenção, visto que a simulação considerando colmatagem total do sistema de drenagem interna da Barragem não resulta em FS entre 1,5 e 1,4 nem provoca linha freática próxima ao talude de jusante.

(2) Para os piezômetros instalados no Dique, em função da geometria da seção, não há redução do fator de segurança, e apenas a leitura do PC-01 variou com o cenário de colmatagem total do sistema de drenagem interna.

4.3. MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA (MNA)

Os medidores de nível d'água (MNA) foram instalados para verificar a percolação de água no maciço e acompanhar o nível freático local, a jusante do barramento.

A Tabela 4.4 apresenta a localização dos medidores de nível d'água. Para esses instrumentos, não são fixados níveis de controle por não estarem associados diretamente a um fator de segurança da Barragem, isto é, suas leituras devem ser avaliadas em conjunto com as dos demais instrumentos e com base nas observações de campo.

Como esses instrumentos foram instalados recentemente, as leituras disponíveis ainda não são suficientes para o estabelecimento de níveis de referência. Foram definidos apenas os níveis previstos com base nas análises de percolação realizadas, apresentados na Tabela 4.5.

Sugere-se que, com a realização de leituras obtidas ao longo desses anos, sejam analisadas a tendência de leituras. Dessa forma, variações acentuadas em relação aos valores de referência, para mais ou para menos, devem motivar investigações mais aprofundadas quanto à causa das leituras anômalas.

Tabela 4.4 – Localização dos Medidores de Nível d'Água

LOCAL	ESTACA	INSTR.	AFASTAMENTO (m)	N	E	LOCAL DE INSTALAÇÃO	COTA DE TOPO (m)	COTA DE INSTALAÇÃO (m)
MARGEM DIREITA	43+6,00	MNA-101	40,50	7.497.159,70	781.422,79	Fundação	4,70	-5,56
	26+20,00	MNA-102	35,50	7.497.816,65	781.371,38	Fundação	6,00	-2,59
	11+20,00	MNA-103	33,50	7.498.410,37	781.325,45	Fundação	6,00	-1,97
MARGEM ESQUERDA	26+0,00	MNA-104	43,00	7.499.992,28	780.727,14	Fundação	5,50	-3,45
	11.20,00	MNA-105	38,00	7.500.398,68	780.327,38	Fundação	4,50	-4,11

LEGENDA: INSTR.: Instrumento; MNA: Medidor de Nível d'Água.

Tabela 4.5 – Níveis previstos para os Medidores de Nível d'Água

LOCAL	INSTR.	LOCAL DE INSTALAÇÃO	NÍVEIS PREVISTOS (m)
MARGEM DIREITA	MNA-101	Fundação	3,28
	MNA-102	Fundação	4,59
	MNA-103	Fundação	3,75
MARGEM ESQUERDA	MNA-104	Fundação	5,94
	MNA-105	Fundação	5,85

4.4. POÇOS DE VISITA (PV)

Os poços de visita (PV) existentes na margem direita no pé da Barragem possibilita verificar a percolação de água pelo maciço e fundação. Pelo fato de não haver cotas mais baixas em continuidade do terreno natural a jusante para encaminhar a drenagem, essa Barragem não possui saída natural para jusante através de um dreno de pé. Para tanto, há trincheiras drenantes de saída do tapete horizontal com tubos de concreto que deságuam em poços de visita.

Esses poços não possuem leituras, sendo recomendado seu acompanhamento desde então. Portanto, não foram fixados níveis de controle e suas leituras devem ser avaliadas em conjunto com as dos demais instrumentos e com base nas observações de campo.

Sugere-se que, com a realização de leituras obtidas ao longo desses anos, sejam analisadas a tendência de leituras. Dessa forma, variações acentuadas em relação aos valores de referência, para mais ou para menos, devem motivar investigações mais aprofundadas quanto à causa das leituras anômalas.

4.5. CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS E MANUTENÇÃO PERIÓDICA

Todos os dispositivos de medição devem ser calibrados e mantidos adequadamente e os instrumentos devem apresentar bom estado de conservação para assegurar que as leituras realizadas representem com fidelidade a realidade de campo.

A calibração dos dispositivos de medição é exigida em três períodos. A primeira calibração é executada pelo fabricante, antes do envio para a obra; a segunda é feita quando o instrumento é recebido na obra, e a terceira ocorre durante sua vida útil.

Calibrações e testes de verificação dos dispositivos de leitura são requeridos durante a vida útil do instrumento, pois as unidades portáteis de leitura são vulneráveis às alterações em decorrência do frequente manuseio, utilização por diferentes pessoas, impactos eventuais, insolação direta e falta de manutenção regular.

A manutenção regular requerida durante a vida útil do instrumento e do dispositivo de leitura deve ser realizada pelos técnicos responsáveis pelas leituras da instrumentação, devendo estar sob controle direto do órgão responsável pelo empreendimento e sob supervisão periódica de um especialista em instrumentação.

Os técnicos envolvidos nas leituras devem receber treinamento na operação e manuseio dos dispositivos de leitura, cuidando minuciosamente de sua limpeza, proteção, lubrificação, troca de peças, etc. Os procedimentos apropriados para a correta manutenção de cada tipo de instrumento e de seu respectivo dispositivo de leitura devem constar nas especificações detalhadas fornecidas pelo fabricante.

Os pontos de medição superficial devem ser vistoriados regularmente visando identificar danos causados por vandalismo, atividade de máquinas, erosão, preenchimento impróprio, falta de tampas ou envoltórios protetores. Esse conjunto de atividades, associado a observações diretas das estruturas, visam assegurar a precisão das leituras e a confiabilidade nos dados monitorados.

5. PLANOS DE INSPEÇÃO

Inspeções e avaliações técnicas devem ser feitas para avaliar as características hidráulicas, hidrológicas, geotécnicas e estruturais das diversas instalações da obra. As inspeções devem ser realizadas por pessoal qualificado e treinado para

identificar visualmente as anomalias que possam afetar a segurança da Barragem e realizar leituras e medições dos instrumentos instalados.

Em relação às análises de estabilidade com atuação do Nível d'Água Máximo Maximorum, apontado no documento 1678-BJ-P-RT-G00-0015, no Cenário mais pessimista, NA na El. 10,0 m, há surgência de água no talude de jusante de ambas as Barragens e no Dique. Desse modo, em caso de sobre-elevação do nível de água do Reservatório acima do Nível Normal, as inspeções visuais devem ser especificamente orientadas para a identificação de eventuais pontos de afloramento de água nos taludes de jusante e avaliação da necessidade de execução de dispositivos de controle, como drenos invertidos, por exemplo.

5.1. LEITURAS DOS INSTRUMENTOS

A frequência das leituras dos instrumentos deve ser realizada conforme apresentado na Tabela 5.1, durante a fase de operação da Barragem.

Tabela 5.1 – Frequência de Leitura dos Instrumentos

TIPO DE INSTRUMENTO	PERÍODO DE OPERAÇÃO (2)
Piezômetro de Tubo	Semanal/mensal
Medidor de Nível de Água	Semanal/mensal
Poços de visita	Semanal/mensal
Medidor de Vazão	Semanal

As interpretações regulares dos dados poderão levar à necessidade de alteração da frequência de leitura da instrumentação e das inspeções rotineira e formal, a critério da equipe responsável pela interpretação dos dados. Esse diagnóstico deverá levar em consideração os critérios dos níveis de controle da Barragem.

Registros extraordinários deverão ser realizados após chuvas atípicas, de grande intensidade. A variação da frequência de leituras durante a passagem de um período de avaliação para outro deve ser realizada de modo gradativo, a critério da equipe responsável pela interpretação dos dados de monitoramento.

É recomendável que cada instrumento de auscultação instalado na Barragem seja lido preferencialmente na mesma hora do dia. Os instrumentos devem ser agrupados de modo que sejam lidos em um mesmo dia e suas leituras programadas em uma determinada sequência e com itinerário fixo.

Recomenda-se que se evitem mudanças frequentes nas equipes de leitura de um determinado tipo de instrumento, a fim de assegurar ao máximo a precisão dos dados adquiridos. Em caso de substituições programadas para os leituristas, recomenda-se que o substituto acompanhe os leituristas experientes por um período mínimo de duas campanhas de leituras.

Instrumentos cujos dados são analisados de forma integrada devem ter frequência de leituras iguais, sendo realizadas preferencialmente nos mesmos dias e horários.

Os resultados deverão ser apresentados em gráficos cronológicos e anexados às tabelas digitais dos valores das leituras. Esses arquivos deverão ser cuidadosamente verificados e comparados com o nível do Reservatório e a precipitação local.

5.2. TIPOS E FREQUÊNCIAS DAS INSPEÇÕES

Apresentam-se a seguir, os tipos de inspeção a serem realizados na Barragem e as respectivas frequências de execução.

- Inspeção Rotineira (ou informal): refere-se ao monitoramento contínuo e sistemático da Barragem, a ser executada pela equipe local de operação e monitoramento pela entidade responsável pelo empreendimento. A frequência dessa inspeção normalmente é realizada juntamente com a leitura dos instrumentos, presentes na Tabela 5.1. Não gera relatório específico, mas apenas comunicação de anomalias ou eventuais problemas encontrados à equipe técnica responsável pelo gerenciamento de segurança da Barragem. Essas comunicações poderão gerar dois tipos de inspeção, a saber: inspeção especial em nível de atenção e alerta. É recomendável que tais técnicos sejam submetidos, periodicamente, a treinamento sobre problemas que podem ocorrer nas estruturas do Barramento.
- Inspeção de Segurança Regular (ou formal): a ser realizada por equipe de segurança de Barragem, composta por profissionais treinados e capacitados a retratar suas condições de segurança, conservação e operação. Os relatórios de inspeção de segurança regular deverão conter avaliação da instrumentação disponível na Barragem, indicando: necessidade de manutenção, reparo ou aquisição de equipamentos; avaliação de anomalias que acarretem em mau funcionamento, em indícios de deterioração ou em defeitos construtivos da Barragem; comparativo com inspeção de segurança regular anterior; diagnóstico do nível de segurança da Barragem; indicação de medidas necessárias à garantia da segurança da Barragem. Deverá ser emitido um relatório contendo as observações de campo e as recomendações pertinentes.

O diagnóstico do Nível de Perigo Global da Barragem (NPGGB) deve classifica-la conforme as seguintes categorias:

- a) Normal: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete
- b) Atenção: quando o efeito conjugado das anomalias não compromete de imediato ou a curto prazo a Segurança da Barragem, mas caso venham a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controladas,
- c) Alerta: quando o efeito conjugado das anomalias compromete a Segurança da Barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para eliminá-las
- d) Emergência: quando o efeito conjugado das anomalias representa alta probabilidade de ruptura da Barragem, devendo ser tomadas providências

imediatas para sua eliminação e redução dos danos materiais e a humanos decorrentes de uma eventual ruptura da Barragem.

A Tabela 5.2 apresenta a frequência das inspeções rotineiras e de segurança regular durante a fase de operação da Barragem.

Tabela 5.2 – Frequência das Inspeções Rotineiras e Regulares

INSPEÇÃO	PERÍODO DE OPERAÇÃO ⁽²⁾
Rotineira	Semanal/mensal
Segurança Regular	Anual

- **Inspeção de Segurança Especial:** visa manter ou restabelecer o nível de segurança da Barragem à categoria normal e deverá ser realizada mediante constituição de equipe multidisciplinar de especialistas, substituindo a inspeção de segurança regular sempre que o nível de segurança do barramento estiver nas categorias alerta e emergência. A inspeção especial também deve ser realizada após ocorrência de evento excepcional (abalo sísmico, galgamento, cheia ou operação hidráulica do Reservatório em condições excepcionais).

A ANA poderá demandar realização de inspeção de segurança especial a partir de denúncia fundamentada, de resultado de fiscalização desempenhada em campo ou de recebimento de comunicado de ocorrência feito pelo próprio empreendedor.

O conteúdo mínimo da inspeção de segurança especial é o mesmo disposto para a inspeção de segurança regular, tendo como referência o evento motivador.

- **Revisão Periódica de Segurança (RPS):** tem o objetivo de diagnosticar o estado geral de segurança da Barragem, levando-se em conta o avanço tecnológico, a atualização de informações hidrológicas na respectiva bacia hidrográfica, de critérios de projeto e de condições de uso e ocupação do solo a montante e a jusante do empreendimento. A RPS deve indicar as medidas a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da Barragem, compreendendo uma análise minuciosa sobre a segurança da Barragem conforme especificado na resolução normativa nº 236 de 30/01/2017 da ANA, devendo ser conduzida pelo responsável técnico.

A periodicidade de realização da RPS será definida de acordo com a classe da Barragem, conforme apresentado na Tabela 5.3. No caso de Juturnaíba, a classe é “A”, portanto, deve-se realizar a RPS aa cada 5 anos.

Tabela 5.3 – Periodicidade Limite para Revisão Periódica de Segurança

	Classe da Barragem		
	A	B	C
Periodicidade	5 anos	7 anos	10 anos

5.3. ORIENTAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DAS INSPEÇÕES

Neste item são apresentadas orientações para a realização de inspeções, inclusive as anomalias mais usuais, os indicadores e as causas prováveis, de acordo com a área vistoriada. São citadas algumas informações que devem estar disponíveis para a avaliação do problema potencial de segurança da Barragem e para a definição das medidas reparadoras.

É apresentada também uma sugestão de roteiro para sistematização das inspeções rotineiras.

5.3.1 Situação Geral da Barragem

A Barragem deve ser cuidadosamente vistoriada, em busca de quaisquer evidências de deslocamento, rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, buracos de animais, vegetação etc. A inspeção visual deve ser executada para se identificar trincas ou fissuras e suas prováveis causas.

Devem ser identificados sinais de erosão excessiva, decorrentes de proteção de talude inadequada, excesso de chuvas, escoamento superficial concentrado ou presença de siltes ou de argilas dispersivas altamente erodíveis. As áreas adjacentes a todas as estruturas incorporadas na Barragem deverão ser vistoriadas quanto à erosão.

Vegetação que possua sistema extenso de raízes ou que impeça uma visão clara da Barragem ou das áreas de encontro deverá ser removida. Vegetações novas ou tipos que requeiram grande quantidade de umidade é motivo de suspeita, porque podem indicar pontos úmidos na Barragem. Uma diferença de cor notada dentro de uma área de um mesmo tipo de vegetação é uma boa indicação desses pontos.

Uma faixa mínima de 3,00 m de largura a jusante do offset da Barragem deve ser mantida limpa, isto é, sem vegetação alta, após a supressão vegetal recomendada.

Deve ser feita uma visada ao longo do alinhamento da crista da Barragem, parapeitos, bermas, canaletas de drenagem, descidas de água ou outros alinhamentos paralelos ou concêntricos à Barragem, para detectar a possível existência de deslocamento superficial.

Os taludes de montante e de jusante e as áreas a jusante da Barragem devem ser vistoriados à procura de qualquer sinal de protuberância ou outro desvio de planos lisos e uniformes. Quaisquer movimentos suspeitos identificados por estes métodos devem ser verificados por levantamentos topográficos.

Deve ser verificada a existência de rachaduras na superfície da Barragem. A profundidade e a orientação das rachaduras devem ser definidas para melhor se entender suas causas.

Aberturas ou escarpas na crista da Barragem ou nos taludes podem indicar deslizamentos. Uma vistoria rigorosa dessas áreas deve ser feita, para delinear a posição e extensão da massa deslizada.

Rachaduras superficiais próximas das zonas de contato dos encontros da Barragem pode ser uma indicação de recalque da mesma e, se forem bastante severas, podem desenvolver-se em um caminho de vazamento ao longo destas zonas de contato.

Devem ser vistoriados a face de jusante e pé da Barragem em busca de pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam indicar percolação excessiva através da Barragem ou pela ombreira. Outros indicadores de percolação são pontos moles e crescimentos anormais de vegetação.

Áreas molhadas, nascentes e bolhas devem ser corretamente localizadas e mapeadas, para comparação com vistorias futuras. A percolação deve ser medida e controlada em base periódica, para assegurar que uma tendência adversa não se desenvolva e leve a uma condição insegura. Mudanças bruscas na vazão medida por nos medidores de vazão são imediatamente suspeitas, para mais ou para menos. Outra indicação de mudanças pode ser o desenvolvimento de vegetação nova ou exuberante.

5.3.2 Situação Geral do Reservatório e Acessos

A bacia do Reservatório, embora usualmente não afete de maneira direta a estabilidade da Barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da Barragem e do Reservatório.

Sempre que uma vistoria é feita, o nível do Reservatório deve ser registrado. Quaisquer níveis altos ou baixos, dignos de nota, e qualquer volume de água excessivo não previsto devem ser registrados.

Se as condições permitirem, a bacia do Reservatório deve ser vistoriada nas ocasiões em que ela tiver nível baixo. Se isto não for possível, vistorias subaquáticas dos locais suspeitos ou selecionados podem ser necessárias.

As superfícies da bacia do Reservatório devem ser vistoriadas quanto a depressões, sumidouros ou erosão das superfícies naturais ou revestimentos do Reservatório.

Possíveis áreas de deslizamentos devem ser identificadas. Deslizamentos incluem todas as formas de movimento de massa que possam afetar a Barragem, associados ao Reservatório ou vias de acesso. Incluem áreas de deslizamentos ativas, inativas e potenciais que podem variar, desde pequenos rolamentos sobre o talude até movimentos de grande volume.

Áreas de deslizamentos podem muitas vezes ser identificadas e, possivelmente, delineadas por numerosos sinais de perigo ou movimento, os quais incluem escarpas, árvores inclinadas, áreas de vegetação morta ou morrendo, rachaduras

MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

de tensão, distorções das encostas das colinas, desalinhamento de elementos retos, invasão da vegetação marginal para dentro do Reservatório e nascentes.

A documentação das condições existentes utilizando fotografias é firmemente recomendada. Se for justificado, poderá ser requerido um levantamento da estabilidade do talude e do histórico do mesmo.

Características de interesse, de deslizamentos de terra, incluem: tamanho; orientação relativa à configuração do Reservatório; distância da Barragem, seções críticas da borda, velocidade da ruptura, tipo de material e mecanismo da falha.

O tempo disponível durante uma vistoria típica de Segurança de Barragens é insuficiente para um exame em profundidade de cada área de deslizamento existente ou potencial do Reservatório. Portanto, a identificação de condições suspeitas deve induzir a uma recomendação da equipe para um estudo em profundidade a ser feito.

5.3.3 Considerações sobre a Avaliação Geológico-Geotécnica

Todos os dados de instrumentação disponíveis devem ser revistos durante a avaliação formal. Se os dados disponíveis forem limitados, deverá ser feita uma avaliação quanto à necessidade de instrumentação adicional para avaliar um problema potencial de Segurança de Barragem.

As características originais dos materiais da fundação e dos encontros, assim como quaisquer mudanças que possam ter sido reveladas durante a operação, devem ser avaliadas durante a revisão dos dados de instrumentação, lençol freático e percolações anteriores à vistoria do local.

A estabilidade estática da Barragem e da fundação será analisada quanto ao recalque, deslocamento e umedecimento excessivo. Outros dados como mapas geológicos, registros de perfuração, ensaios de laboratório, superfície freática e métodos de construção devem ser usados, quando disponíveis.

A estabilidade à percolação do maciço e fundação da Barragem é focalizada em itens tais como o aumento da percolação com o tempo, a presença de sumidouros e cavidades, e deverão ser utilizados registros de informações na avaliação.

A integridade de controle da percolação dos filtros, drenos, coberturas e materiais de zonas de transição devem também ser analisados.

5.4. ROTEIRO PARA VISTORIA E INSPEÇÃO

No Anexo B deste Manual, encontra-se um roteiro para sistematização das inspeções de rotina a serem executadas pela equipe de operação, inspeção e manutenção da Barragem. A periodicidade dessas inspeções será de duas vezes por semana durante a estação chuvosa e quinzenal durante a estação seca.

Deve-se implantar na Barragem um sistema de comunicação direta e operativa entre a equipe que efetuará as inspeções de rotina e a Gerência de Operação da Barragem de Juturnaíba, para que medidas de emergências possam ser imediatamente executadas para correção imediata no caso eventual de ocorrência de anomalias.

Todos os dados obtidos nas inspeções, inclusive fichas e fotografias, devem ser devidamente analisados e consolidados em relatórios periódicos que deverão ser arquivados pela equipe técnica responsável.

Os relatórios de inspeções especiais e aqueles produzidos por consultoria externa ou auditorias internas e externas também deverão ser mantidas devidamente arquivadas para histórico do comportamento da estrutura.

6. PLANO DE OPERAÇÃO

O Plano de Operação da Barragem estabelece os procedimentos a serem adotados na operação do Reservatório, em especial na operação dos Órgãos Extravasores ou de Descarga, de modo a garantir as condições de segurança das estruturas.

Deve ser mantido um Registro de Operação, que contenha os seguintes elementos:

- a) Dados de níveis no Reservatório e vazões afluentes e defluentes, bem como manobras do Vertedouro;
- b) Ocorrências significativas do ponto de vista da operação do Vertedouro; e
- c) Relatórios de operação incluindo, principalmente, a análise dos aspectos referidos nos itens anteriores.

As regras de operação do Reservatório incluem os procedimentos que devem ser adotados na operação, tanto em condições normais como excepcionais, de modo a satisfazer as exigências de comportamento e a manter as necessárias condições de segurança da Barragem. Conforme a experiência obtida no decurso da operação, bem como no caso de mudanças substanciais das premissas que presidiram à sua elaboração, as regras de operação devem ser alteradas.

6.1. REGRA OPERACIONAL DOS ÓRGÃOS EXTRAVASORES

O Barramento de Juturnaíba dispõe de 3 (três) Órgãos Extravasores, sendo 1 (um) Vertedouro de Superfície Livre tipo “Labirinto” e 2 (dois) Descarregadores de Fundo, com 4 (quatro) vãos cada e localizados à direita e à esquerda do primeiro. A crista do Vertedouro Livre é composta de 4 (quatro) módulos, totalizando um comprimento de crista de aproximadamente 670 m. A Soleira está estabelecida na El. 8,40 m. A capacidade de descarga é dada pela expressão:

$$Q = 1.084,321 * (H - 8,40)^{1,698}$$

em que H é a cota do Reservatório em metro e Q a vazão em m³/s. A Figura 6.1 apresenta a curva de descarga de forma gráfica.

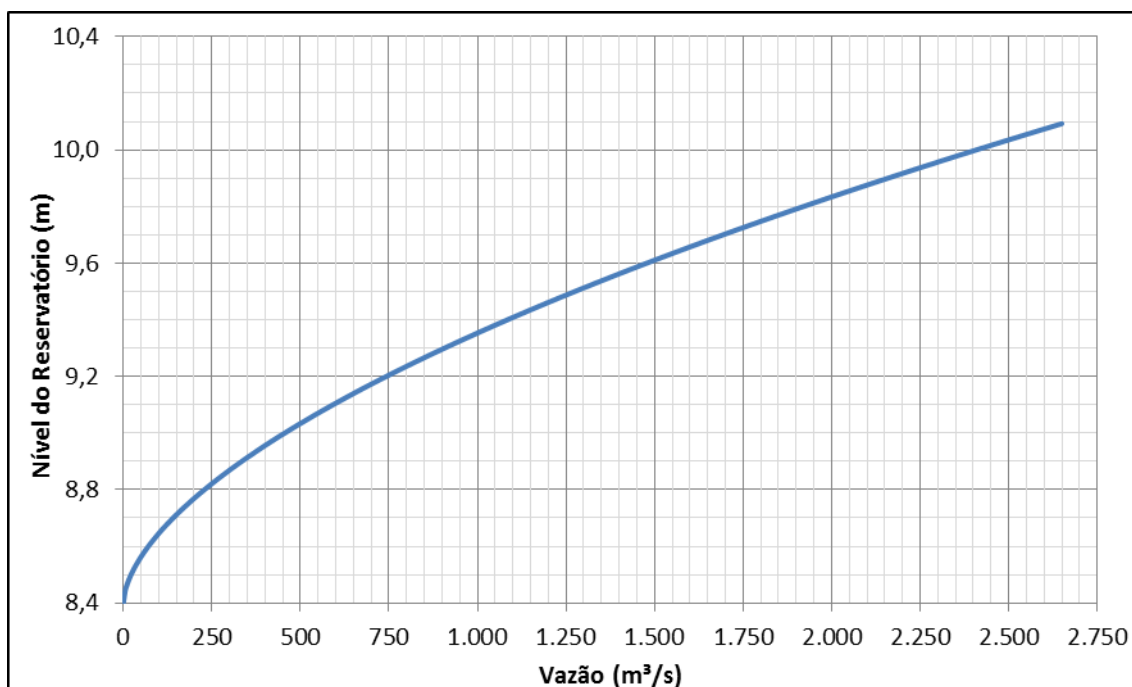


Figura 6.1 - Curva de Descarga do Vertedouro Livre tipo Labirinto

Os Descarregadores de Fundo das margens direita e esquerda são compostos por 4 (quatro) comportas deslizantes, com 1,20 m de largura e 1,80 m de altura cada comporta do Descarregador da Margem Esquerda e 1,60 m de largura e 1,20 m de altura no Descarregador da Margem Direita. Ambos têm a soleira de fundo na elevação 3,00 m e apresentem Bacia de Dissipação logo a jusante. Após as comportas, o fluxo passa por um canal com um trecho inicial horizontal, sendo restituído ao leito retificado do rio São João. A Figura 6.2 apresenta a curva de descarga da estrutura para comportas totalmente abertas. O acionamento das comportas é feito manualmente por volante.

Com o objeto de manter o nível de montante com a menor oscilação possível e garantir a Vazão Sanitária, opera-se preferencialmente em condições normais os Descarregadores de Fundo.

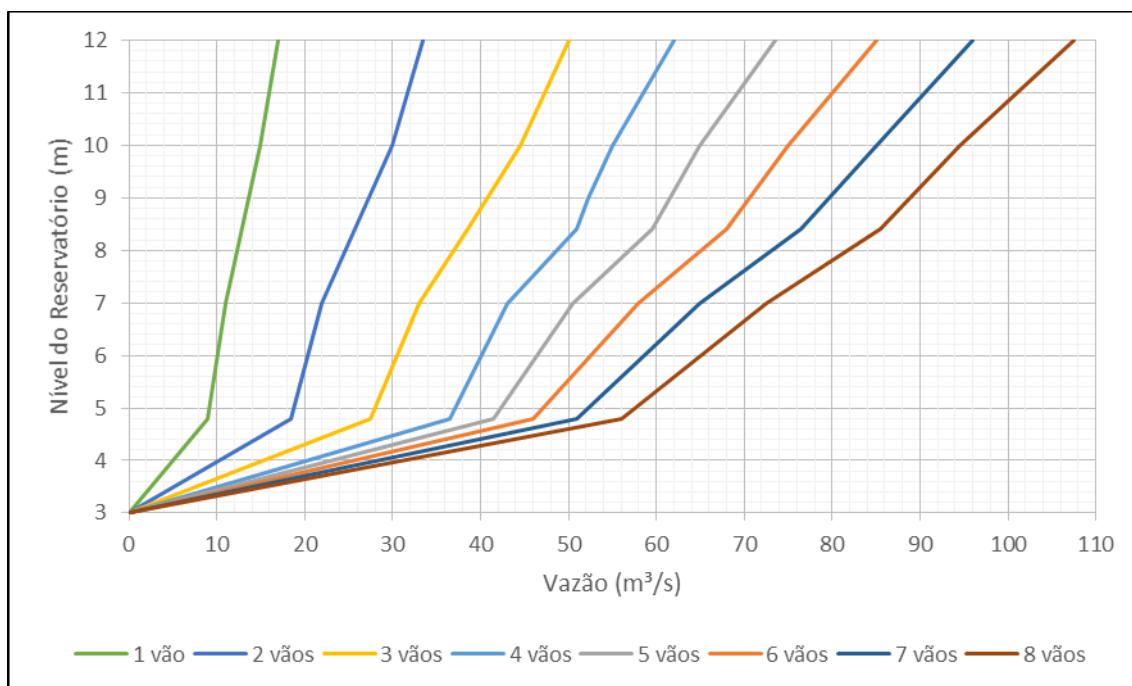


Figura 6.2 - Curva de Descarga dos Descarregadores de Fundo

6.2. REGRA OPERACIONAL DO RESERVATÓRIO

A Barragem de Juturnaíba tem como finalidade a captação de água para o consumo doméstico, porém, deve manter uma Vazão Sanitária de 8 m³/s para o rio São João, conforme Resolução 014-2007 emitida pelo Comitê de Bacia Lagos São João.

O Nível Máximo Maximorum foi definido com base em estudos hidrológicos atualizados, adotando-se uma vazão igual a 2.577 m³/s, correspondente a 10.000 anos de Tempo de Recorrência, para vazão de projeto dos Vertedouros. Os níveis operacionais para o Reservatório da Barragem de Juturnaíba resultam nos seguintes:

- Nível Mínimo = 8,40 m;
- Nível Normal = 8,40 m;
- Nível Máximo Maximorum = 10,00 m.

Uma vez que o nível mínimo é igual ao normal, não é previsto o rebaixamento do Reservatório e conseqüentemente incremento das vazões naturais do rio São João. Considerando ainda a existência de um Vertedouro de Soleira Livre com crista na El. 8,40 m, também não é possível represar as vazões naturais, pois o vertimento é livre acima da El. 8,40 m. Dessa maneira, o Reservatório não apresenta capacidade de regularização do rio São João, operando, portanto, a fio d'água.

7. PLANO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS

7.1. MANUTENÇÃO DAS BARRAGENS DE TERRA

As estruturas analisadas neste item são referentes a Barragem de Terra no Leito do Rio São João, com 2.200 m de extensão, ao Dique de Terra da Sela Topográfica entre as Ilhas da Madureira e das Crioulas e a Barragem de Terra de fechamento junto a Ombreira Esquerda, com 1.300 m de extensão.

Barragens de Terra geralmente apresentam anomalias tanto nas fundações como no próprio corpo da Barragem, para tanto, os locais passíveis de ocorrências das seguintes anomalias devem receber vistorias especiais nas inspeções periódicas:

- Erosão interna ou superficial, originando surgências, galgamentos, vazamentos;
- Perda de resistência do solo no corpo da Barragem e nas fundações tanto em solo como em rocha, com o desenvolvimento de fissuras;
- Instabilidade dos taludes;
- Deformação excessiva produzindo depressões, recalques e afundamentos.

A seguir são detalhadas as principais anomalias.

7.1.1 Erosão e/ou desagregação de blocos de rocha do Rip-Rap

O Rip-Rap, por ser o enrocamento de proteção do talude montante, pode apresentar 2 (duas) anomalias mais frequentes: erosão ou deslocamento de blocos pela ação de ondas; desagregação de blocos de rocha por exposição às intempéries ou devido à ciclagem dos blocos de rocha em decorrência dos minerais constituintes dos referidos blocos de rocha.

As inspeções visuais periódicas devem verificar as condições e possíveis situações especiais e em caso da necessidade de intervenções, estudos para cada caso específico devem ser realizados e os procedimentos de reparos realizados de acordo com as diretrizes predeterminadas.

7.1.2 Surgências

As Barragens de Terra, incluindo o próprio corpo assim como suas fundações, estão sujeitas à percolação de água, provenientes da água armazenada no Reservatório. A percolação de água que resulte em surgências, quer no corpo da Barragem, quer nas suas fundações, e mesmo em regiões de jusante da Barragem, necessita imediatamente ser disciplinada no sentido de se precaver de fenômenos de erosão interna regressiva (*piping*). Caso sejam identificadas surgências, (anomalias), os Manuais de Operação e Manutenção dos elementos civis da Barragem devem ser imediatamente consultados e medidas mitigadoras constantes nesses documentos devem ser realizadas. O monitoramento, através de inspeções por técnicos habilitados, deve ser realizado de acordo com a periodicidade e o nível de alerta determinado.

7.1.3 Fissuras

As fissuras nas Barragens de Terra podem ser provenientes de patologias que comprometam as estruturas do paramento como um todo ou em suas partes, portanto, a rápida identificação e determinação da origem das fissuras é fator primordial para que no caso da utilização de medidas mitigadoras, essas sejam realizadas de acordo com todos os manuais de manutenções das estruturas. As inspeções realizadas no corpo da Barragem devem estar de acordo com os períodos estabelecidos no item 4.3.1 e em caso da identificação de fissuras, essas devem ser verificadas e mapeadas. Para cada caso específico, as medidas de reparo devem estar contidas nos Manuais de Operação e Manutenção das Obras Cíveis.

7.1.4 Instabilidade dos Taludes

A instabilidade de taludes (anomalias) está geralmente associada a deslizamentos, superficiais ou profundos, a deslocamentos e a fissuras. Sendo assim, as inspeções técnicas devem ser seguidas para que anomalias sejam identificadas. Nos casos em que reparos se tornem necessários para garantir condições satisfatórias de estabilidade da Barragem, os Manuais de Operação e Manutenção das Obras Cíveis devem ser consultados, pois, nesses Manuais estão determinadas as medidas mitigadoras para os níveis de alerta estabelecidos.

7.1.5 Manutenções Correntes

Manutenções Correntes que propiciem condições para o pleno funcionamento das estruturas da Barragem devem ser tomadas e apresentarem-se de acordo com os Manuais de Operação e Manutenção das Obras Cíveis. Para tanto, alguns procedimentos devem ser realizados durante as manutenções regulares, como exemplo: averiguação da vegetação presente nos taludes e os seus cortes sistemáticos, identificação dos animais que estão se proliferando no corpo da Barragem e a realização de medidas que evitem esses processos, criação, limpezas das canaletas que servem para escoamento das águas superficiais, entre outras medidas que são identificadas nos Manuais de Operação e Manutenção das Obras Cíveis.

7.2. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Apresentam-se, a seguir, as anomalias passíveis de ocorrência nas Estruturas de Concreto e nos instrumentos nelas instalados, bem como as respectivas ações de Manutenção Corrente. As estruturas analisadas nesse item são:

- Vertedouro tipo “Labirinto”;
- Descarregadores de Fundo (Margem Esquerda e Direita) Muros dos Canais de Descarga;
- Dissipadores de Energia (*Chute Blocks*);
- Ponte de acesso entre as margens.

O Vertedouro tipo “Labirinto” possui 4 (quatro) módulos, totalizando cerca de 670 m de comprimento. Em cada margem há 1 (um) Descarregador de Fundo, cada um dotado de 4 comportas com acionamento manual. Ligando as margens esquerda e direita há uma ponte de concreto armado, com aproximadamente 180 m de extensão. A cota da crista do Vertedouro tipo “Labirinto” está situada na El. 8,40 e a dissipação de energia do escoamento vertente é efetuada através de impacto em um colchão de água a jusante e um Muro de Soleira Delgada, seguido de uma linha de blocos dissipadores, com 38 (trinta e oito) elementos na forma de “dentes” (*Chute Blocks*), igualmente espaçados.

As Estruturas de Concreto podem apresentar anomalias e essas anomalias podem ser detectadas por inspeções visuais que identifiquem, patologias ou possíveis focos de futuros problemas. A identificação dessas patologias pode ser feita conforme tabela no Anexo B. Além dessas indicações, outras anomalias podem ser detectadas e para isso, devem ser elaborados análises específicas para que o concreto se mantenha com características satisfatórias.

Apresentam-se, a seguir, as anomalias passíveis de ocorrência nas Estruturas de Concreto e nos instrumentos nelas instalados, bem como as respectivas medidas reparadoras.

- Movimentos diferenciais entre blocos;
- Infiltrações;
- Trincas;
- Fissuras;
- Carbonatação;
- Reações álcali-agregado (RAA)
- Deslocamentos.

7.2.1 Movimentos diferenciais entre blocos

A identificação de eventual movimentação diferencial entre Blocos é essencial para que ações sejam tomadas visando à garantia da manutenção da estabilidade da Barragem de Concreto, portanto, a frequência de leitura dos instrumentos de auscultação a seguir deve ser operação contínua. Qualquer anomalia identificada deve ser registrada e reparada em tempo hábil para que isso não gere problema com respeito à estabilidade das estruturas.

7.2.2 Infiltrações

É de suma importância a inspeção para verificação da presença de infiltrações e percolações de água através da estrutura, de forma a garantir a performance e durabilidade das estruturas. As infiltrações devem ser avaliadas tendo em vista que essas podem carrear material constituintes no concreto, reduzindo a sua capacidade resistente, o que poderá representar problema com respeito à durabilidade e performance das estruturas.

7.2.3 Trincas e Fissuras

Nas Estruturas de Concreto, é comum observar-se trincas e/ou fissuras de diversos tipos. Por isso, é importante a realização de diagnósticos que verifiquem quais fenômenos são prejudiciais as Estruturas de Concreto e assim identificar seus sintomas, para que sejam tomadas decisões em relação a metodologia a ser adotada para reparar / tratar essas patologias. É prejudicial para as estruturas a exposição de trincas e/ou fissuras tanto para o concreto, quanto para as barras de aço localizadas no interior dos elementos, pois em ambientes mais agressivos esses tendem para despassivação das armaduras dar início ao processo de corrosão. Além disso, juntas de dilatação devem também ter atenção, pois sem os devidos cuidados podem apresentar patologias localizadas.

7.2.4 Reações Álcali-Agregado (RAA)

Os processos expansivos associados a algumas reações químicas nos elementos constituintes do concreto originam deformações e fissuras no concreto que podem afetar as funcionalidades do concreto diminuindo a segurança das estruturas. A NBR 15577/2008 trata dessas condições e pode ser consultada para estabelecer condutas para reparação dessas estruturas. As inspeções periódicas podem determinar que ensaios devem ser conduzidos e que visem identificar as condições reais da peça estrutural sejam realizados e para isso, o Manual de Operação e Manutenção das Obras Civas deve apresentar os procedimentos a serem elaborados nos diversos níveis de alerta no que se refere a estas reações químicas.

7.2.5 Carbonatação

O processo de Carbonatação é um fenômeno de transformação de hidróxidos em carbonatos e vários são os fatores que influenciam na velocidade de sua propagação, por isso as medidas preventivas ocorrem em sua maioria antes do início da concretagem das estruturas. Vários são as medidas para correção desse processo e em casos extremos medidas de reparo com injeção de material ou outras especificações dispostas no Manual de Operação e Manutenção das Obras Civas devem ser realizados.

7.2.6 Deslocamentos

Os deslocamentos podem ocorrer por vários motivos, como ataque de organismos deterioradores, corrosão das armaduras, expansão térmica, percolação de água, entre outros. Sendo assim, cada caso deve ser analisado isoladamente fornecendo assim ferramentas assertivas para que a correção do problema seja eficaz. A região exposta, deve ser analisada e medidas para recuperação da estrutura devem ser tomadas o mais breve possível evitando assim que essa patologia se propague degradando o concreto e as armaduras.

Em havendo deslocamentos, uma maneira simples de correção se dá primeiramente pela limpeza do local, retirada do material deteriorado e correção da região com a aplicação de argamassa que apresente deformação e capacidade resistente suficiente para o uso que esta será submetida. Em casos críticos, outras medidas devem ser tomadas e devem star de acordo com os manuais de manutenção das estruturas civis ou outra recomendação de especialista.

7.3. MANUTENÇÃO DOS ÓRGÃOS EXTRAVASORES

Para a manutenção dos Órgãos Extravasores devem ser verificadas os mesmos requisitos dos itens anteriores além de verificar as áreas a montante e jusante do Vertedouro tipo “Labirinto”, dos Descarregadores de Fundo e Muros dos Canais de Descarga. À montante do Vertedouro tipo “Labirinto”, e dos Descarregadores, devem ser observadas a presença de escombros, acúmulo de vegetação e entulhos que possam causar danos a estrutura do Vertedouro tipo “Labirinto”, na estrutura do descarregador e estruturas dissipadoras de energia. As inspeções nas comportas devem levar em consideração as condições dos componentes metálicos, a funcionalidade no processo de abertura e fechamento, as borrachas de vedação e todo o conjunto mecânico para acionamento. Ressalta-se que a abertura das comportas não é crucial para segurança da Barragem, uma vez que sua função é de garantir as vazões mínimas para o rio e o Vertedouro tipo “Labirinto”, tem capacidade de extravasar as cheias de projeto.

No perfil vertente e muros ala devem ser identificadas trincas, deslocamentos e juntas entre camadas. Deve-se avaliar também a ocorrência de erosões por abrasão e/ou cavitação. Caso identificadas, estas anomalias deverão ser avaliadas e caso necessário serem realizadas manutenções dos locais seguindo recomendações de projeto e/ou do Manual de Operação e Manutenção das Obras Cíveis.

7.4. AÇÕES DE MANUTENÇÃO

As principais ações citadas acima podem ser resumidas em:

Ações de Manutenção Corrente nas Estruturas de Concreto:

- Tratamentos pontuais do concreto (trincas, fissuras, deslocamentos, delaminação ou corrosão, RAA e carbonatação);
- Tratamento pontual das fundações (furos para tratamentos de injeção ou drenagem);
- Substituição de elementos danificados;
- Desmatamento nas regiões próximas as estruturas;
- Reparação dos acessos aos equipamentos e à instrumentação.

Ações de Manutenção Corrente em Órgãos Extravasores (Periodicidade):

- Limpeza das estruturas dos Vertedouros, retirando os materiais arrastados pelo escoamento ou caídos das margens adjacentes (inspecionar a estrutura após cada episódio de descarga intensa e promover a limpeza de imediato);
- Limpeza da vegetação e tratamento das juntas, para evitar infiltrações nas bacias de dissipação;

- Tratamento de áreas pontuais do concreto com sinais de deterioração ou cavidades.

7.5. MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

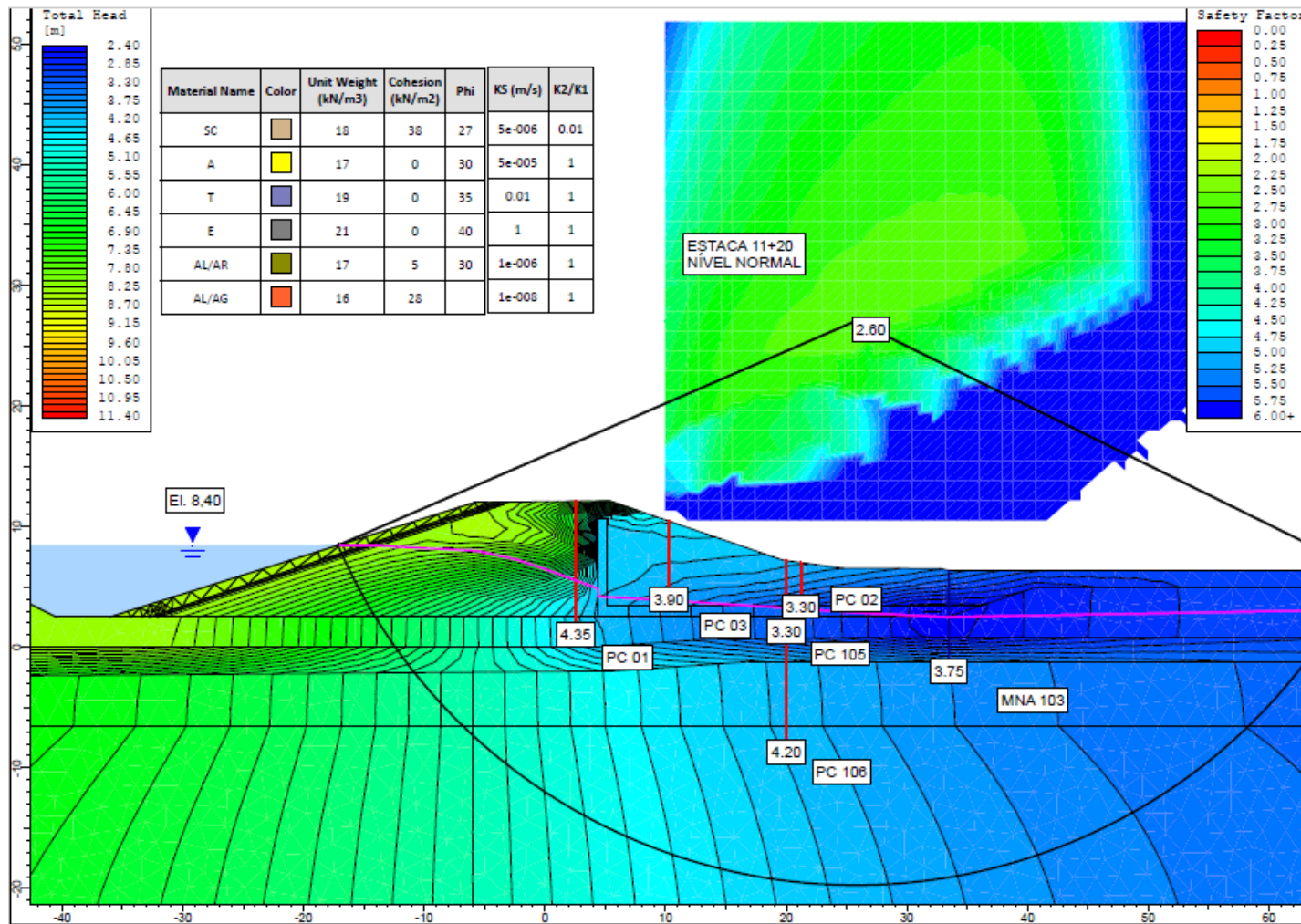
As atividades de Manutenção devem envolver a verificação periódica das condições operacionais dos equipamentos mecânicos e hidráulicos, que estejam relacionados com Segurança da Barragem.

Dessa forma, deve-se constantemente avaliar as condições dos equipamentos existente nas estruturas dos Descarregadores de Fundo. O Anexo B deve ser consultado para que os equipamentos sejam devidamente identificados e possíveis manobras corretivas ou normais sejam elaboradas de acordo com os manuais dos equipamentos.

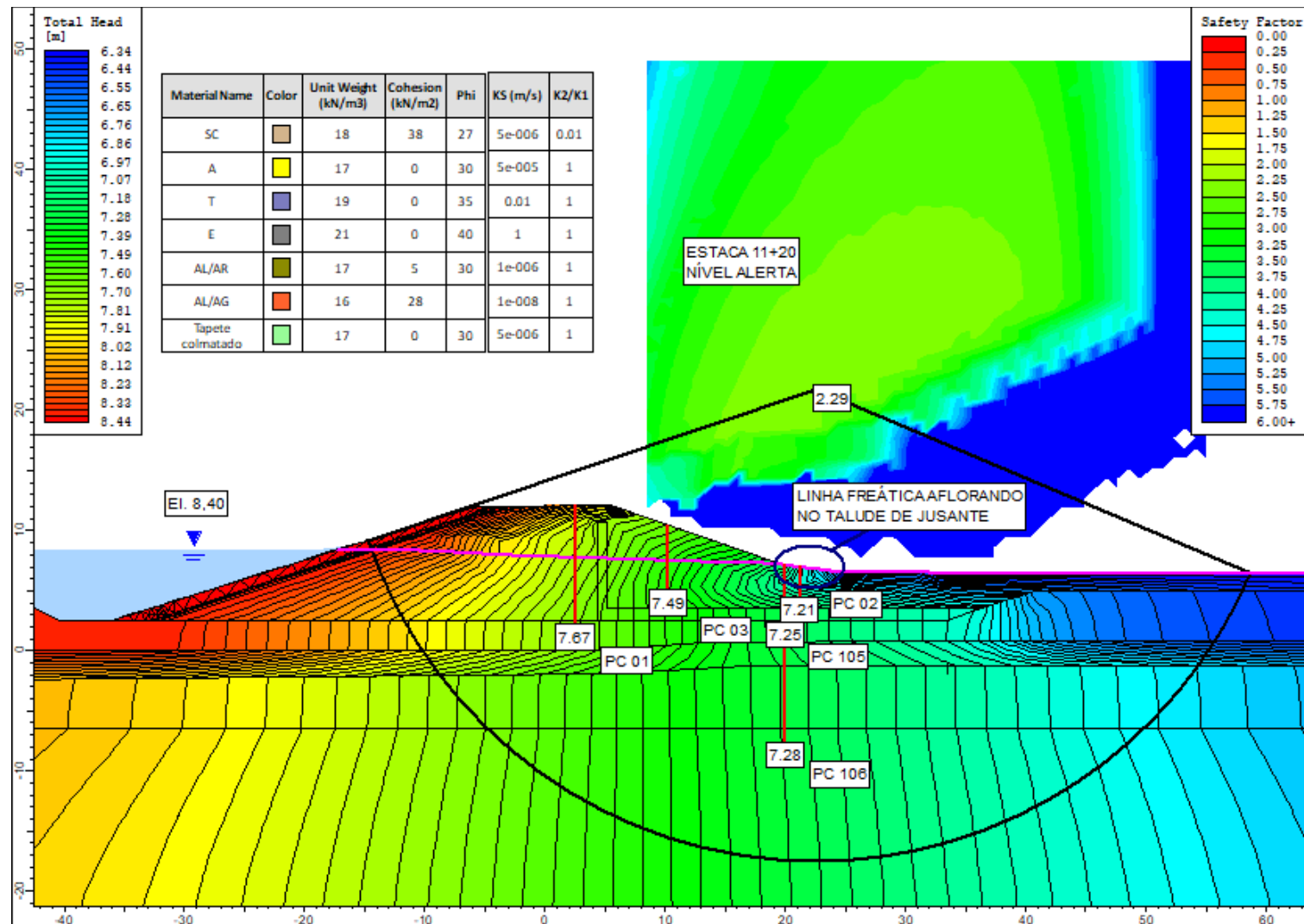
Os procedimentos e regras de manutenção de cada equipamento e sua periodicidade devem ser realizados de acordo com o disposto no respectivo Manual de Operação e Manutenção, desenvolvido pelo fornecedor do equipamento.

ANEXO A- RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE

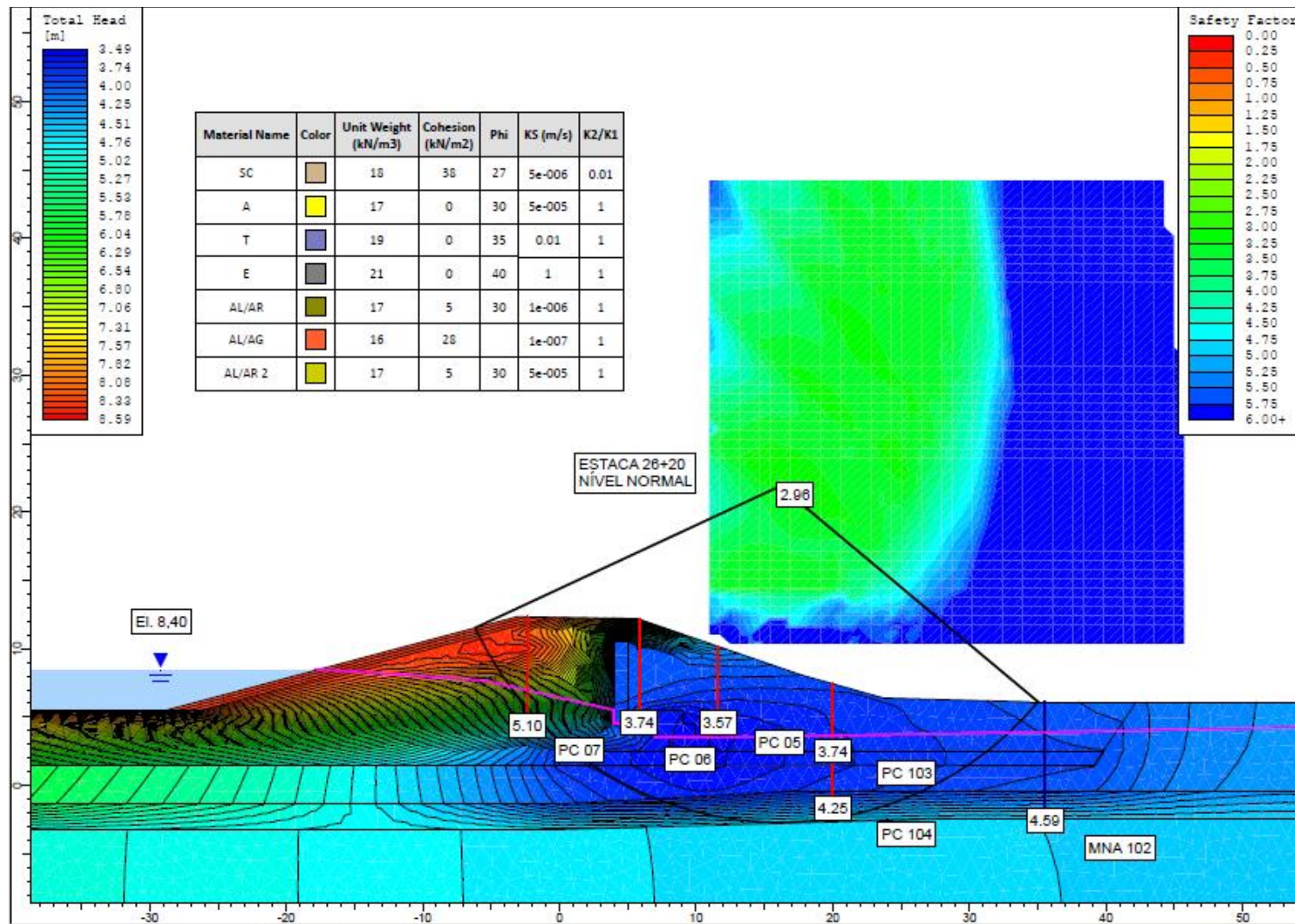
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



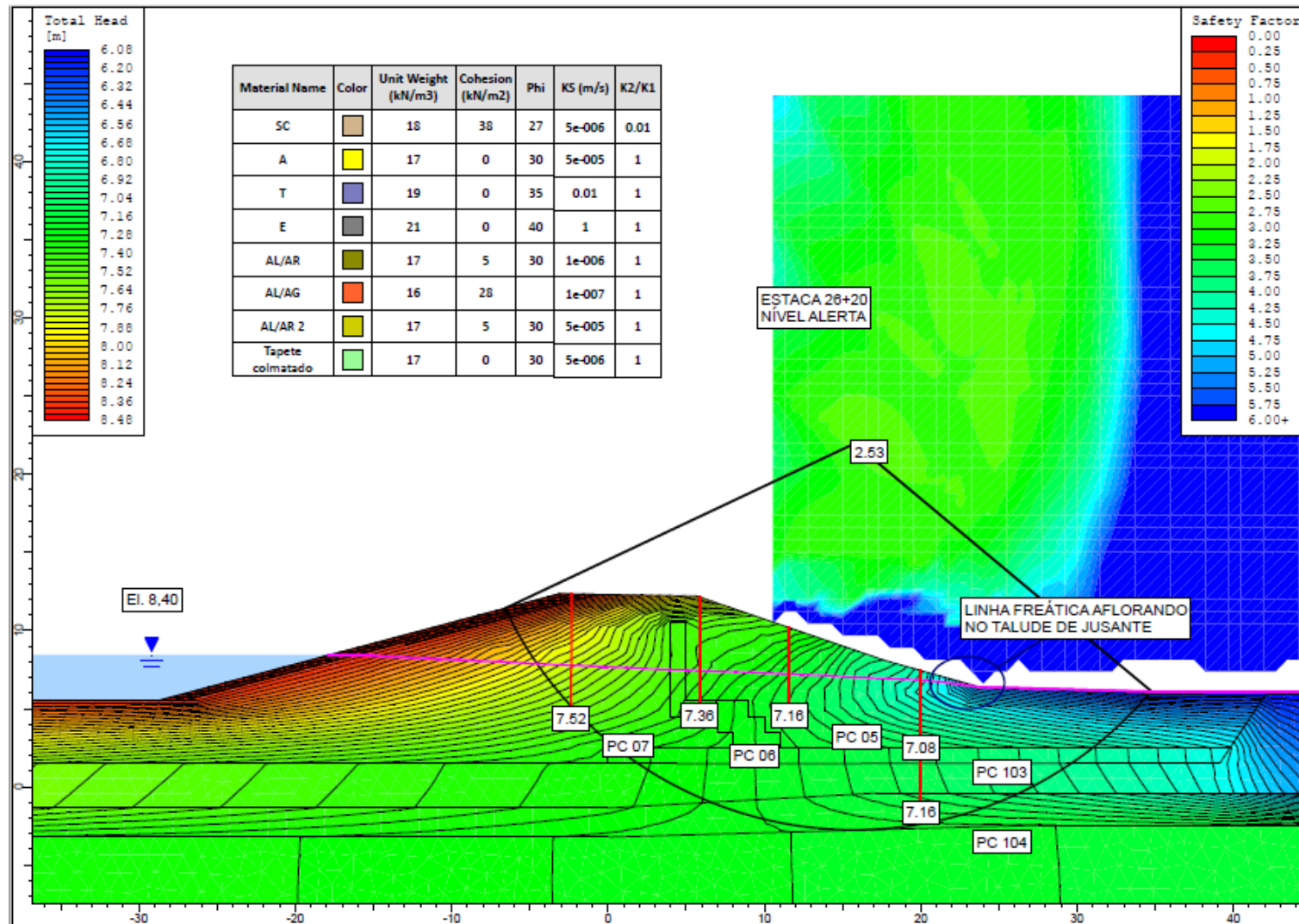
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



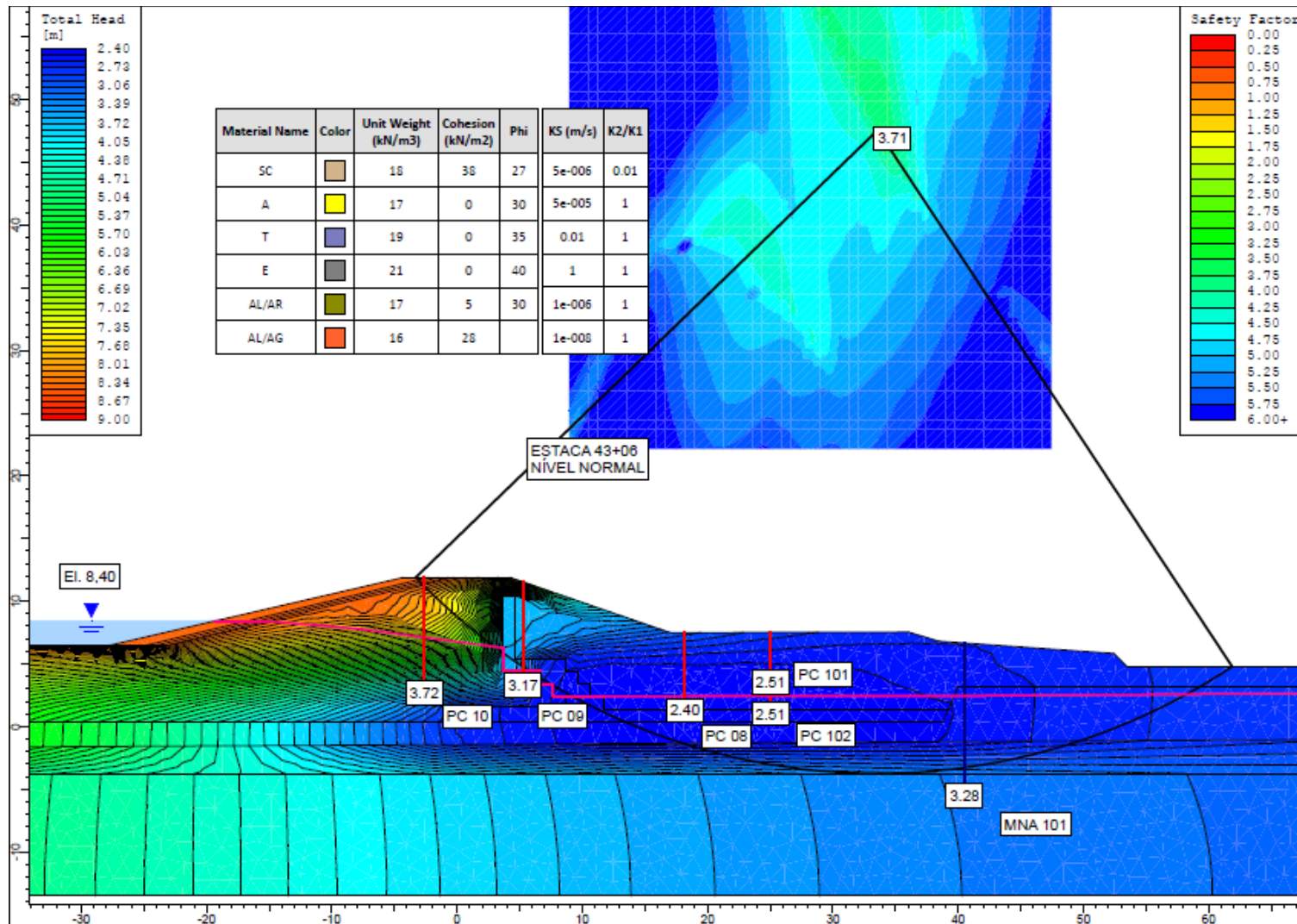
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



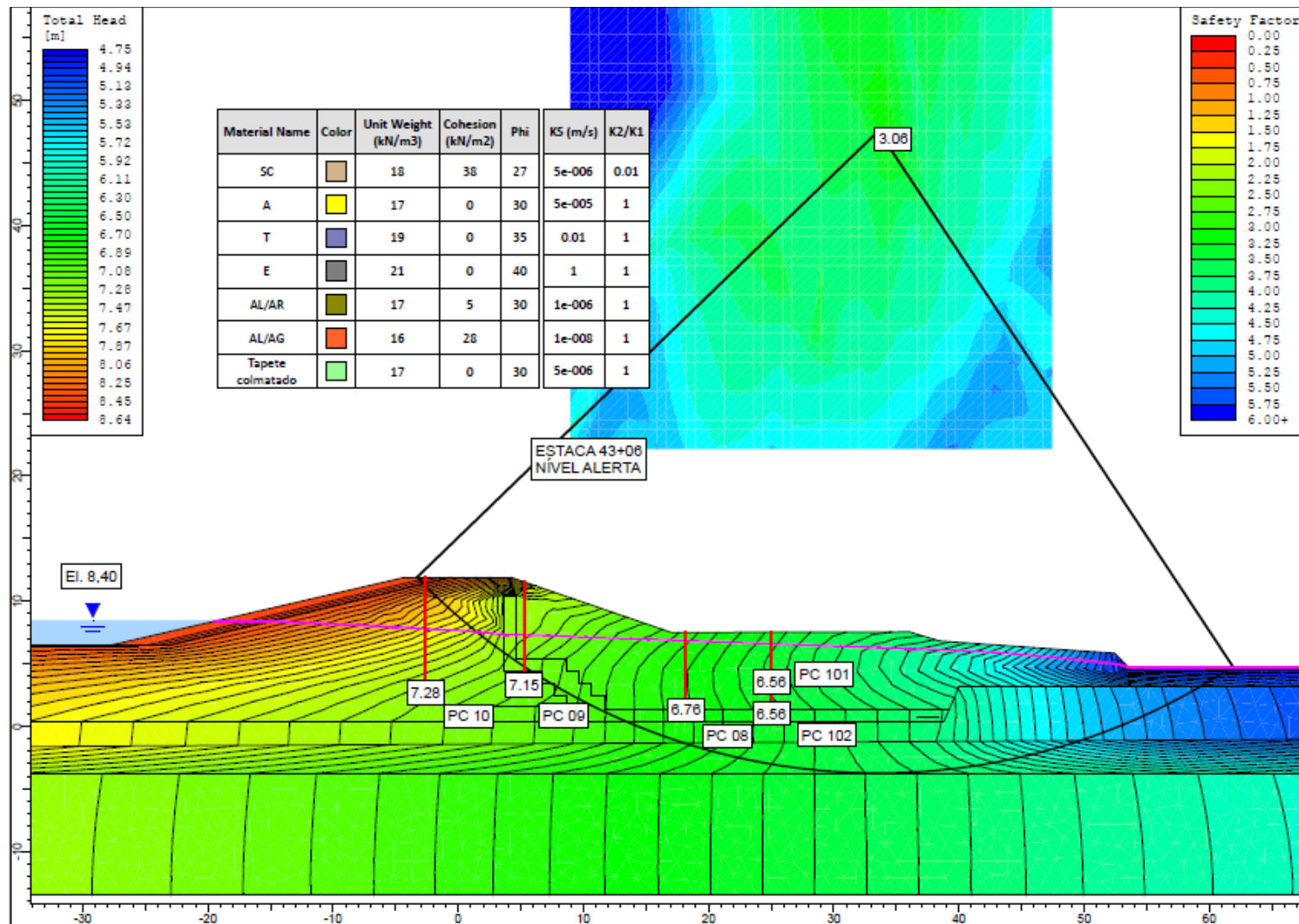
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



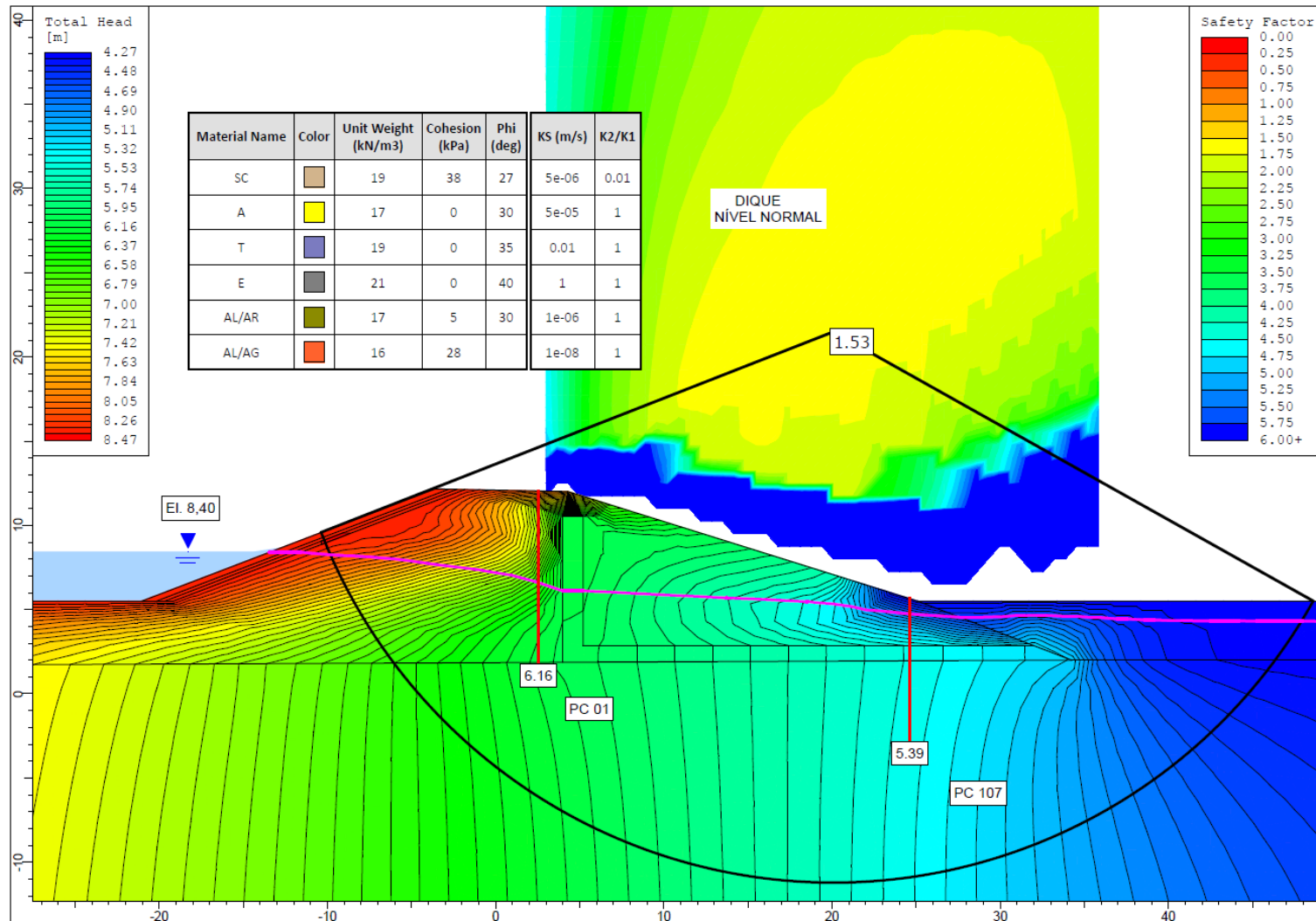
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



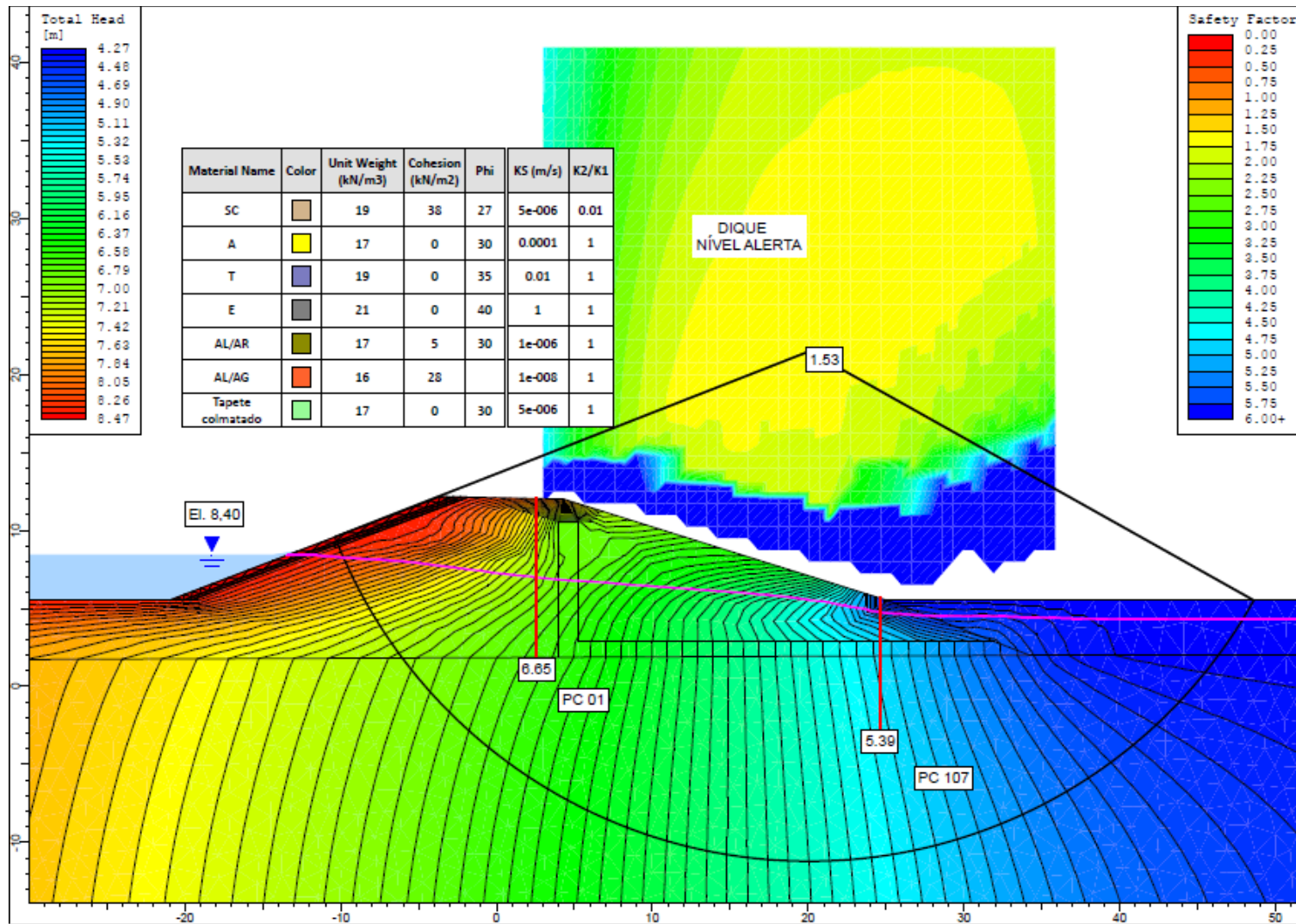
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



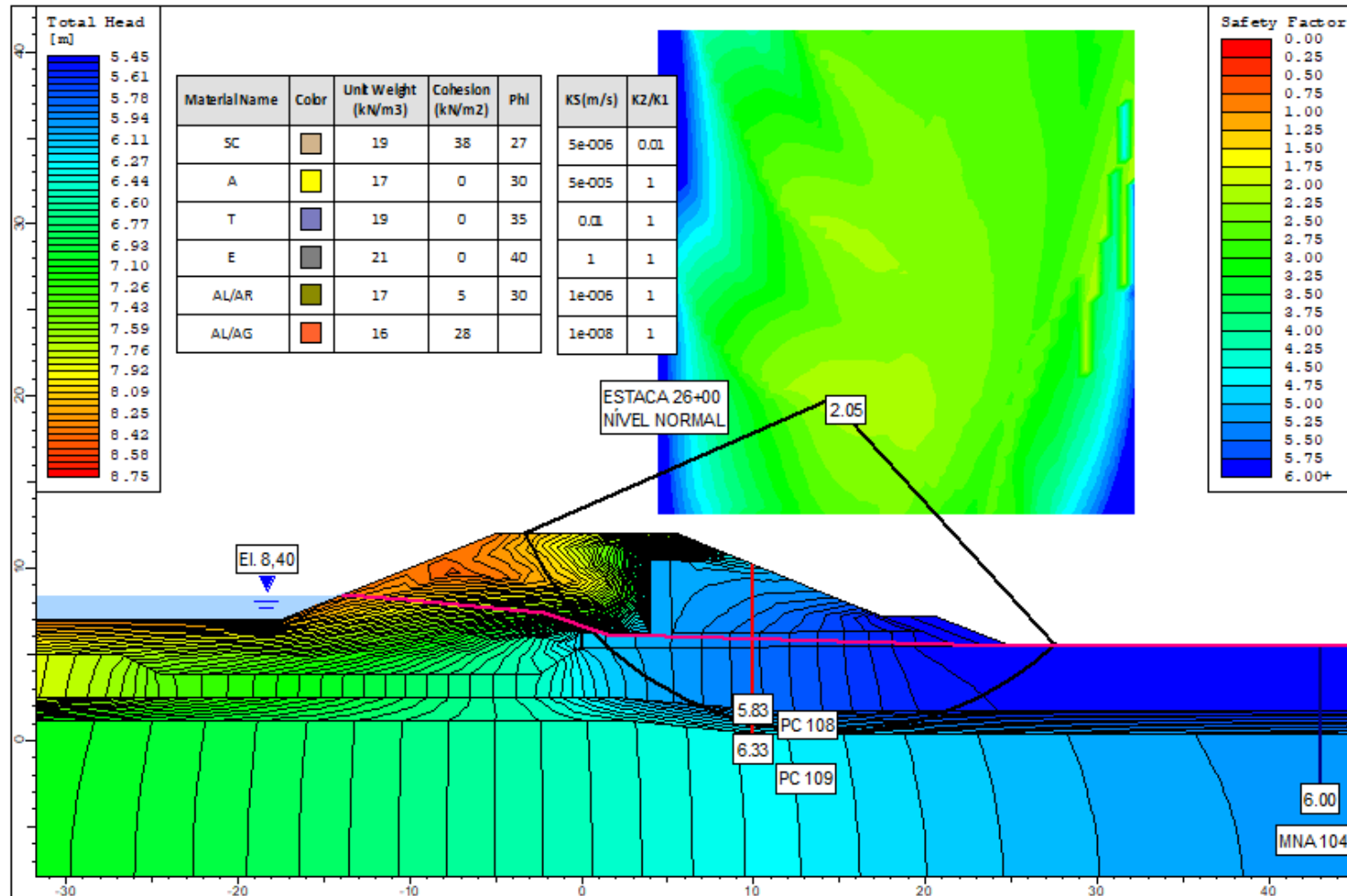
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



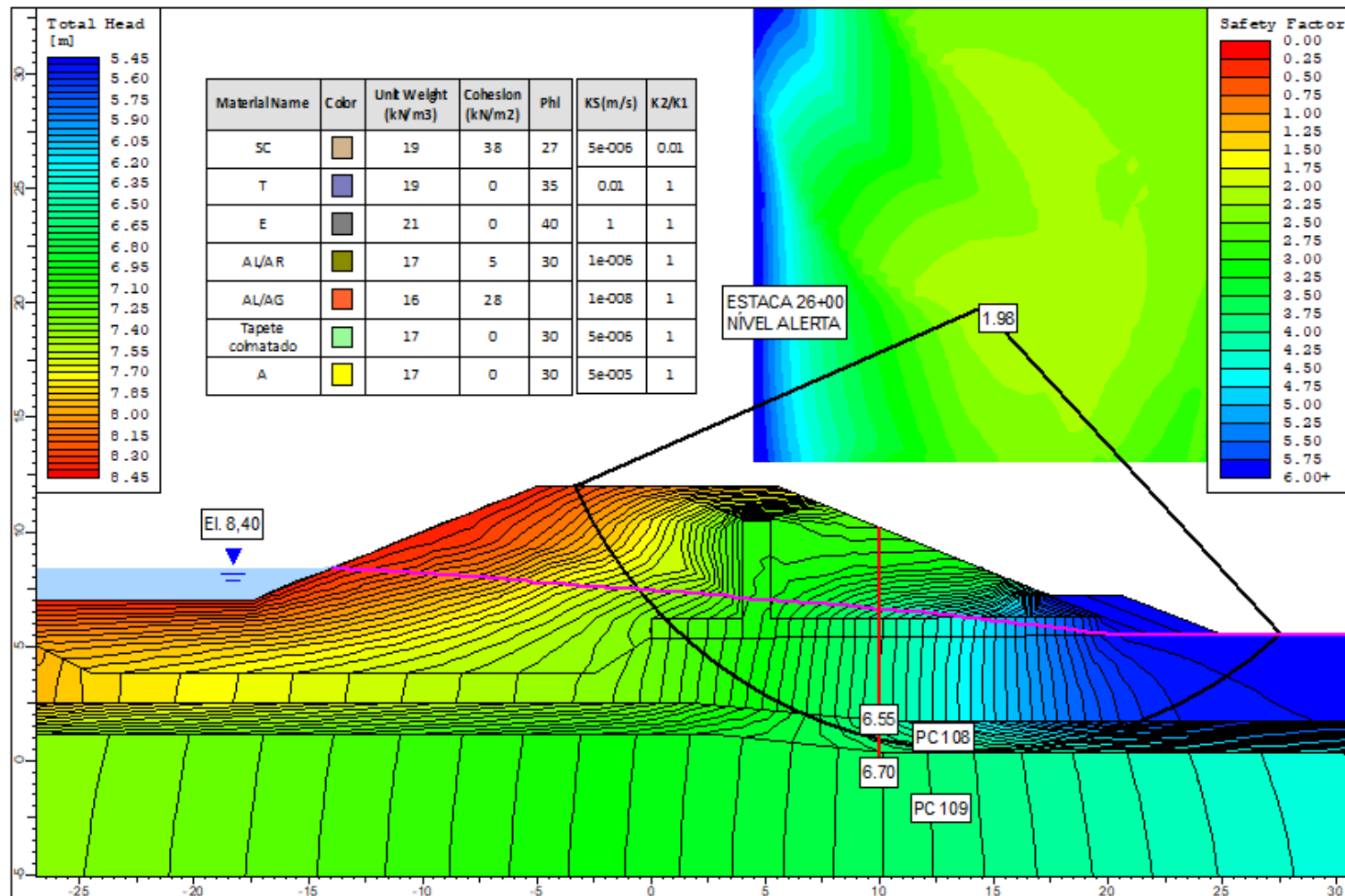
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



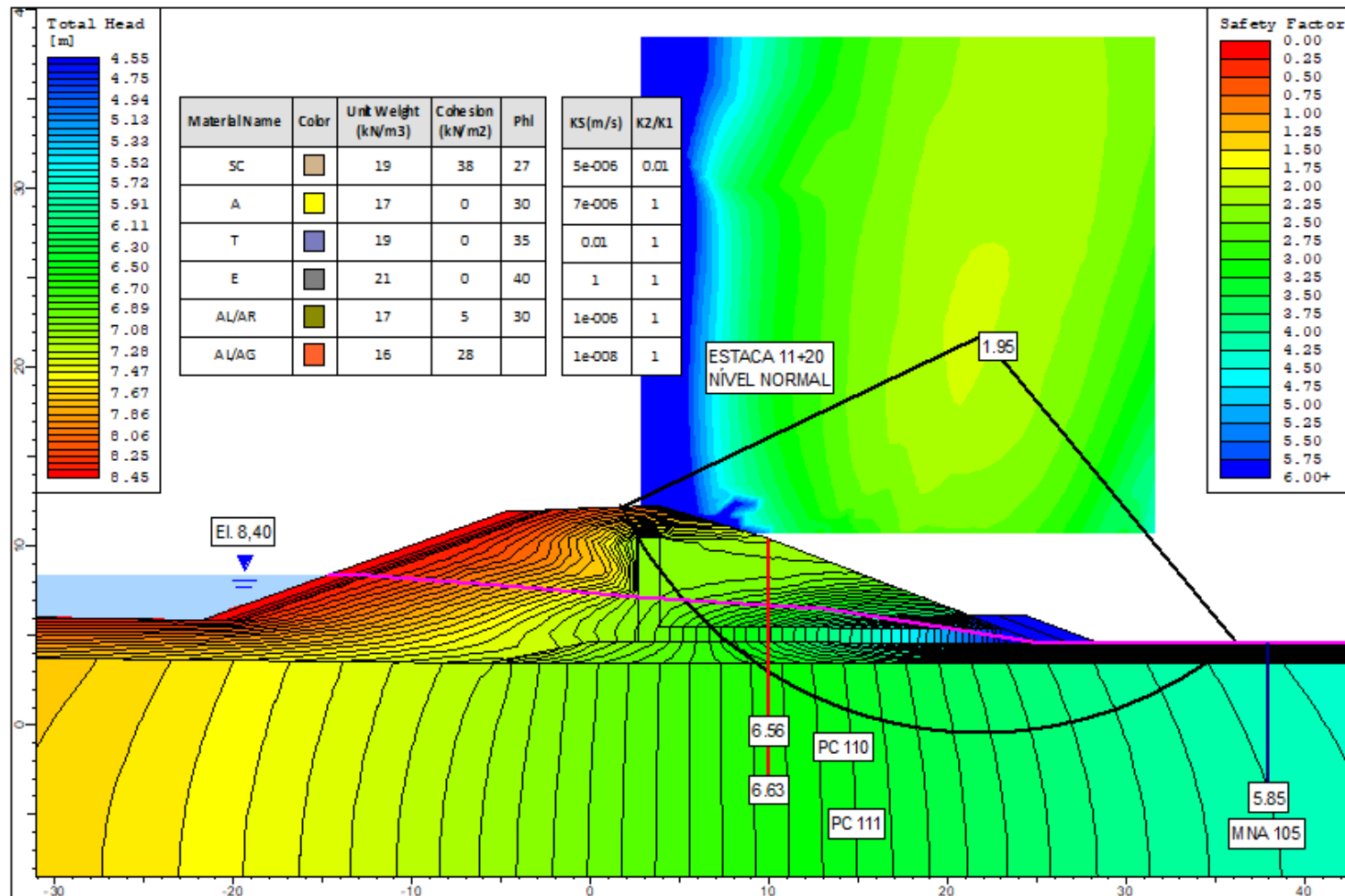
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



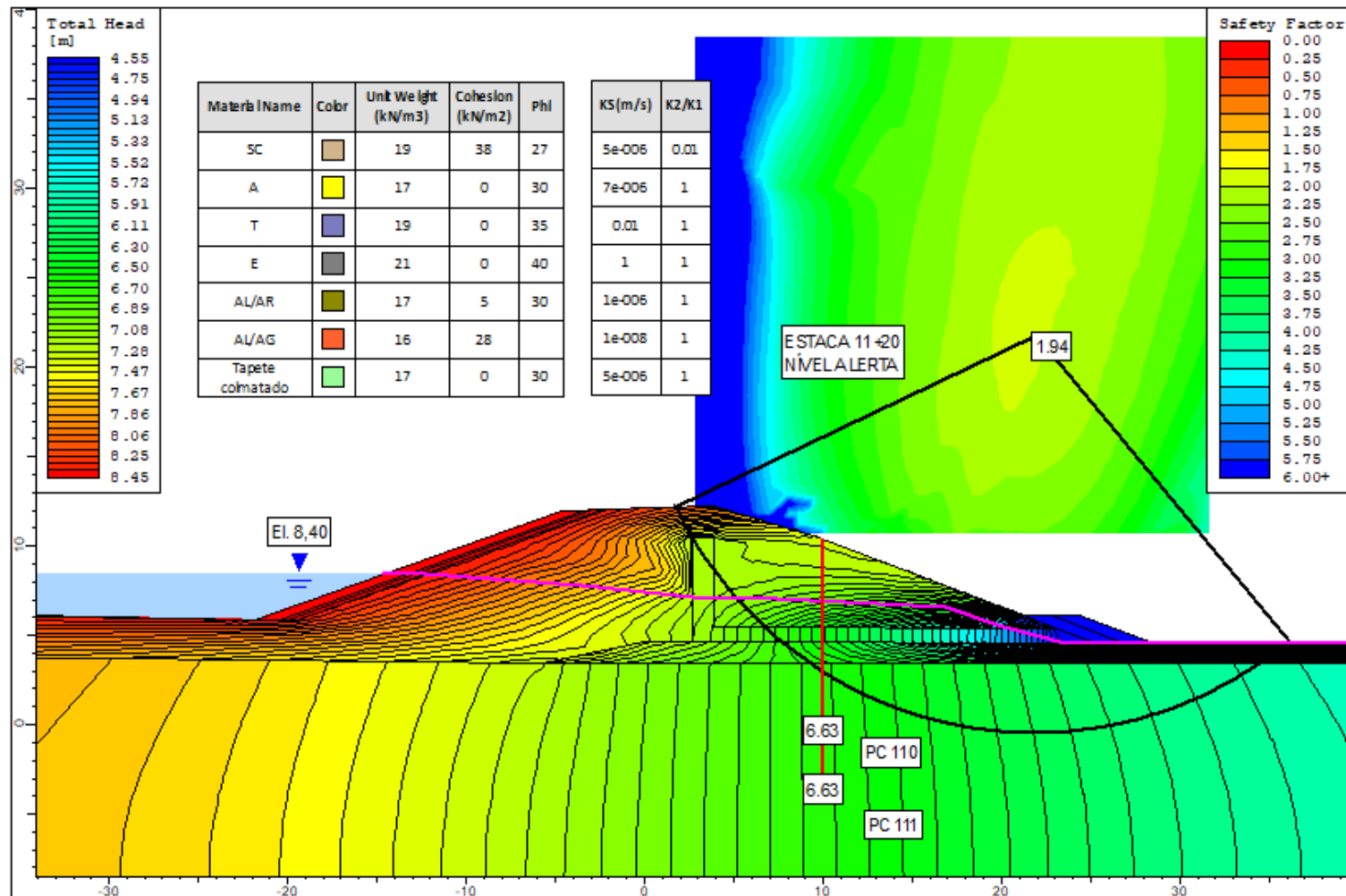
MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



MANUAL DE OPERAÇÃO, MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO



ANEXO B- ROTEIRO PARA INSPEÇÃO ROTINEIRA DA BARRAGEM