

À

**NORSK HYDRO BRASIL**

Av. Gentil Bittencourt, 549

Belém – PA

A/C

CAROLINA VARKALA

Departamento de Suprimentos de Bauxita &amp; Alumina

**Referência:** Segurança e estabilidade dos depósitos de resíduos sólidos – DRS1 e DRS2**Local:** Barcarena – PA

Prezada,

Apresentamos o relatório técnico de avaliação da viabilidade da concepção proposta, em termos operacionais e manutencionais, em atendimento à letra “F” do Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta, celebrado entre a HYDRO e o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA), Ministério Público Federal (MPF), o Estado do Pará e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará. O DRS2 está localizado junto a produção da Alunorte, no município de Barcarena – PA.

À disposição para esclarecimentos julgados necessários,

Belo Horizonte, 03 de agosto de 2023

Atenciosamente,

  
Michel Fontes  
DIRETOR

FONNTES GEOTÉCNICA



**FONNTES**  
G E O T É C N I C A

FG-2201-NHB-A-BA-RT18-02

# RELATÓRIO TÉCNICO DE VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

CLIENTE:



PROJETO:

**AUDITORIA DE SEGURANÇA E  
ESTABILIDADE DOS DEPÓSITOS DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DRS1 E DRS2**

**BARCARENA - PA**



agosto/2023

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

REV.	DATA	POR	REVISÃO	APROV.	DESCRIÇÃO DE REVISÕES
0	27/05/22	BSC/RCM /RCJ	ACS/ BCN/ MVS/ GHA	ACS	EMISSÃO INICIAL
1	10/03/23	BSC/RCM /RCJ	ACS/ BCN/ MVS/ GHA	ACS	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS
2	03/08/23	BSC/RCM /RCJ	ACS	ACS	APROVADO

Esta é a folha de controle de revisões deste documento. Uma breve descrição de cada revisão do documento deverá constar nesta folha. O tipo de emissão está demarcado abaixo em negrito.

**TE – TIPO DE EMISSÃO**

(A) PRELIMINAR	(E) PARA CONSTRUÇÃO
(B) PARA APROVAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO
<b>(C) PARA CONHECIMENTO</b>	(G) CONFORME CONSTRUÍDO
(D) PARA COTAÇÃO	(H) CANCELADO

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2****SUMÁRIO**

<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DADOS UTILIZADOS .....</b>	<b>7</b>
<b>4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DA ESTRUTURA.....</b>	<b>9</b>
5.1 LOCALIZAÇÃO .....	11
5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	16
5.2.1 <i>Geologia Regional</i> .....	16
5.2.2 <i>Histórico de Investigações</i> .....	18
5.2.3 <i>Geologia Local</i> .....	19
5.3 PLATAFORMA DA PILHA DE RETOMADA DO RESÍDUO E CÉLULA DE CONTINGÊNCIA .....	20
5.4 CANAIS DE CONTORNO E BACIAS DE CONTROLE (BC 201 E BC 202) .....	21
5.5 DIQUE DE CONTORNO.....	23
5.6 DIQUE ENTRE CANAL DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E CANAL DE ADUÇÃO DAS BACIAS DE CONTROLE .....	23
5.7 DIQUE EXTERNO DO CANAL DE ADUÇÃO DAS BACIAS DE CONTROLE .....	23
5.8 DIQUE EXTERNO DAS BACIAS DE CONTROLE (BC 201 E BC 202) .....	24
5.9 DIQUE DE CONTENÇÃO DA ÁREA ÚMIDA (INFRAESTRUTURA INICIAL).....	24
5.10 DIQUE CENTRAL E FINGERS (INFRAESTRUTURA INICIAL) .....	25
5.11 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	26
5.12 DRENAGEM INTERNA DA PILHA .....	27
5.13 INSTRUMENTAÇÃO.....	29
5.14 SISTEMA EXTRAVASOR.....	30
5.15 GALERIA DE TRANSPOSIÇÃO DO CANAL DE ADUÇÃO .....	31
5.16 DRENAGEM SUPERFICIAL .....	31
5.17 PROJETO <i>AS BUILT</i> .....	31
<b>6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>7. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....</b>	<b>33</b>
7.1 PLANEJAMENTO DE DISPOSIÇÃO .....	33
7.1.1 <i>Planejamento e vida útil</i> .....	35
<b>8. OPERAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>35</b>

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

8.1	RETOMADA DO RESÍDUO.....	36
8.2	CRITÉRIOS DE DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO NO DRS2.....	38
8.3	TRANSPORTE DO RESÍDUO PARA A DISPOSIÇÃO NO DRS2.....	39
8.4	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO DRS2.....	42
8.4.1	<i>Zona Estrutural</i> .....	42
8.4.2	<i>Zona interna</i> .....	44
8.4.3	<i>Célula de Emergência</i> .....	46
8.5	CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 7.....	47
<b>9.</b>	<b>GESTÃO DE ÁGUA SUPERFICIAIS.....</b>	<b>49</b>
9.1	DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE MANEJO DE ÁGUAS NO DRS2.....	49
9.1.1	<i>Início da Operação – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 16,00 m.</i> .....	50
9.1.2	<i>1º e 2º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 18,00 m e 20,00 m</i> ....	53
9.1.3	<i>3º e 4º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 22,00 m e 24,00 m</i> ....	57
9.2	PROCEDIMENTOS PARA GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS NO DRS2.....	61
9.2.1	<i>Início da Operação – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 16,00 m.</i> .....	61
9.2.2	<i>1º e 2º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 18,00 m e 20,00 m</i> ....	62
9.2.3	<i>3º e 4º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 22,00 m e 24,00 m</i> ....	63
9.2.4	<i>Gestão das águas na célula de emergência</i> .....	63
9.2.5	<i>Gestão das Águas nos Canais e Bacias</i> .....	63
9.3	CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 8.....	67
<b>10.</b>	<b>CONTROLES DE FORMAÇÃO DA PILHA.....</b>	<b>69</b>
10.1	CONTROLE DE QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO.....	70
10.2	CONTROLE TOPOGRÁFICO.....	76
10.3	CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 10.....	77
<b>11.</b>	<b>CONTROLE AMBIENTAL.....</b>	<b>79</b>
11.1	AVALIAÇÃO DA FONNTES SOBRE O ITEM 11.....	80
<b>12.</b>	<b>MONITORAMENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>81</b>
12.1	CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO DISPOSTO.....	81
12.1.1	<i>Considerações da Fontes sobre o Item 12.1</i> .....	82
12.2	QUALIDADE DO EFLUENTE.....	83
12.2.1	<i>Avaliação da Fontes sobre o item 12.2</i> .....	84
12.3	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	84
12.3.1	<i>Considerações da Fontes Sobre o Item 12.3</i> .....	86
12.4	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	86

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

12.4.1	Considerações da Fonntes Sobre o Item 12.4 .....	88
12.5	MATERIAL PARTICULADO E QUALIDADE DO AR .....	89
12.5.1	Considerações da Fonntes Sobre o Item 12.5 .....	90
12.6	MONITORAMENTO DOS RUÍDOS .....	90
12.6.1	Consideração da Fonntes Sobre o Item 12.6.....	93
<b>13.</b>	<b>MONITORAMENTO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>93</b>
13.1	INSTRUMENTAÇÃO.....	93
13.2	INSPEÇÕES VISUAIS.....	94
13.3	ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO.....	96
13.4	ATUALIZAÇÃO DAS ANÁLISES GEOTÉCNICAS .....	96
13.5	CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 13.....	96
<b>14.</b>	<b>MANUTENÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>100</b>
14.1	CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 14.....	101
<b>15.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>102</b>
<b>16.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>106</b>

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

## GLOSSÁRIO

- “As Built” – “Como Construído” – expressão para definir o projeto que descreve o estado imediatamente após a implantação de uma estrutura.
- “As Is” – “Como está” – expressão para definir o projeto que descreve o estado atual de uma estrutura
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Alunorte – Alumina do Norte do Brasil S.A. – empresa brasileira formada a partir de acordo bilateral pelos governos do Brasil e do Japão em 1976. Empresa produtora de alumina, responsável pela operação e manutenção do DRS 1 e DRS 2, signatária do TAC 3.1 e subsidiária da Hydro.
- ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico
- BC – Bacias de Controle
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil
- DOE – Diário Oficial do Estado
- DRS 1 – Depósito de Resíduos Sólidos nº 1 de propriedade da ALUNORTE
- DRS 2 - Depósito de Resíduos Sólidos nº 2 de propriedade da ALUNORTE
- ETEI – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
- FONNTES – Fonntes geotécnica Ltda – Empresa vencedora do edital para contratação de auditoria independente para atendimento ao item 3.1, do TAC 3.1.
- Hydro – Norsk Hydro ASA – Empresa Norueguesa, que tem na produção de alumínio o seu principal negócio e signatária do TAC 3.1.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

- MPF – Ministério Público Federal
- MPPA – Ministério Público do Estado do Pará
- MPSA – Mineração Paragominas
- MRN – Mineração Rio Norte
- NBR – Norma Brasileira
- NSPT – Número de golpes necessários para à cravação de amostrador de sondagem à percussão (spt), considerando apenas os 30 cm finais
- PA – Estado do Pará
- PEAD – Polietileno de alta densidade
- SEMAS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará
- SPT - Ensaio de penetração padrão conforme a norma ABNT NBR 6484:2020.
- TAC 3.1 – item do Termo de Ajustamento de Conduta relativo à “Auditoria de segurança e estabilidade dos depósitos de resíduos sólidos”, assinado pela HYDRO, ALUNORTE, Ministério Público do Pará, Ministério Público Federal e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará.
- UTM – Universal Transversa de Mercator (Sistema de projeção cartográfica)



## 1. INTRODUÇÃO

A Norsk Hydro ASA (HYDRO) fundada em 1905 é uma empresa norueguesa com atuação em 40 países nos setores da mineração, industrial e de energia. O Brasil é a principal fonte de matéria-prima do alumínio da HYDRO, a bauxita, extraída em Paragominas e Trombetas (PA). A bauxita é refinada e convertida em alumina (óxido de alumínio) na Alunorte, localizada no município de Barcarena (PA), que é a maior refinaria de alumina do mundo fora da China. Este processo gera um resíduo que é lavado, filtrado e armazenado em depósitos de resíduos sólidos (DRS1 e DRS2), apresentados na Figura 1.1.



Figura 1.1 – Localização do empreendimento.

Neste contexto, a Fonntes Geotécnica (FONNTES) foi contratada por meio do Edital de Contratação de Serviços de Auditoria de Segurança e Estabilidade dos Depósitos de Resíduos Sólidos DRS1 e DRS2. O objeto do contrato se trata da prestação do serviço de elaboração de auditoria da segurança e estabilidade dos depósitos de resíduos sólidos

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

- DRS1 e DRS2, do termo de compromisso de ajustamento de conduta, Inquérito Civil - IC nº 001/2018 - MP (SIMP nº000654 -710/2018) MPPA, Inquérito Civil nº 000980 - 040/2018 (Portaria no 12/2018) MPPA, Inquérito Civil no 1.23.000.000498/2018 - 98 MPF.

Os relatórios a serem elaborados pela FONNTES atenderão plenamente aos requisitos do Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta, celebrado entre a HYDRO e o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA), Ministério Público Federal (MPF), o Estado do Pará e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará, incluindo:

- a) Compatibilidade do projeto executivo dos depósitos (DRS1 e DRS2) com a sua efetiva execução;
- b) Compatibilidade dos Depósitos de Resíduos Sólidos (DRS1 e DRS2) com a Lei Nacional de Segurança de Barragens (Lei n.º 12.334/2010);
- c) Aspectos estruturais Depósitos de Resíduos Sólidos (DRS1 e DRS2), a concepção geral do projeto, o arranjo e dimensionamento das estruturas, além de suas funcionalidades;
- d) Análise qualitativa de instrumentação com vistas a determinação da densidade de drenagem, a fim de aferir o comprometimento das águas superficiais e subterrâneas;
- e) Avaliação da compatibilidade da localização dos DRS com o projeto, obedecendo à legislação aplicável, às normas ambientais e aos critérios econômicos, geotécnicos, estruturais, sociais e de segurança e risco, mediante necessidade de segurança estrutural, bem como considerando a possibilidade de existência de drenagens naturais possivelmente afetadas, tais como mananciais e olhos d'água;
- f) Análise da viabilidade da concepção proposta, em termos operacionais e manutencionais, ou seja, se os processos de controle necessários à disposição**

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

**dos rejeitos da forma concebida são compatíveis com a estrutura existente e consequente produção dos rejeitos, levando em consideração as condições ambientais locais;**

- g) Verificação da densidade e teor de umidade ótimo (período chuvoso e período seco) e suas variações, envolvendo valor médio e desvio padrão durante a fase de testes;
- h) Revisão dos parâmetros geotécnicos de coesão e ângulo de atrito efetivo, a partir de ensaios de laboratório e de campo, e suas variações envolvendo valor médio e desvio padrão durante a fase de testes;
- i) Análise de estabilidade, através de parâmetros geotécnicos (programas-slope/W1 e ensaios – Laboratórios de Geotecnia), e estanqueidade. Determinação do Fator de segurança, seu valor médio e seu grau de confiabilidade, após o período de testes;
- j) Análise de estabilidade dos depósitos, utilizando-se como referência os fatores de segurança mínimos descritos na Norma ABNT NBR 13.028/2017, e Norma ABNT NBR 13029/2017
- k) Revisão do projeto e disposição de drenos, filtros, medidores de vazão e seus processos executivos;
- l) Revisão do Projeto de revestimento e monitoramento dos taludes;
- m) Verificação do teor de umidade do material que condicionará a decisão de lançá-lo na área úmida ou aplicá-lo na área seca e suas variações ao longo do período de testes;
- n) Interpretação dos resultados dos testes relativos à aplicação do material sobre as geomembranas;
- o) Interpretação dos ensaios destrutivos e não destrutivos para verificação da estanqueidade da Geomembrana;
- p) Análise e adequação da suficiência do Plano de Ação Emergencial, o qual deverá contemplar a identificação e análise das possíveis/situações de emergência; os procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

condições potenciais de ruptura dos depósitos; os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; a estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência, utilizando-se como referência a Instrução Normativa nº02/2018, publicada no DOE nº 33.554, de 07 de fevereiro de 2018 e conforme estabelecido no Art. 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.

Nesse contexto, o presente relatório apresenta os estudos realizados para atendimento do item **f)**, referido à avaliação da viabilidade da concepção proposta, em termos operacionais e manutencionais do DRS2.

## **2. OBJETIVO**

Em atendimento ao termo de compromisso de ajustamento de conduta, Inquérito Civil - IC nº 001/2018 - MP (SIMP nº000654 -710/2018) MPPA, Inquérito Civil nº 000980 - 040/2018 (Portaria no 12/2018) MPPA, Inquérito Civil no 1.23.000.000498/2018 - 98 MPF, o presente documento abordará o item **“f) Análise da viabilidade da concepção proposta, em termos operacionais e manutencionais, ou seja, se os processos de controle necessários à disposição dos rejeitos da forma concebida são compatíveis com a estrutura existente e conseqüente produção dos rejeitos, levando em consideração as condições ambientais locais;”** para o depósito de resíduos DRS2.

Ao se iniciar os serviços foram realizadas reuniões com o MPPA para alinhamento do escopo das letras do TAC 3.1. Essas reuniões ensejaram no envio de um ofício elaborado pela FONNTES com esclarecimentos do entendimento técnico das perguntas para adequado encadeamento das atividades. Posteriormente foi recebido o “de acordo” do MPPA para elaboração dos serviços seguindo o raciocínio apresentado no ofício, que passou a ser utilizado como referência para elaboração de todos os relatórios. Vale

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

destacar que esse esclarecimento foi muito importante para o direcionamento dos serviços, porque em alguns casos havia perguntas com temas que teriam melhor abordagem em outras letras do TAC 3.1 ou ainda em outras cláusulas que não eram escopo do presente trabalho. Abaixo é reproduzido o extrato do ofício com a explicação do entendimento para resposta da pergunta **letra F)**, objeto desse relatório.

*A questão se concentra na operação e manutenção das estruturas, ou seja, se as práticas utilizadas estão adequadas tecnicamente e conforme critérios consagrados de engenharia. Será realizada uma avaliação técnica dos manuais de operação das estruturas. Esse documento é elaborado pela empresa projetista e apresenta todos as diretrizes técnicas que devem ser observados e obedecidos para a correta construção, manutenção e operação. Será avaliado do ponto de vista de governança, se a empresa executa aquilo que está programado e como são tratados/resolvidos eventuais desvios do ponto de vista corretivo.*

### **3. DADOS UTILIZADOS**

Foi recebido um volume elevado de informações enviadas pela HYDRO à FONNTES. Os dados consultados efetivamente para avaliação nesse relatório são apresentados na Tabela 3.1.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

**Tabela 3.1 – Documentos utilizados para elaboração desse relatório**

<b>CÓDIGO</b>	<b>TÍTULO DO DOCUMENTO</b>	<b>ELABORADO POR</b>	<b>DATA</b>
RT-3540-54-G-1014 R02	Relatório Técnico do Projeto “As Is”	PIMENTA DE ÁVILA	29/07/21
OM-3541-54-G-282 R08	Manual de Operação – DRS2 – Fase 1	PIMENTA DE ÁVILA	05/03/21
RT-3541-54-G-451 R01	Considerações sobre o “Como construído” da estrutura inicial do DRS2 – Fase 1	PIMENTA DE ÁVILA	Set/2020
RT-3541-54-G-360 R01	“Como Construído” do sistema de disposição de resíduos DRS2 – Fase 1	PIMENTA DE ÁVILA	Jul/2018
RT-3541-54-G-485	Relatório Técnico de Avaliação Periódica dos Resultados de Monitoramento da Instrumentação referente a outubro a dezembro/2021	PIMENTA DE AVILA	Fev/2022
RT-469137-54-G-0002 R003	Relatório da Inspeção de Segurança Regular do DRS2 2021/2	GEOCONSULTORIA	04/02/22
-	Ficha de Inspeção Regular (FIR) da Estrutura DRS2, referente a janeiro a maio/2022, totalizando 09 documentos	GEOCONSULTORIA	Jan/2022 a Mai/2022
“PAG- Plano de ação Geral DRS 2_2022”	Plano de Ação Geral do DRS2	HYDRO	12/05/22
FG-2201-NHB-A-BA-RT08-00	Relatório Técnico de Avaliação de Drenagem do DRS2	FONNTES	22/04/22
FG-2201-NHB-A-BA-RT04-00	Relatório Técnico de Avaliação da Densidade e Teor de Umidade Ótima das Camadas Executadas no DRS2	FONNTES	12/04/22

#### **4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO**

Durante a definição da estrutura dos documentos a serem produzidos para a auditoria foi estabelecido que todos os relatórios apresentariam capítulos básicos introdutórios, que pudessem contextualizar qualquer leitor, independentemente do acesso a outros relatórios dessa auditoria. Por isso, optou-se por reproduzir em todos os documentos um conteúdo introdutório que permita ao leitor o entendimento básico da localização, geologia e fisiografia do projeto da estrutura em avaliação. Este conteúdo introdutório

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

comum a todos os relatórios de cada letra específica do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC 3.1) contempla os itens 1 a 5.

Nestes termos, o presente relatório foi organizado da seguinte forma:

- Introdução, contendo apresentação do documento e do TAC 3.1 que resultou no contrato para auditoria documental;
- Objetivos do presente documento, indicando a letra específica da TAC 3.1 que será atendida;
- Dados utilizados/consultados para o atendimento à letra específica da TAC 3.1;
- Explicações sobre a organização do documento;
- Apresentação da estrutura em estudo, nivelando o conhecimento básico do leitor sobre o tema;
- Metodologia de avaliação da letra relativa ao presente relatório;
- Desenvolvimento dos estudos relativos à letra do presente relatório;
- Considerações finais;
- Referências bibliográficas.

## **5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DA ESTRUTURA**

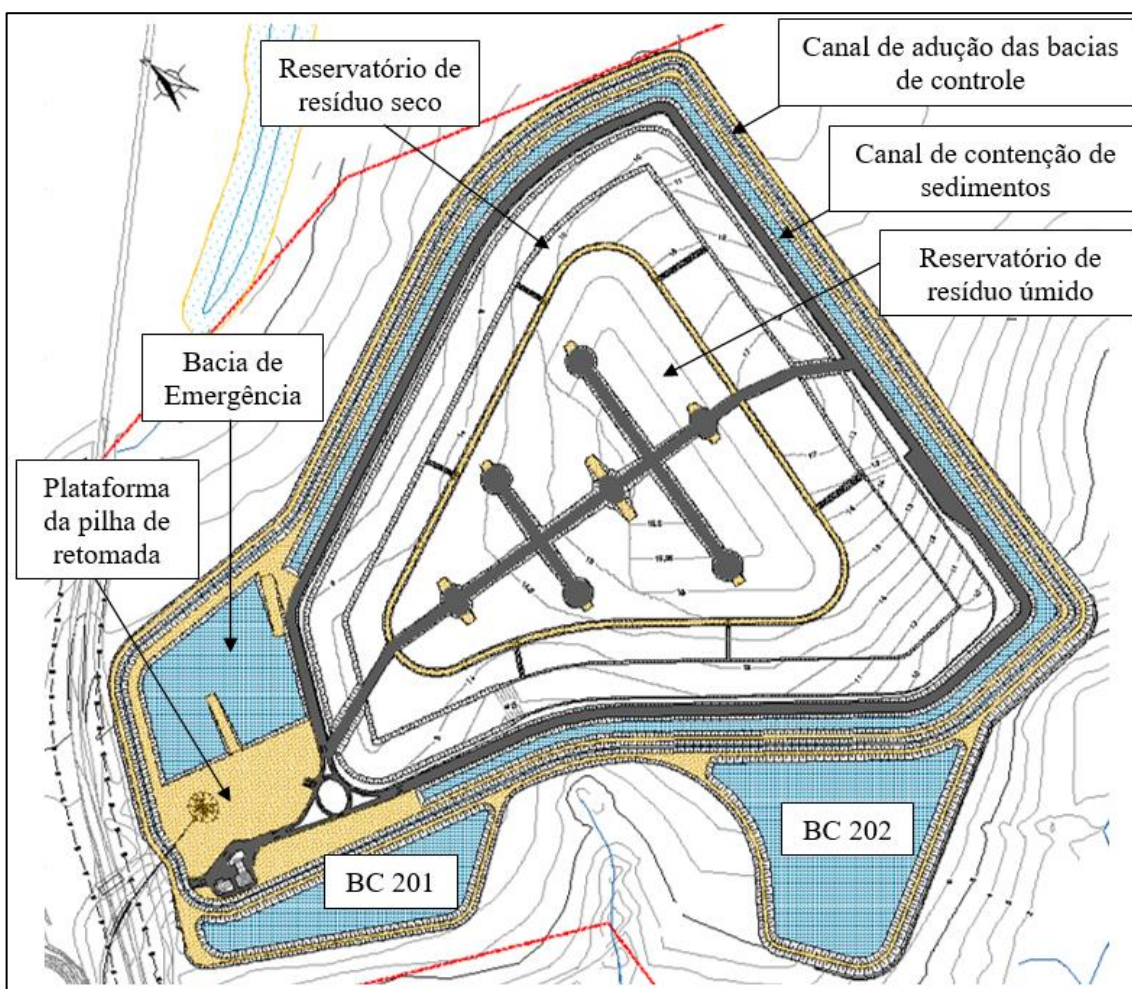
O DRS2 foi projetado para armazenar resíduo da produção de alumina (lama vermelha) (gerado pela refinaria da ALUNORTE) depois de filtrado por filtros prensa. Na Figura 5.1 é apresentado o Layout da fase 1 (fase atual) do DRS2, o qual é constituído de:

- Reservatório de resíduo úmido;
- Reservatório de resíduo seco (com dique central e fingers);
- Plataforma da pilha de retomada;

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

- Célula de Contingência;
- Canal de contenção de sedimentos;
- Canal de adução das bacias de controle;
- Bacias de controle BC 201 e BC 202

A função de cada estrutura do DRS2 será detalhada mais adiante, neste mesmo capítulo.



**Figura 5.1 – Layout da fase 1 do DRS2 (MD-3541-54-G-096)**

Neste item será apresentada a localização do depósito de resíduos sólidos DRS2 e em, seguida o mesmo será caracterizado de acordo com o Memorial Descritivo do projeto



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

detalhado do DRS2 Fase 01, documento MD-3541-54-G-096, elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria, revisão 17 de setembro de 2015. Para caracterização da estrutura também é utilizado o relatório As Built do projeto detalhado do DRS2, elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria LTDA, documento RT-3541-54-G-360 R01, revisão 01 de julho de 2018. Ressalta-se aqui que apenas a fase 01 do DRS2 DRS2 foi executada até o momento.

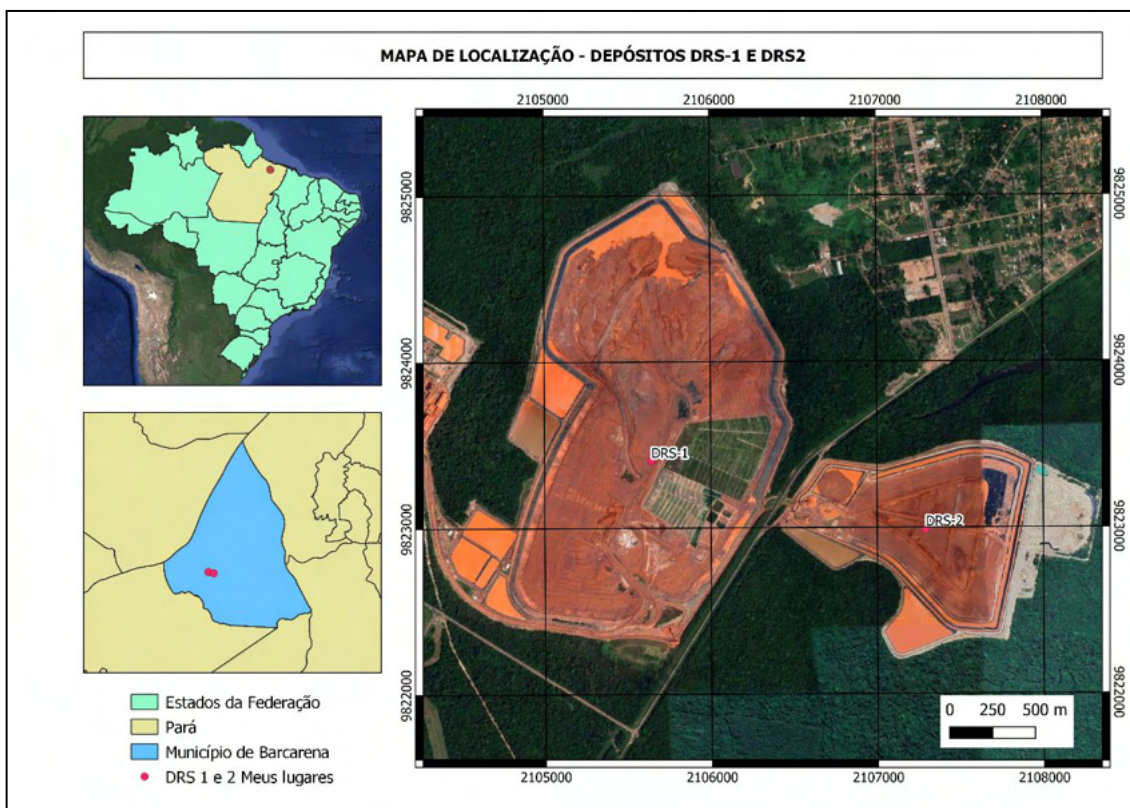
### **5.1 LOCALIZAÇÃO**

Localizado no município de Barcarena, no estado do Pará, o sistema de disposição de resíduos pertencente à ALUNORTE é composto pelos Depósitos de Resíduos Sólidos DSR1 e DSR2 e situa-se em torno das coordenadas UTM/DATUM SIRGAS 2000 754.812m E e 9.828.482m S.

Os depósitos se encontram a uma distância de, aproximadamente, 120 km da capital Belém, e o acesso se dá pela rodovia estadual PA-481. A planta industrial da ALUNORTE em Barcarena apresenta influência mundial na produção de alumina, colaborando para o desenvolvimento da região.

Logo a jusante dos depósitos DRS1 e DRS2 estão localizadas a bacia hidrográfica do rio Murucupi e diversas comunidades que direta ou indiretamente possuem influência do empreendimento.

A Figura 5.2 apresenta o mapa de localização do sistema de disposição de resíduos, indicando os Depósitos DRS1 e DRS2.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


**Figura 5.2 – Localização da Estrutura – DRS1 e DRS2**

O município de Barcarena está localizado no bioma Amazônia, apresentando 1.310,34 km<sup>2</sup> de área (IBGE, 2021). Apresenta esgotamento sanitário adequado para 27,8% de seus habitantes (IBGE, 2010).

A estação chuvosa do município de Barcarena é compreendida entre os meses dezembro e junho, sendo que os meses em que são identificados maiores volumes precipitados se concentram entre janeiro e maio.

Segundo o levantamento censitário realizado pelo IBGE (2010), o município de Barcarena possui 99.859 habitantes, apresentando densidade demográfica de 76,21 habitantes por quilômetro quadrado. Conforme Figura 5.3, identificam-se as comunidades Água Verde, Cabeceira Grande, Caravelas 1, Caravelas 2 Jardim das Palmeiras, Laranjal, Massarapó, Nazaré, Nestor Campos e Vila São Francisco.

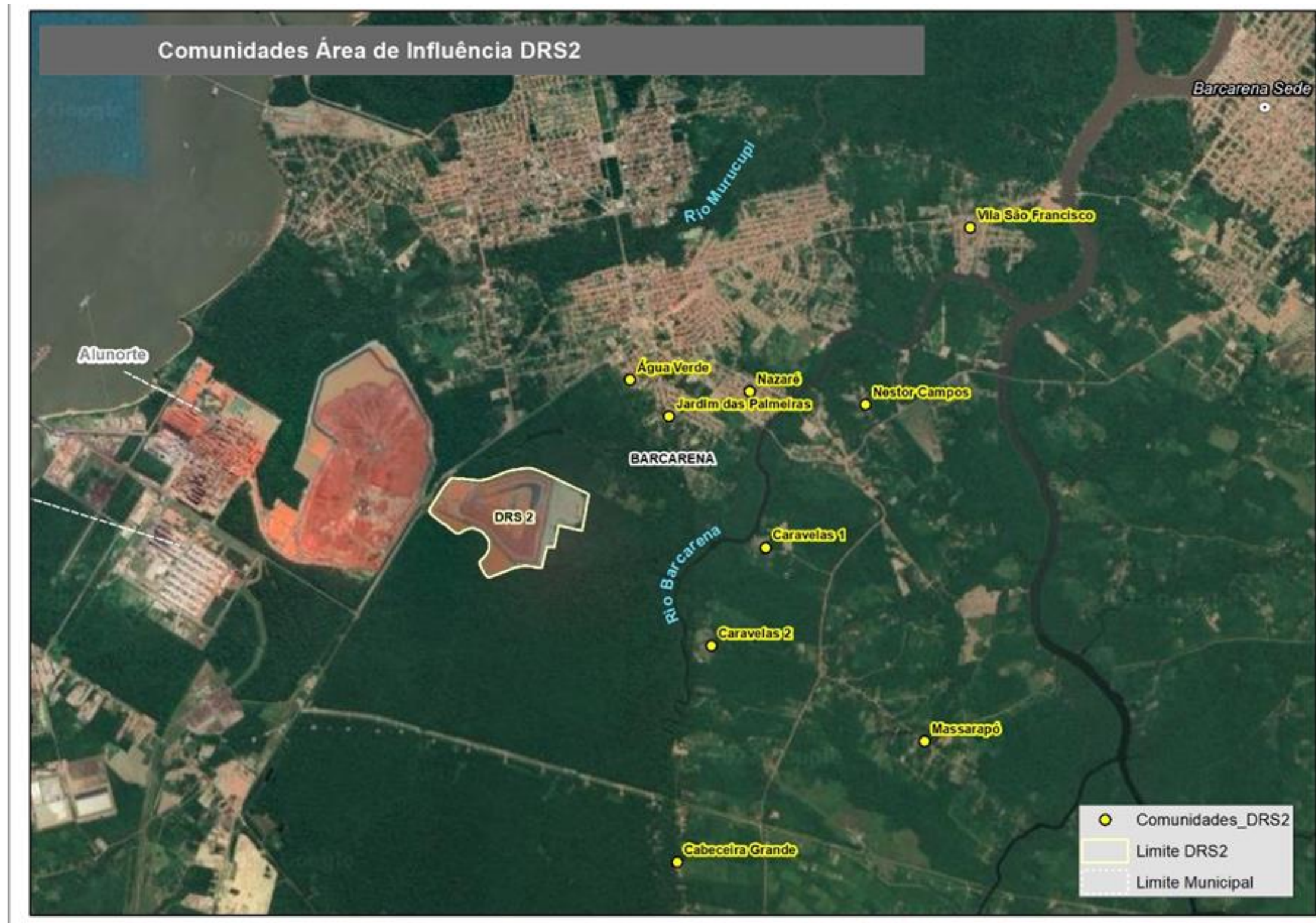


Figura 5.3 – Localização das comunidades próximas ao depósito DRS2 (Imagem fornecida pela equipe técnica da HYDRO/ALUNORTE)

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DA LOCALIZAÇÃO DO DRS2 COM O PROJETO</b>		

Conforme apresentado por IBGE (2020), no ano de 2020 o salário médio mensal era de 2,8 salários-mínimos, com 22,5% da população com emprego formal. A taxa de escolarização de crianças entre 6 e 14 anos foi de 97,3% (IBGE, 2010b)

Em relação à economia do município, o PIB per capita de 2019 foi de R\$ 43.063,73, sendo 71% oriundo de fontes externas (IBGE, 2019), o IDHM do município é de 0,662 (IBGE, 2010).

A Nota Técnica “Contextualização sobre o histórico de expansões dos depósitos de resíduos sólidos – DRS1 e DRS2” (documento DT-3542-54-G-001) apresenta o histórico de implantação e expansão do DRS1 e DRS2. Esse histórico é replicado aqui visando contextualizar o leitor (Figura 5.4).

**AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DA LOCALIZAÇÃO DO DRS2 COM O PROJETO**



**Figura 5.4 – Histórico de expansão do DRS1 e DRS2**

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

A descrição das estruturas do DRS2 é apresentada a seguir com base no memorial descritivo do projeto (MD-3541-54-G-096) e relatório As Built (RT-3541-54-G-360 R01\_AN-561-RL-47252-00).

## 5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

### 5.2.1 Geologia Regional

A área de estudo encontra-se inserida no contexto dos sedimentos cenozóicos (< 65,5 milhões de anos) individualizados nas formações: Pirabas e Barreiras, bem como dos sedimentos quaternários (denominados de sedimentos pós Barreiras).

Conforme apresentado no Mapa Geológico do Estado do Pará, desenvolvido pela CPRM em 2008 (Figura 5.5), a estrutura DRS2 encontra-se sobre Sedimentos Pós-Barreiras.

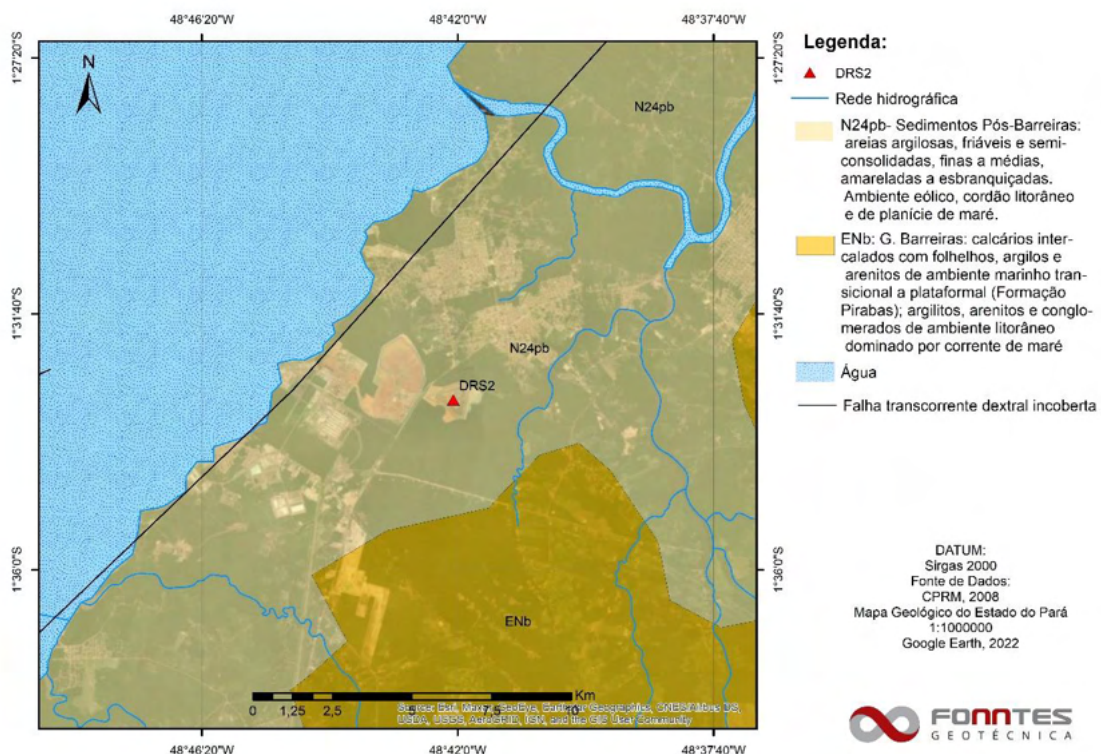
Ocupando uma área de aproximadamente 12000 m<sup>2</sup>, que se estende à faixa litorânea entre as cidades de Bragança e Belém avançando para o interior do Pará, a Formação Pirabas ocorre sobreposta ao embasamento cristalino (Almaraz, 1977) e é caracterizada pela composição calcária e conteúdo fossilífero. A deposição se fez por evento transgressivo decorrente da subida do nível do mar em todo o planeta, durante o Mioceno (Haq et al. 1987). Sucedendo ao evento transgressivo que resultou na Formação Pirabas, ocorreu um evento de caráter regressivo o qual foi responsável pela sedimentação do Grupo Barreiras.

O Grupo Barreiras, também denominado por alguns autores de Formação Barreiras, aflora na costa brasileira, quase continuamente desde o Pará até o Rio de Janeiro. O grupo é constituído por sedimentos de origem continental pouco litificados, oriundos da ação do intemperismo e ciclos geológicos ocorridos no interior do continente após a abertura do Atlântico (MABESOONE e CASTRO, 1975). Os estratos apresentam variações verticais e laterais bem marcadas que variam em níveis arenosos, argilo arenosos,

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

conglomeráticos e ferruginosos. Os sedimentos quaternários Pós-Barreiras recobrem discordantemente essas seqüências.

Admite-se como Sedimentos Pós Barreiras os depósitos que recobrem de maneira discordante os estratos da Formação Barreiras. Tratam-se de areias consolidadas e semi-consolidadas de granulometria fina a média e coloração creme amarelada a branca, podendo conter clastos e frações de argila (Farias et al. 1992). Segundo Rosseti e Valeriano (2007) a evolução desses sedimentos está relacionada a um paleovale de idade quaternária alimentado pelo Rio Tocantins, quando esse corria para oeste do seu curso atual.



**Figura 5.5 – Mapa geológico regional da estrutura DRS2**

O relatório “As Is” RT-3540-54-G-1014 desenvolvido pela Pimenta de Ávila, apresenta as estruturas DRS1 e DRS2 inseridas sobre domínios da Formação/Grupo Barreiras, enquanto a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** indica que as duas estruturas

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

estão inseridas sobre Sedimentos Pós-Barreiras. Levando em consideração o caráter regional do estudo, é natural que haja diferenças entre os estudos, devido principalmente a escala de 1:1.000.000 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), não sendo essas consideradas inconsistências.

### 5.2.2 Histórico de Investigações

Com base no estudo detalhado elaborado pela Pimenta de Ávila (RT-3541-54-G-095), a Tabela 5.1 apresenta uma síntese das investigações executadas na área de estudo.

**Tabela 5.1 – Tabela resumo do histórico de investigação executada na área da estrutura DRS2**

CAMPANHA	EMPRESA	ANO	DOCUMENTO
Estudos conceituais e de pré viabilidade do sistema de rejeitos	-	2002	desenhos AN-306-DS-8875 a 8882
Estudos de condição de fundação	-	2011	RT-3540-54-G-366-R01
Projeto Detalhado do Desvio da PA-481	Solotécnica Engenharia	2014	Relatório AN-681-RL-38211 e desenhos AN-681-DS-38176 a 38181
Condições de fundação do traçado do <i>pipe conveyor</i>	Sondacil	2014	Anexo 3 do relatório (RT-3541-54-G-095), fornecido pela empresa Hatch

De acordo com a Hydro, não houve premissas que justificassem a necessidade de execução de sondagens complementares na área próxima à estrutura DRS2, além das executadas para fomentar a execução do projeto.

É de conhecimento que a área de implantação não pode ser perfurada, uma vez que a estrutura é protegida por geomembrana e caso haja necessidade, as investigações deverão ser locadas próximo ao DRS2 em um contexto estratigráfico e geomorfológico



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

semelhante. As investigações geológico-geotécnicas podem ocorrer durante toda a vida útil de uma estrutura, partindo de premissas tais como: necessidade de reavaliação da estratigrafia da fundação e/ou modificações no projeto.

### 5.2.3 Geologia Local

Nesse subitem é apresentada uma síntese do estudo de geologia local desenvolvido no relatório “As Built” RT-3541-54-G-095 elaborado pela empresa Pimenta de Ávila.

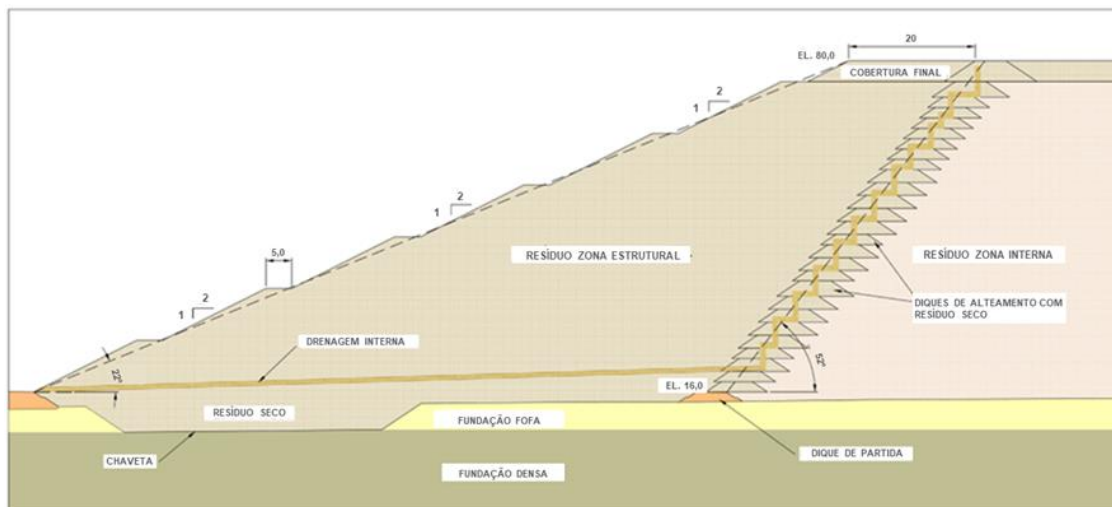
A fundação da estrutura DRS2 pode ser dividida em 3 horizontes distintos, sendo eles: horizonte superior, horizonte intermediário e horizonte inferior.

O horizonte superior é caracterizado por siltes arenosos de coloração variada, e pode ser dividida em subhorizontes superior e inferior, sendo o primeiro constituído por siltes arenosos de compactidade fofa e NSPT menores que 5 golpes. O subhorizonte inferior apresenta características semelhantes ao superior (compactidade fofa e coloração amarelada), porém com valores de NSPT variando entre pouco a medianamente compacto, variando entre 5 a 16 golpes.

O horizonte intermediário é constituído por camada arenosa de coloração variada e NSPT com grande variação, desde 10 golpes até o impenetrável (areias mais finas). Apresenta granulometria variando de fina a grossa e camada com espessura de 5 a 18 metros.

Sotoposto ao horizonte intermediário, encontra-se o horizonte inferior, que se caracteriza por apresentar textura silto-arenosa a areno siltosa, coloração varada e compactidade rija a dura (NSPT variando entre 47 a 60 golpes).

A Figura 5.4 apresenta a seção típica da área de estudo.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


**Figura 5.6 – Seção transversal típica do DRS2 (Fonte: RT-469137-54-G-0002)**

### 5.3 PLATAFORMA DA PILHA DE RETOMADA DO RESÍDUO E CÉLULA DE CONTINGÊNCIA

A plataforma da pilha de retomada de resíduo para disposição no DRS2 foi projetada na El. 16,0 m, com área em planta de cerca de 49.900 m<sup>2</sup>.

A Célula de Contingência foi projetada para receber resíduo em condições de umidade extremamente elevadas. Tendo em vista que elevada umidade impossibilitaria a sua disposição por meio de espalhamento com trator de esteiras. Foi prevista crista na El. 16,0 m e fundo com elevação variável em torno da EL. 11,0 m, área em planta de cerca de 48.500 m<sup>2</sup>, taludes de montante com inclinação 1V:1,5H e volume de armazenamento de aproximadamente 199.483 m<sup>3</sup> de resíduo “super úmido”. A Célula de Contingência é apresentada na Figura 5.7.



Figura 5.7 – Bacia de emergência

#### 5.4 CANAIS DE CONTORNO E BACIAS DE CONTROLE (BC 201 E BC 202)

O sistema de proteção e condução das águas pluviais do DRS2 é formado por dois canais de contorno associados a duas bacias de controle denominadas BC 201 e BC 202.

Conforme memorial descritivo (MD-3541-54-G-096), em função dos estudos hidrogeológicos obtidos da área, foi definido que a cota de escavação do fundo das Bacias de Controle (BC 201 e BC 202) seria na El. 9,0 m.

O canal implantado adjacente ao reservatório de resíduos, denominado canal de contenção de sedimentos, apresenta cerca de 15m de largura da base, taludes com inclinação de 1V:1,5H, e fundo na elevação 11,0m (Figura 5.8). Tem como objetivo

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

conter os sedimentos provenientes da drenagem da pilha, que porventura sejam carreados para o canal.



**Figura 5.8 – Canal de contorno adjacente ao DRS2**

O segundo canal (canal de adução das bacias), adjacente ao canal de contenção de sedimentos, possui cerca de 3m de largura de base, taludes com inclinação de 1V:1,5H, e fundo na elevação 10,5m. Contorna toda a área do depósito e tem como objetivo receber os efluentes a partir do canal de contenção de sedimentos e conduzi-los até as bacias de controle BC 201 e BC 202, de onde o efluente é bombeado para a estação de tratamento.

O controle do fluxo de efluente do depósito para os canais e bacias é feito através de extravasores distribuídos ao longo dos diques de contorno.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

A bacia de controle BC 201 tem uma área de cerca de 34.585 m<sup>2</sup> de fundo, taludes 1V:1,5H, crista na elevação 15,50 m e fundo na elevação 9,00 m. Possui um volume total de 258.129 m<sup>3</sup>. Já a BC 202 tem uma área de cerca de 65.301 m<sup>2</sup> de fundo, taludes 1V:1,5H, crista na elevação 15,50 m e fundo na elevação 9,00 m, perfazendo um volume total de 463.201 m<sup>3</sup>.

A partir das bacias de controle o efluente é bombeado para a estação de tratamento.

### **5.5 DIQUE DE CONTORNO**

O dique de contorno do reservatório é utilizado como acesso de operação. Apresenta borda interna da crista na El. 16,0 m, largura da crista de 13,0 m, com inclinação para as duas laterais.

### **5.6 DIQUE ENTRE CANAL DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E CANAL DE ADUÇÃO DAS BACIAS DE CONTROLE**

O dique entre canal de contenção de sedimentos e canal de adução das bacias de controle possui crista na El. 16,0, com 5,8 m de largura e inclinação para dentro do canal de contenção de sedimentos. Taludes de montante e jusante com inclinação de 1V:1,5H. Apresenta revestimento de laterita na crista.

### **5.7 DIQUE EXTERNO DO CANAL DE ADUÇÃO DAS BACIAS DE CONTROLE**

O dique externo do canal de adução das bacias de controle possui crista na El. 15,5, com 7,8 m de largura e inclinação para dentro do canal. Taludes de montante e jusante com inclinação de 1V:1,5H. Apresenta revestimento de laterita na crista. A Figura 5.9 indica a localização de cada um dos diques supracitados.



**Figura 5.9 – Identificação do dique externo, dique entre canal de adução e canal de contenção de sedimentos e dique de contorno e acesso de operação.**

### **5.8 DIQUE EXTERNO DAS BACIAS DE CONTROLE (BC 201 E BC 202)**

O dique externo das bacias de controle possui crista na El. 15,5, com 5,8 m de largura e inclinação para dentro das bacias. Taludes de montante e jusante com inclinação de 1V:1,5H.

### **5.9 DIQUE DE CONTENÇÃO DA ÁREA ÚMIDA (INFRAESTRUTURA INICIAL)**

O dique de contenção da área úmida apresenta crista na EL. 16,0 m, com 5,9 m de largura e extensão de cerca de 2.038,37 m. Possui revestimento de laterita na crista, bem como 6 aberturas com 3m de largura na base que servem de extravasores.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

### **5.10 DIQUE CENTRAL E FINGERS (INFRAESTRUTURA INICIAL)**

Foram projetados dique central e fingers dentro da área destinada à disposição de resíduo úmido, para possibilitar o acesso de caminhões que levarão o resíduo a ser disposto nesta área. Os Fingers foram implantados nos bordos direito e esquerdo do dique central, sendo nomeados 1D e 1E e 2D e 2E. Na ponta dos fingers e em alguns pontos do dique central foram previstas áreas circulares para manobra dos caminhões, posicionamento e lançamento do resíduo para dentro do reservatório. Nestas áreas circulares, foram previstas rampas para a descida de tratores de esteira que promovem o espalhamento do resíduo.

O dique central possui cota de crista variável entre as EL. 16,0m e EL. 20,21 m, com 15,4 m de largura e extensão de cerca de 620,0 m. Os *fingers* possuem cota de crista variável entre a EL. 15,7 m e a EL. 19,8 m, com 15,4 m de largura e extensão total de cerca de 647,0 m. O revestimento na crista do dique central e fingers ficou a cargo da ALUNORTE e não é apresentado no memorial descritivo (MD-3541-54-G-096).

Durante a visita técnica, foi possível identificar a conformação inicial do Dique central e fingers (infraestrutura inicial do DRS2), estando apresentada na Figura 5.10.



Figura 5.10 – Dique central e fingers – infraestrutura inicial do DRS2

### 5.11 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

O DRS2 conta com um sistema simples de barreira impermeabilizante, constituído por geomembrana PEAD com espessura de 1,5 mm, nos taludes de montante e fundo do reservatório, canais, bacias, plataforma da pilha de retomada e na crista dos diques de contorno e dique de contenção da área úmida.

Para proteção da geomembrana quanto ao puncionamento por qualquer material pontiagudo que possa existir nas áreas de aterro e de terreno natural que ela cobrirá, nos taludes foi instalado, sob a geomembrana, geotêxtil não tecido de gramatura igual a 400g/m<sup>2</sup> e, no fundo do reservatório, das bacias e do canal de contenção de sedimentos, a geomembrana estará sobre uma camada de 7,0 cm de areia.



**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

Na crista do dique de contorno, que servirá de acesso ao reservatório do DRS2, onde haverá trânsito de veículos, como caminhões carregados de resíduo, foi aplicada geomembrana texturizada nas duas faces, que proporciona maior atrito na interface com o solo, e sobre ela uma camada de 1 m de solo sem pedregulhos, de forma a evitar que o tráfego promova danos à geomembrana. Sobre a camada de solo foi projetado a aplicação de asfalto. Durante a visita técnica esse último ainda não havia sido executado.

De acordo com o memorial descritivo, na crista do dique de contenção da área úmida a configuração é a mesma, exceto que a espessura da camada de solo sem pedregulhos sobre a impermeabilização seria de 0,75 m e logo acima uma camada de 0,25 m de espessura de laterita.

Na área da plataforma da pilha de retomada, também foi utilizada geomembrana texturizada nas duas faces, e sobre ela uma camada de 0,75 m de solo sem pedregulhos, com 0,25 m de laterita por cima, tendo sido delimitada pela ALUNORTE a área asfaltada.

Na área do reservatório do DRS2 onde será disposto o resíduo em período de estiagem também foi prevista a aplicação de geomembrana de 1,5 mm de espessura, texturizada nas duas faces.

Nos taludes de jusante do canal de contorno e bacias poderá ser aplicada geomembrana de 1,0 mm ou vegetação de grama em placa, a ser definido pela ALUNORTE

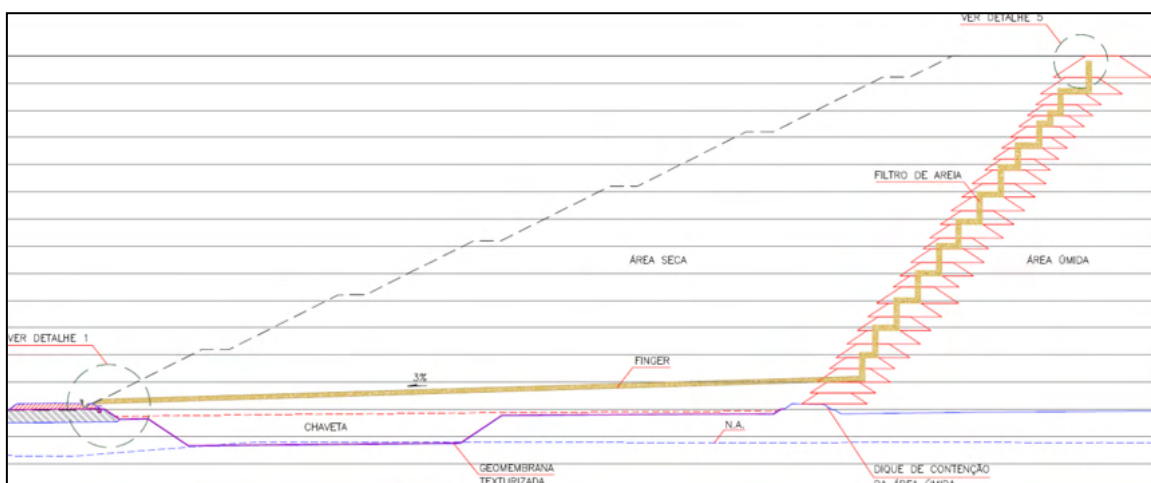
**5.12 DRENAGEM INTERNA DA PILHA**

Segundo o memorial descritivo, o sistema de drenagem interna foi previsto ser implantado quando a pilha de resíduo atingir a elevação 16 m, ou seja, a borda do dique de contorno. Consiste em drenos transversais, espaçados de 10 m entre si, de seção

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

retangular de 0,60 m por 0,40 m de seixo rolado, envolto por geotêxtil e uma camada de 0,15 m de areia média. A função dos drenos é conduzir o fluxo de água interno da pilha, da área úmida até a crista do dique de contorno da área seca, com declividade de 2%, evitando assim a saturação da zona estrutural da pilha. A água proveniente dos drenos é coletada pela canaleta do dique de contorno, de onde segue o fluxo de efluentes até as bacias de controle.

A Figura 5.11 e Figura 5.12 ilustram a seção e detalhe típicos dos drenos.



**Figura 5.11 – Seção Típica – Drenagem interna da pilha (documento D1-3541-54-G-163)**

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

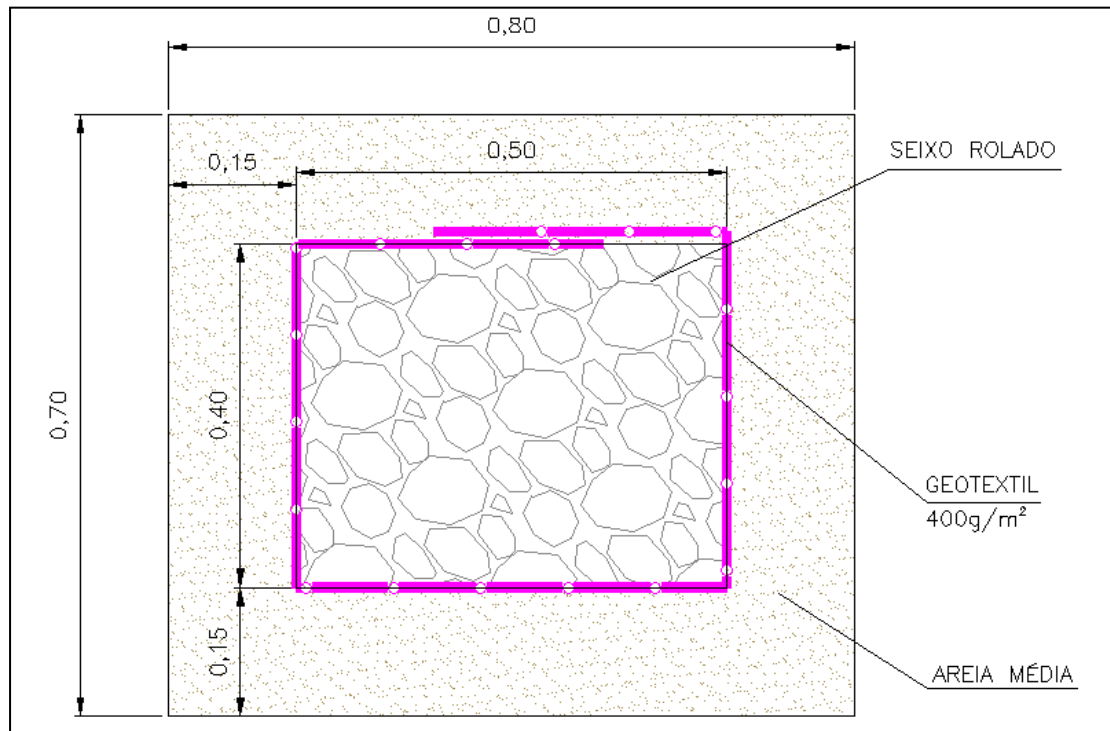


Figura 5.12 – Detalhe Típico – Drenos (D1-3541-54-G-163)

### 5.13 INSTRUMENTAÇÃO

Para permitir o monitoramento das condições geotécnicas da pilha de resíduo filtrado do DRS2, foi prevista a instalação de instrumentação geotécnica, a saber:

- 20 Inclínômetros: aplicável para medição de deslocamentos horizontais em profundidade;
- 07 Piezômetros Casagrande e 19 piezômetros elétricos de corda vibrante: medição da poropressão na fundação e no interior da pilha durante a construção da mesma;
- 10 Marcos superficiais: monitoramento dos deslocamentos horizontais e verticais na superfície.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

#### **5.14 SISTEMA EXTRAVASOR**

O sistema de controle das águas no interior do DRS2, até a El. 16m (Fase 1) é desenvolvido de 2 maneiras distintas, a saber:

1. Por meio de sistema de bombeamento – corresponde ao controle das águas no interior do DRS2 abaixo da El. 14,0 m (elevação da soleira dos extravasores), ou seja, no trecho em que não é possível o escoamento das águas do interior do depósito pelos extravasores para os canais/bacias;
2. Por meio de extravasores – corresponde ao controle das águas no interior do DRS2 entre a El. 14,0 m a 16,0 m.

No DRS2 - Fase 1, foram projetados 22 extravasores em concreto armado no dique de contorno, com soleira na El. 14,00 m (planta de locação dos extravasores: D1-3541-54-C-039).

Entre o canal de contenção de sedimentos e o canal de adução é prevista a implantação 4 extravasores tipo galeria, controlado por stop-logs

Entre o canal de adução e as bacias de controle existem 2 extravasores tipo galeria, controlado por stop-logs, localizados nos seguintes pontos:

- Canal de adução ligando à BC 201;
- Canal de adução ligando à BC 202;

Para facilitar a operação dos stop logs nos extravasores (soleira El. 14,00 m), foram projetados pórticos com dispositivo de içamento instalados em cada extravasor.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

O controle do Nível de água na Célula de Contingência é feito por meio de bombeamento, abaixo da elevação 14 m, e por meio de extravasor em concreto dotado de stop logs entre as elevações 14 m e 16 m.

**5.15 GALERIA DE TRANSPOSIÇÃO DO CANAL DE ADUÇÃO**

Na região da entrada para o DRS2 de acordo com descritivos documentos consultados, foi implantada uma galeria em concreto com dimensões internas de 3,0 x 4,0m para transposição do canal de adução.

**5.16 DRENAGEM SUPERFICIAL**

Na concepção do sistema de drenagem superficial foram utilizadas canaletas retangulares em concreto, sendo designadas por CR (canaleta retangular), na área da plataforma, e por CRP (canaleta retangular periférica) no pé da pilha a ser construída.

A drenagem superficial periférica da pilha de resíduo desemboca nos extravasores (rápidos), enquanto a drenagem superficial da plataforma desemboca na Célula de Contingência ou no canal de adução, em função da localização do dispositivo de drenagem.

**5.17 PROJETO AS BUILT**

O relatório As Built/Como Construído elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria LTDA (RT-3541-54-G-360 R01, revisão 01 de julho de 2018) foi elaborado após a implementação da primeira fase do DRS2 e apresenta pequenas divergências entre o projeto e o que foi executado. Ressalta-se que até o presente momento, apenas a primeira fase do DRS2 foi implementada. Segundo o relatório *As Built* (documento RT-3541-54-G-360 R01), não foram identificados documentos que evidenciem as seguintes ações durante a execução do projeto:

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

- Escavação e remoção de material fofo, nas áreas que posteriormente receberam o aterro dos diques;
- Escavação e remoção de material fofo, na região da chaveta.
- Ensaios de caracterização de resistência do concreto moldado in loco, e atualização de cotas, medidas etc., das estruturas de concreto dos extravasores.
- Execução de camada de geotêxtil e tapete de areia sob a geomembrana.

Entretanto, no documento “considerações sobre o ‘Como Construído’ da infraestrutura inicial do DRS2- Fase 1” (RT-3541-54-G-451 R01), é informado que as mudanças do projeto foram ajustes de execução por decorrência de necessidades identificadas durante a implantação, concluindo que “As obras executadas para a construção da estrutura inicial de disposição do DRS2 – Fase 1 atendem às exigências e premissas estabelecidas em projeto, tornando o depósito apto para disposição de resíduos”.

## 6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

No início dos trabalhos foram realizadas reuniões com o MP-PA com objetivo de alinhamento sobre o entendimento do escopo das letras do TAC 3.1. Um ofício foi elaborado pela FONNTES e direcionado ao MP-PA (protocolo PR-PA-00011706/2022 em 16 de março de 2022) com o entendimento da metodologia para resposta técnica de cada uma das letras do TAC 3.1. O “de acordo” ao entendimento foi encaminhado pelo MP-PA pelo Ilmo. Procurador da República Dr. Ricardo Augusto Negrini no dia 04 de abril de 2022. A metodologia estabelecida para o atendimento da letra B), objeto desse relatório, e reproduzida a seguir.

*Este relatório se concentra na operação e manutenção do DRS2, ou seja, se as práticas utilizadas estão adequadas tecnicamente e conforme critérios*

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

*consagrados de engenharia. Portanto, será realizada uma avaliação técnica do manual de operação da estrutura, que consiste em um documento elaborado pela empresa projetista para especificar todas as diretrizes técnicas que devem ser observadas e obedecidas para a correta operação, monitoramento, inspeção e manutenção das estruturas do sistema de disposição de resíduos.*

Além disso, será avaliado, do ponto de vista de governança, se a empresa executa aquilo que está programado e como são tratados/ resolvidos eventuais desvios do ponto de vista corretivo.

Pelo motivo do manual de operação ser um documento muito denso em termos de conteúdo, foi realizada uma divisão por itens, considerando os temas mais relevantes que devem ser abordados nessa auditoria. Para cada item é realizado um breve relato relacionado ao manual e na sequência são apresentadas as considerações da FONNTES em relação àquele tema. Nessas considerações são relatados ainda documentos enviados pela HYDRO para fins de registro da execução do que é definido no manual.

## **7. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

O DRS2 possui um manual de operação elaborado pela Pimenta de Ávila Consultoria LTDA, sendo sua última versão aprovada em 05 de março de 2021 (documento OM-3541-54-G-282 R08). Neste item são apresentadas em resumo as diretrizes operacionais contidas no manual e em seguida será dado um parecer com base nas fichas de inspeção e rotina se estão sendo executadas adequadamente as diretrizes do manual.

### **7.1 PLANEJAMENTO DE DISPOSIÇÃO**

Atualmente a disposição de resíduos no DRS2 está na fase 1. Nessa fase é prevista a disposição dos resíduos em pilha entre as elevações EL. 16,0m e 80,0 m. O resíduo

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

disposto no DRS2 poderá ser disposto em três áreas, sendo na zona estrutural, zona interna e célula de emergência. A escolha para a disposição em cada um deles passa por análise da precipitação diária observada e da concentração de sólidos nos resíduos.

Conforme Manual de operação, as diretrizes são apresentadas na Figura 7.1.

<b>P &lt; 4 mm</b>	Foi considerado que precipitações diárias (P) < 4 mm não afetam significativamente o teor de umidade final do resíduo. <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ 100% do resíduo apresenta condições de ser depositado na zona denominada <b>Zona Estrutural</b> do DRS2, ou ser depositado na <b>camada de fechamento do DRS1</b>.</li> </ul>
<b>4 mm &lt; P &lt; 10 mm</b>	Foi considerado que em dias de precipitação de 4 mm < P < 10 mm: <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ 50% do resíduo não terá o teor de umidade significativamente afetado, apresentando condições de ser depositado na <b>Zona Estrutural</b> do DRS2, ou ser depositado na <b>camada de fechamento do DRS1</b>;</li> <li>↳ 50% do resíduo para esta condição de precipitação deverá ser depositado na <b>Zona Interna</b> do DRS2.</li> </ul>
<b>10 mm &lt; P &lt; 25 mm</b>	Foi considerado que precipitações diárias de 10 mm < P < 25 mm afetam o teor de umidade final do resíduo. <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ 100% do resíduo gerado em dias com estas condições de precipitação deve ser depositado na <b>Zona Interna</b> do DRS2.</li> </ul>
<b>P &gt; 25 mm</b>	Foi considerado que precipitações diárias (P) > 25 mm afetam o teor de umidade final do resíduo. <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ 100% do resíduo gerado em dias com estas condições de precipitação ser depositado na <b>Zona Interna</b> do DRS2; <i>OU</i></li> <li>↳ O resíduo gerado deve ser temporariamente depositado na <b>Célula de Emergência</b> (DRS2) e retomado para a Zona Interna assim que possível.</li> </ul>

**Figura 7.1 – Diretrizes para definição da disposição de resíduos no DRS2**

Além disso, os resíduos deverão ser lançados na Zona Interna quando:

- Desvio de umidade do resíduo na frente de retomada das pilhas de transferência fora da faixa especificada (entre  $w_{ót}-3\%$  e  $w_{ót}+4\%$ .);
- Problemas nos acessos em direção à Zona Estrutural, tais como, de trafegabilidade, visibilidade ou qualquer outro, que prejudique, ou impossibilite, o transporte do resíduo até a Zona Estrutural;
- Problemas de excesso de umidade do resíduo (Desvio de umidade  $\geq 4\% w_{ót}$ ), trafegabilidade, visibilidade, ocorrência de chuva forte ou qualquer outro problema, a critério do supervisor de área, que prejudique, ou impossibilite, a disposição na Zona Estrutural.



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

### 7.1.1 Planejamento e vida útil

De modo geral, as atividades apresentadas no planejamento do DRS2 incluem:

- Terraplenagem: carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de resíduo (quando aplicável) nas Zonas Interna e Estrutural, diques de contorno da Zona Interna, central e fingers e bacias de emergência, além da escavação dos canais transversais, longitudinais e de conexão;
- Sistema de Drenagem Interna: execução dos drenos subverticais e sub-horizontais e dreno de pé;
- Instrumentação Geotécnica: fornecimento, instalação e, quando necessário, calibração de instrumentos, além do alteamento dos tubos dos inclinômetros;
- Sistema de Drenagem Superficial: execução das descidas em degrau considerando o fornecimento, transporte e instalação das estruturas em concreto e o fornecimento e instalação de geomembrana PEAD nos canais transversais.

De acordo com o manual operacional, o DRS2 apresentará os seguintes volumes de disposição na fase 1, capacidade para armazenamento de aproximadamente 12.931.084 m<sup>3</sup> na Zona Estrutural, 8.891.859 m<sup>3</sup> na Zona Interna e 2.491.427 m<sup>3</sup> no Dique de contorno da Zona Interna, Dique Central e Fingers, totalizando ao final um volume aproximado de **24.314.370 m<sup>3</sup>**.

## 8. OPERAÇÃO DO SISTEMA

Inicialmente são citadas pelo manual operacional orientações básicas para a operação do sistema. Dentre as quais, citam-se:

- *É prevista a operação contínua do DRS2, vinte e quatro horas por dia nos 365 dias do ano.*

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

- *As regras e os padrões de sinalização vertical e horizontal dos acessos e demais áreas operacionais devem ser estabelecidos pela Alunorte e não fazem parte do escopo do presente Manual de Operação.*
- *A Alunorte deverá prever um projeto de iluminação para todo o depósito, a ser aprovado pela sua equipe interna de saúde, segurança e meio ambiente, de forma a possibilitar as atividades noturnas sem riscos de acidentes por falta de visibilidade.*
- *Todos os profissionais envolvidos na Operação do DRS2, incluindo os operadores de equipamentos, deverão possuir meio de comunicação exclusivo (via rádio). A utilização do sistema de comunicação deverá seguir as regras de saúde, segurança e meio ambiente estabelecidas pela Alunorte.*

A seguir são descritas a operação das seguintes atividades (i) Retomada do resíduo; (ii) Critérios de disposição do resíduo no DRS2; (iii) transporte de resíduo para a disposição no DRS2 e (iv) disposição do resíduo no DRS2.

### **8.1 RETOMADA DO RESÍDUO**

Os resíduos produzidos pelos filtros prensa são encaminhados por correias transportadoras tubulares até o ponto para retomada pelos caminhões basculantes.

Conforme Manual de Operação, inicialmente a retomada de resíduo seria realizada a partir de um galpão feito em lona inflável que necessita de insuflamento de ar 24h por dia. Sua operação necessitaria de energia elétrica para garantir o insuflamento e a pressão positiva no interior do galpão. Por este motivo não é feita a abertura da eclusa de entrada e saída do galpão simultaneamente para o mesmo não perder a insuflação.

A fim de se garantir a segurança das equipes de operação e transporte durante a retomada no Galpão Inflável foram estabelecidos os seguintes procedimentos de segurança:

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

- I. **Eclusa de Entrada:** Durante a entrada, as portas externas são abertas para permitir o acesso à câmara interna da eclusa. Após isso, as portas externas são fechadas para que as portas internas da câmara sejam abertas, de modo a possibilitar o acesso à área de retomada no interior do galpão;
- II. **Eclusa de Saída:** Durante a saída do galpão, o processo consiste na abertura das portas internas para acesso à câmara da eclusa. Após isso, as portas internas são fechadas com abertura das portas externas para evacuação.

Durante a operação o acesso de entrada é realizado por uma das entradas, enquanto a saída é realizada por outro acesso adjacente.

Dessa forma, para adentrar no galpão, o caminhão deve passar pela primeira porta, aguardar até que a porta seja manualmente fechada, para então passar pela segunda porta, onde pode ser encaminhado ao ponto de carregamento na pilha de resíduo.

A fim de proporcionar maior segurança na operação no interior do galpão, foi estabelecida a ocupação máxima de duas carregadeiras e um caminhão basculante, simultaneamente, no interior do galpão.

Conforme o Manual de Operação, seria implantado de um galpão permanente (Dome TR-34E-04) para otimizar a retomada dos resíduos. Este galpão teria capacidade para duas pilhas de rejeitos de altura máxima de 12,3 metros. O Manual estimou que com o novo galpão haveria um aumento de 15% da capacidade de estocagem do resíduo quando comparado ao galpão inflável. Cabe destacar que durante a visita técnica realizada pela FONNTES já estava em operação o galpão permanente.

Ressalta-se que:

*“Está prevista a realização de ensaios de caracterização do resíduo, incluindo a determinação do teor de umidade, na saída dos filtros prensa, na descarga da*

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

*correia tubular e na frente de retomada das pilhas. O item 9.1 apresenta maiores informações relacionadas aos tipos e periodicidade dos ensaios de controle.”*

Ainda em relação a retomada de resíduo, são apresentados pelo manual de operação do DRS2 os procedimentos básicos que o Supervisor da Área das Pilhas de Transferência deve adotar para o adequado funcionamento dessa etapa. A seguir citam-se os mais relevantes:

É responsabilidade do Supervisor da Área das Pilhas de Transferência comunicar a gerência dos filtros prensa caso seja identificado que o teor de umidade do resíduo está fora da faixa entre 24,2% e 29,0%. Além disso, caso o Supervisor de área identifique visualmente ou a partir de análise de laboratório que o resíduo da correia tubular está adentrando a pilha com umidade elevada, o Supervisor Geral de Operação deve ser acionado para avaliar a condição de funcionamento dos filtros prensa.

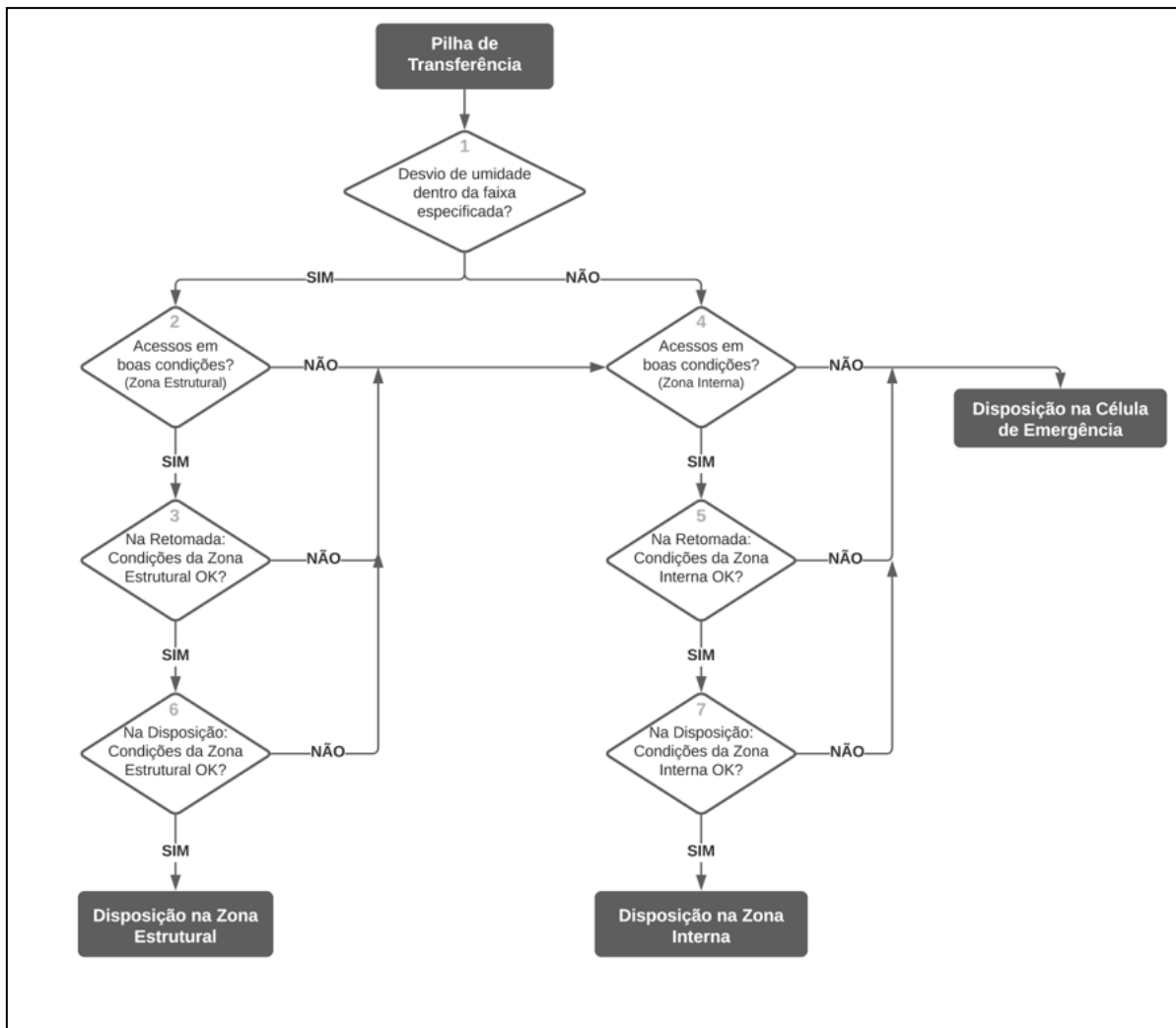
Exclusivamente em dias secos o Supervisor de Área das Pilhas caso identifique que o material nas pilhas está com umidade elevada, o mesmo deverá dispor em faixas adjacentes às pilhas a porção do material que apresente maior umidade. O material deve ser tombado por meio de trator com grade e lâmina motoniveladora para homogeneização e secagem do material

## 8.2 CRITÉRIOS DE DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO NO DRS2

Assim como indicado na introdução do item 7, a disposição de resíduo no DRS2 ocorre entre 3 áreas, zona estrutural, zona interna e célula de emergência. A disposição em cada uma delas é definida de acordo com a faixa de precipitação diária apresentada na Figura 7.1.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

A Figura 8.1 apresenta um fluxograma simplificado para ilustrar os critérios de disposição do resíduo de acordo com a umidade e as condições de acesso à área de retomada, área estrutural e área interna.



**Figura 8.1 – Fluxograma Simplificado para a Definição do Destino de Disposição do Resíduo no DRS2.**

**8.3 TRANSPORTE DO RESÍDUO PARA A DISPOSIÇÃO NO DRS2**

Conforme indicado no manual de operação do DRS2, no início da operação do depósito, os caminhões seguirão o trajeto apresentado na Figura 8.2 para o lançamento do resíduo no reservatório. Com a subida da pilha, de forma a respeitar a premissa de rampa máxima admissível (i=10%) estabelecida em projeto, o acesso dos caminhões deixará de ser diretamente pela lateral oeste e passará a ser pela crista do dique de

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

contorno na lateral sul em direção às rampas previstas na lateral leste da 1ª Fase do DRS2 (Figura 8.3).

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

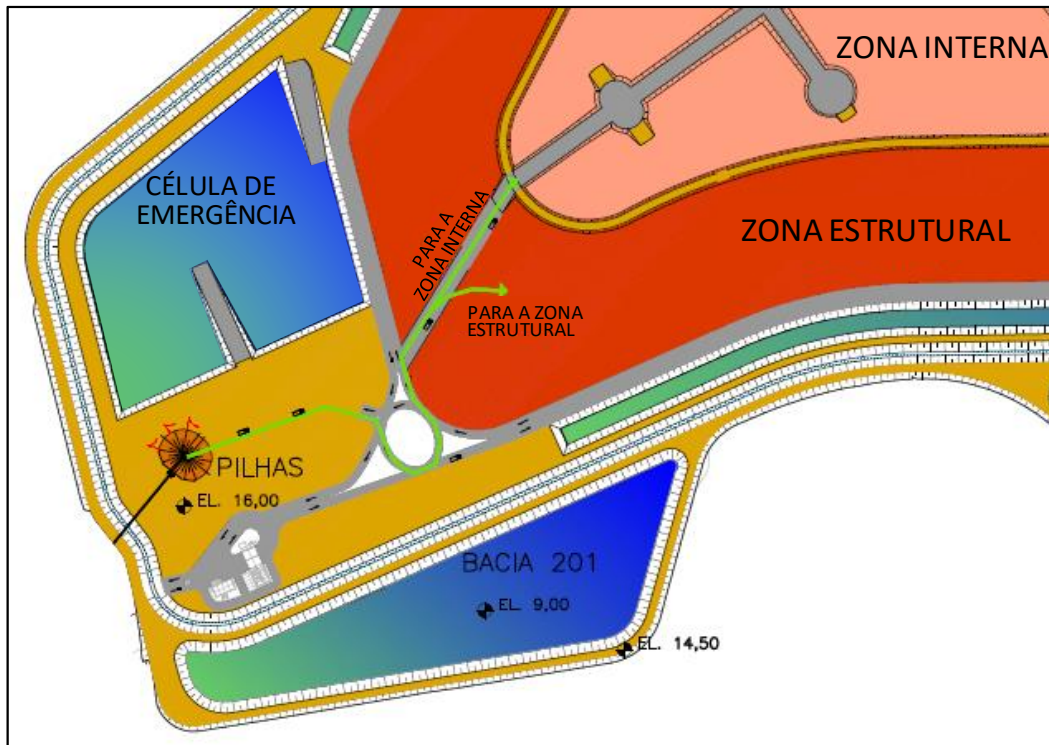


Figura 8.2 – Trajeto para o lançamento do resíduo – Início da operação.

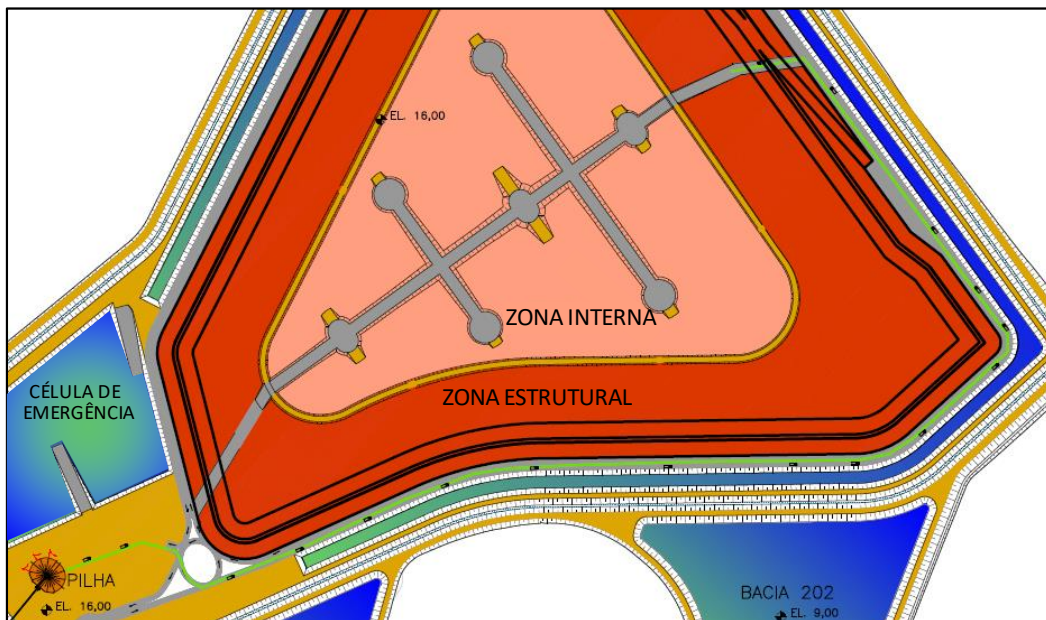


Figura 8.3 – Trajeto para o lançamento do resíduo feito pela crista do dique.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

#### **8.4 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO DRS2**

Os resíduos poderão ser dispostos sobre o DRS2 em três áreas distintas conforme indicado anteriormente, Zona Estrutural, Zona interna e Célula de Emergência, sendo de responsabilidade do Supervisor Geral de Operação a distribuição com base nas condições do resíduo e dos acessos às áreas.

O Manual de Operação indica que as camadas de resíduo devem ser lançadas com espessura solta máxima de 0,30. A compactação deve ser realizada de modo sistemático, ordenado e contínuo, de modo a garantir, na zona estrutural, o grau de compactação de 95% em relação ao ensaio Proctor Normal e, na zona úmida, o grau de compactação de 90% em relação ao ensaio Proctor Normal.

A seguir são descritas resumidamente como deve ocorrer a disposição em cada uma das áreas de acordo com o Manual de Operação do DRS2:

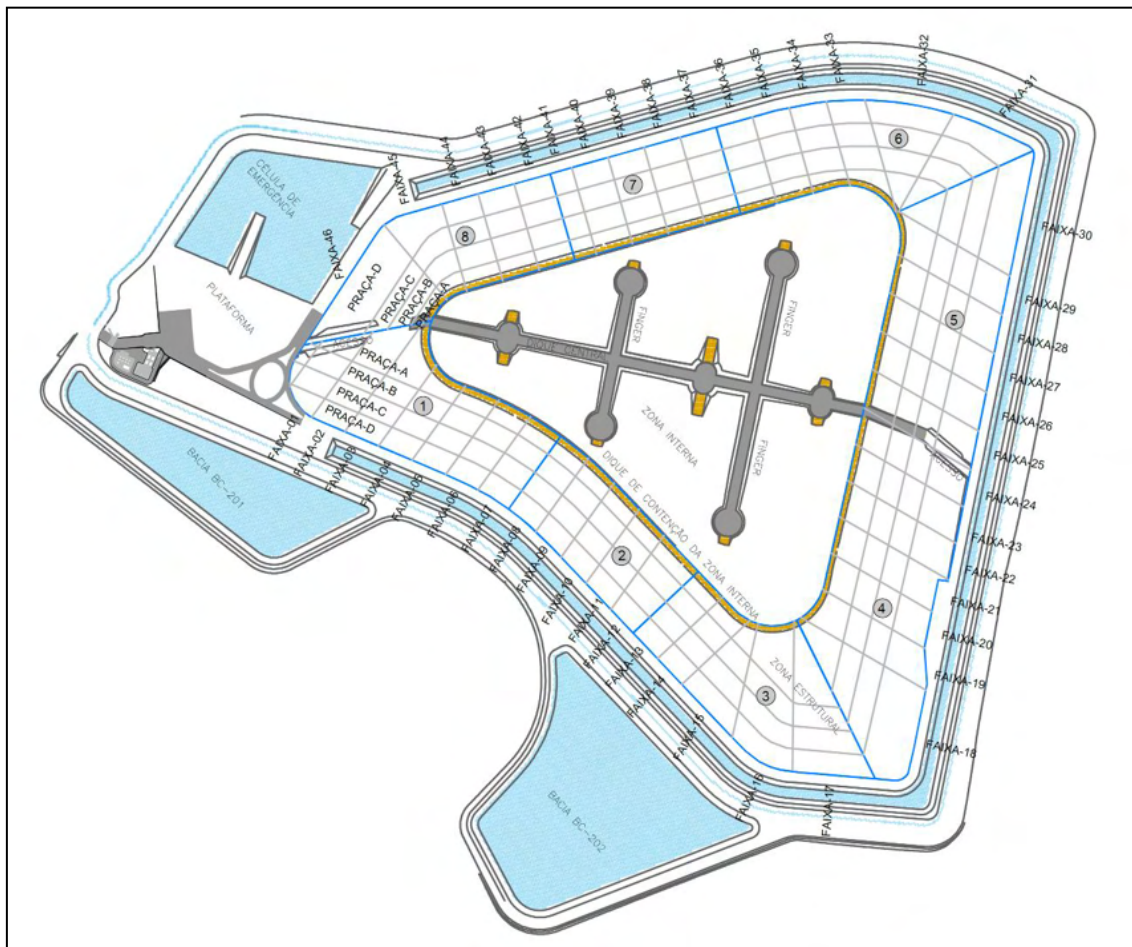
##### **8.4.1 Zona Estrutural**

A zona estrutural foi dividida em 08 setores (setor 01 a 08), apresentando cada uma dimensões aproximadas de 50 metros de comprimento e 32 metros de largura (Figura 8.4).

O lançamento e espalhamento das primeiras camadas foi realizado diretamente sobre a superfície impermeabilizada com geomembrana. Conforme Manual de Operação foram realizados pelo método “Ponta de Aterro” sob acompanhamento da equipe de fiscalização para identificação de possíveis danos causados à geomembrana.

Caso seja identificado desvio de umidade ( $W_{ot} -3\%$  e  $W_{ot} +4\%$ ), o supervisor geral de operação deverá avaliar a possibilidade de tratar o material na Zona estrutural até a correção da umidade ou direcioná-lo para a zona interna ou célula de emergência.



**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


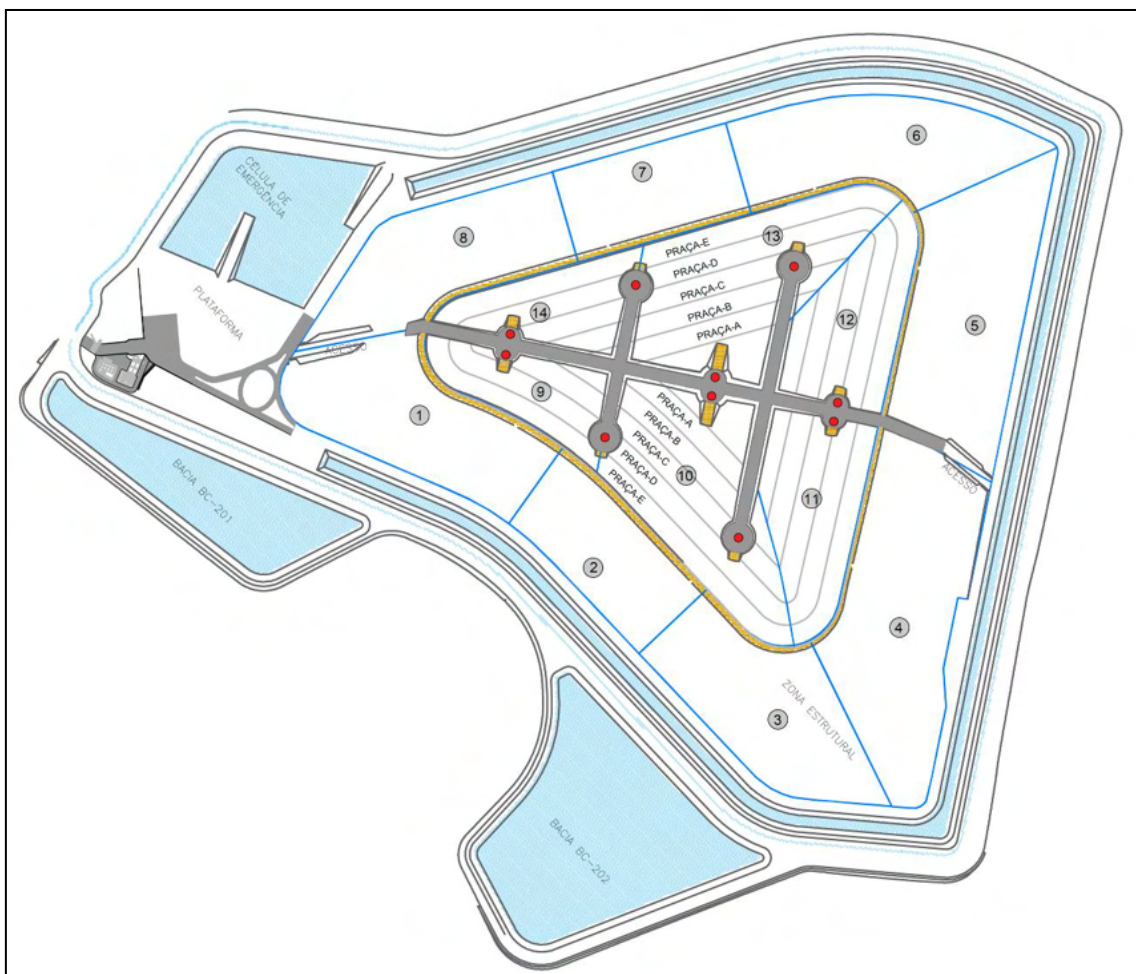
**Figura 8.4 – Setorização da Zona Estrutural em faixas e praças.**

A equipe de topografia, sob orientação do supervisor de área da disposição do resíduo, deve controlar constantemente as elevações e inclinações da superfície do resíduo, de forma a garantir a drenagem superficial e obtenção das condições de compactação determinadas em projeto. O manual de operação ressalta que:

*“O número de passadas para a compactação do resíduo, tanto com trator de esteiras quanto com rolo compactador, deverá ser avaliado pelo Supervisor de Área de Disposição do Resíduo, em conjunto com a empresa responsável pela operação e disposição de resíduo no DRS2, de modo a atender o grau de compactação”*

#### 8.4.2 Zona interna

O arranjo geral da zona interna (Figura 8.5) conta com um dique central e *fingers*, dotados de plataformas circulares para a descarga do resíduo pelos caminhões basculantes. A localização dos *fingers* foi definida de forma a limitar a distância de transporte dos tratores de esteiras no interior da zona interna e minimizar a necessidade de tráfego de caminhões sobre o resíduo com maior umidade.



**Figura 8.5 – Setorização da zona interna em praças**

De forma similar a zona estrutural, foi realizada a setorialização da Zona Interna estabelecendo 06 setores (Setor 09 a 14). Para a disposição do resíduo, o caminhão deverá posicionar-se em um dos pontos de lançamento definidos (destacados em

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

vermelho na Figura 8.5), e bascular o resíduo para o interior do reservatório. A partir daí o trator de esteiras deverá espalhar e compactar o resíduo conformando a superfície com uma inclinação mínima de 3%.

O manual de operação ressalta que:

*“A disposição do resíduo na Zona Interna deverá ser feita a partir do dique central e fingers no sentido radial, de montante para jusante, ou seja, em direção ao dique de contorno da Zona Interna, aonde encontram-se os extravasores, de forma a facilitar a drenagem superficial e a minimizar a infiltração de água de chuva nas camadas de resíduo depositado.”*

Tal como na zona estrutural, a equipe de topografia, sob orientação do supervisor de área da disposição do resíduo, deve controlar constantemente as elevações e inclinações da superfície do resíduo, de forma a garantir a drenagem superficial e obtenção das condições de compactação determinadas em projeto.

É previsto o alteamento do dique de contorno, do dique central e dos fingers da Zona Interna à medida em que o resíduo for depositado nessa área. Esse alteamento será executado em dias secos, com resíduo compactado com trator de esteiras e com rolo compactador. Os critérios de controle de compactação a serem adotados, para esse serviço, serão os mesmos especificados para o resíduo da Zona Estrutural, ou seja, GC mínimo de 95% em relação ao ensaio Proctor Normal e desvio de umidade de -3% a +4% em relação à umidade ótima.

Apenas na região dos extravasores da zona interna, não deve ser construída a base do alteamento, de forma a permitir a livre drenagem das águas pluviais. A construção do alteamento nessa região deverá ser executada de forma a permitir o alteamento dos canais extravasores.

### 8.4.3 Célula de Emergência

Em caráter temporário, os resíduos serão dispostos na célula de emergência quando ocorrer precipitações diárias superiores a 25 mm ou quando os acessos para a zona estrutural e para a zona interna estejam por quaisquer motivos obstruídos ou intransitáveis.

A célula de emergência está localizada em área adjacente às pilhas de transferência e possui volume disponível de aproximadamente 183.973 m<sup>3</sup> (Figura 8.6).



**Figura 8.6– Layout da Célula de Emergência.**

A disposição de resíduo sobre a célula de emergência de acordo com o manual de operação deve ocorrer com o espalhamento e compactação por esteiramento, imprimindo inclinação na superfície de disposição equivalente a 1% em direção à parede norte, onde está localizado o extravasor da célula de emergência.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

A retomada de resíduos da célula de emergência ocorre por meio de caminhões basculantes e escavadeiras. Eventualmente, poderá ser utilizado escavadeira de longo alcance para a retomada de resíduos. Após a retomada de resíduos, deve-se manter uma camada de resíduo de cerca de 1,0 metro (perpendicular à superfície) para proteção do fundo e dos taludes da célula, com o objetivo de evitar danos na geomembrana. Caso seja retirada essa camada de proteção, a geomembrana deverá ser substituída.

A célula de emergência também deve contar com sistema de bombeamento permanente para esgotar o volume armazenado abaixo da elevação 14,00 m.

#### **8.5 CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 7**

Assim como previsto pelo Manual de Operação e observado na visita técnica realizada pela FONNTES em 09/02/2022, atualmente a retomada de resíduos ocorre em um galpão permanente (Figura 8.7), otimizando o processo de retomada.



**Figura 8.7 – Galpão permanente da retomada do Resíduo no DRS 2. Fonte: Visita Técnica**

Com base na avaliação do Manual de Operação, elaborado pela PIMENTA DE AVILA, em 05/03/21, doc. OM-3541-54-G-282 R08, a FONNTES indica que foram adotados critérios adequados para retomada, transporte, disposição e compactação dos resíduos sobre as diferentes áreas do depósito, Zona Estrutural, Zona interna e Célula de Emergência.

Além disso, conforme relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT04-00 (relativo à letra G do TAC 3.1), foi possível constatar através da documentação consultada que os critérios de projeto em relação a compactação, densidade e umidade do resíduo, têm sido seguidos. Isso aponta para o atendimento dos critérios de disposição e compactação conforme orientações do manual de operação.

## 9. GESTÃO DE ÁGUA SUPERFICIAIS

Conforme manual de operação, na gestão de águas superficiais, os seguintes procedimentos são fundamentais para a operação do DRS2:

1. **Operação de dispositivos extravasores com stop logs:** algumas estruturas extravasoras do tipo tulipa ou torres requerem a colocação de stop logs.
2. **Recuperação de água do DRS2:** o balanço hídrico do DRS2, estabelecido no projeto, deve ser respeitado. É conveniente que as ações que envolvam a captação, o bombeamento e o transporte da água do depósito estejam descritas em um procedimento específico.
3. **Controle de cheias no DRS2:** segundo o manual, talvez este seja um dos mais complexos itens de operação em um depósito. Quanto mais complexo o sistema de disposição, e mais sub-bacias existentes, maior deverá ser a preocupação em relação à operação e maior o grau de detalhamento deste procedimento.

O manual ressalta que o procedimento de controle de cheias e drenagem superficial é associado ao procedimento de disposição de resíduos. Necessitando, portanto, de serem analisados de maneira conjunta para a garantia da segurança da estrutura.

### 9.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE MANEJO DE ÁGUAS NO DRS2

Conforme apresentado pelo Manual de Operação, o manejo das águas superficiais no DRS2 será realizado conforme avanço na disposição dos resíduos na Zona Interna e Zona Estrutural, tendo sido organizado em três estágios consecutivos, quais sejam:

- Início da operação – dique de contenção da zona interna na El. 16,00m.
- 1º e 2º alteamentos – Dique de Contenção na Zona Interna na EL. 18,00m e EL. 20,00m.
- 3º e 4º alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 22,00m e EL. 24,00 m.

A seguir cada estágio será detalhado resumidamente:

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2****9.1.1 Início da Operação – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 16,00 m.**

O sistema de drenagem na fase do início da operação do DRS2 é composto por:

- Sistema de drenagem da zona interna
- Sistema de drenagem da zona estrutural
- Sistema de drenagem da zona externa ao DRS2
- Sistema de drenagem da célula de Emergência

Nesta fase operacional as águas superficiais da área interna e da área estrutural são direcionadas para o sistema de bombeamento na chaveta. Sobre a zona estrutural, a disposição inicia-se pela chaveta, de onde são mantidas livres as áreas dos pontos de bombeamento. A Figura 9.1 e Figura 9.2 apresentam os croquis esquemáticos da fase do início da operação.

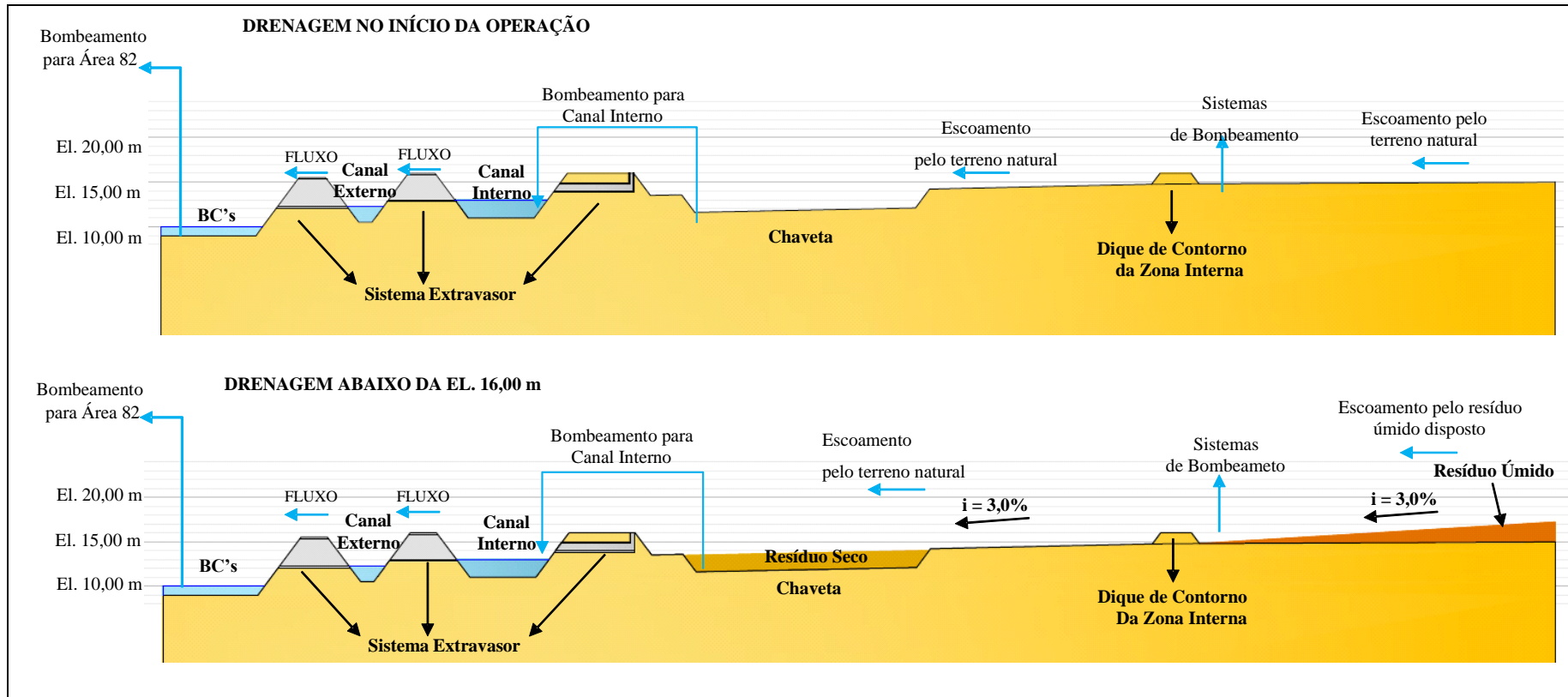
Os resíduos na Zona Interna são dispostos com uma declividade longitudinal de 3% para pontos específicos de onde serão bombeados para a chaveta. A partir da chaveta as águas são direcionadas para as bacias de controle BCs 201 e 202 de onde são bombeadas para tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes.

O sistema de drenagem da zona externa ao DRS2 recebe as águas vertidas pelos extravasores da Zona Estrutural e conduz por meio dos canais interno e externo até as estruturas de descarga para as BC's 201 e 202.

Por último, o sistema de drenagem da célula de emergência é composto pelo extravasor da mesma, permitindo a drenagem entre as elevações EL. 14,00m e EL. 16,00m.

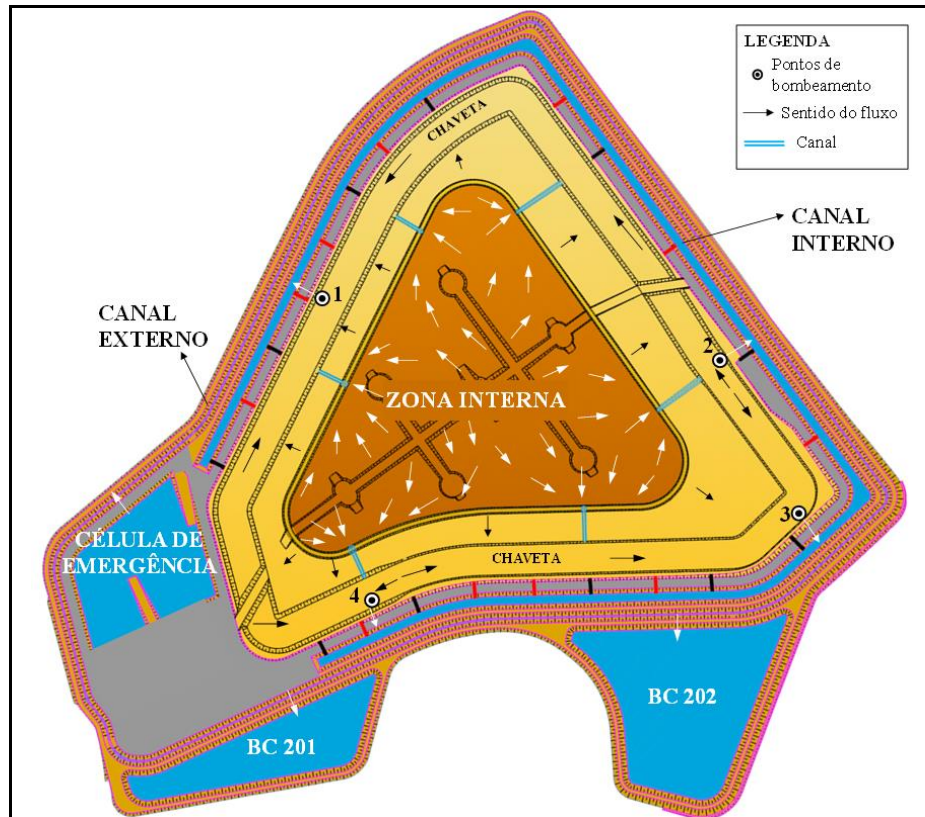


**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

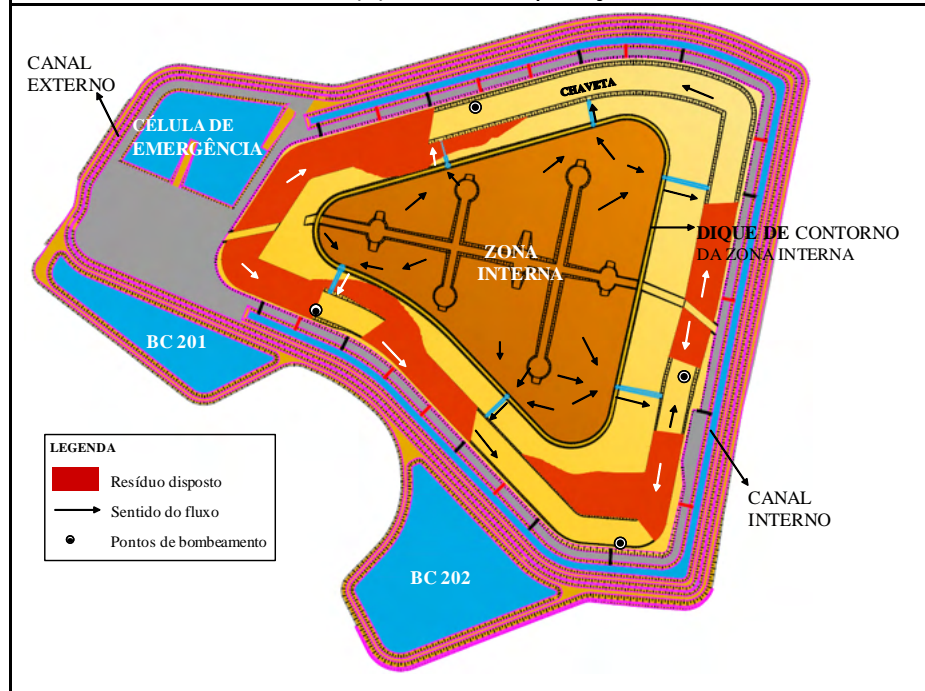


**Figura 9.1 – Etapas operacionais da drenagem superficial – início da operação e abaixo da EL. 16,00 m**

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



(a) Início da operação



**Figura 9.2 – Rede de fluxo da drenagem superficial no início da operação do DRS2.**

### 9.1.2 1º e 2º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 18,00 m e 20,00 m

O sistema de drenagem na fase do 1º e 2º alteamentos do DRS2 é composto por:

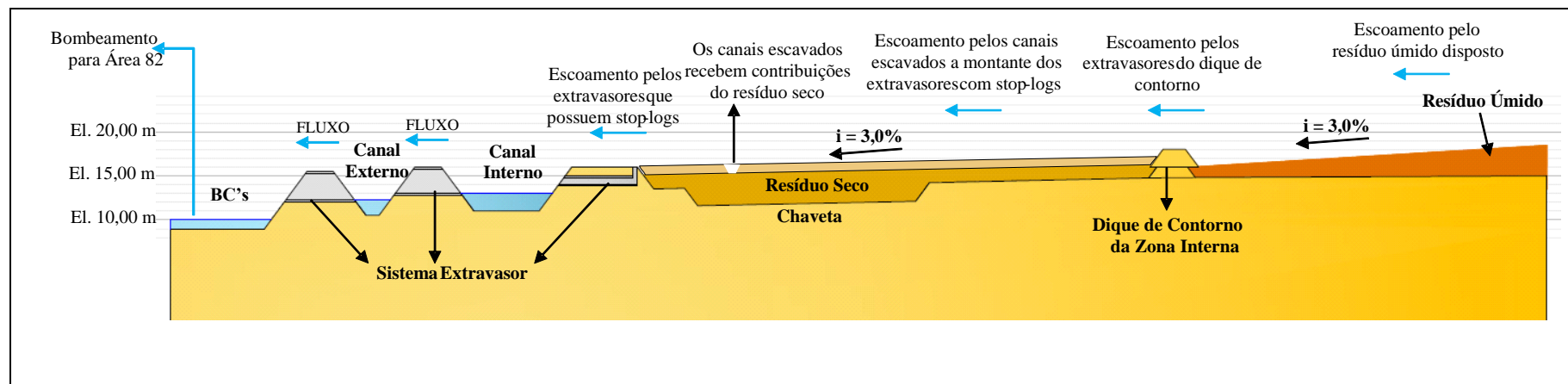
- Sistema de drenagem da zona interna
- Sistema de drenagem da zona estrutural

Assim como na fase anterior, os resíduos na zona interna são dispostos com declividade longitudinal de 3,0%. A disposição inicia-se pelos *Fingers* em direção ao dique de contenção da zona interna, sendo escoado sobre os resíduos em direção aos extravasores situados no dique.

Para drenagem da zona estrutural será implantado (i) canal transversal trapezoidal com base de 3,0m e altura de 1,0m, inclinação dos taludes 1,5H:1,0V e inclinação longitudinal de 3%. Conduzindo as águas efluentes ao extravasor da área interna até os canais de ligação; (ii) canal longitudinal, trapezoidal escavado em rejeito com altura entre 0,5 e 1,0m, largura de base de 1,0m e inclinação entre 0,5 e 1%, com paredes de 1,5H:1,0V; (iii) Canal de ligação, com a mesma geometria do canal transversal e que coleta as águas do canal transversal e longitudinal até a descida de água do fechamento progressivo ou até o extravasor da área estrutural; (iv) extravasor da área estrutural, drenando as águas entre as elevações EL. 14,00m e EL. 16,00m, direcionando-as até o canal de contorno interno.

É previsto que essa configuração ocorra durante os primeiros dois anos de operação do DRS2, período em qual os drenos horizontais da drenagem interna serão instalados. A zona estrutural também apresentará declividade longitudinal igual a 3,0%. A Figura 9.3, Figura 9.4 e Figura 9.5 ilustram o funcionamento do sistema. E a Figura 9.6 apresenta alguns detalhes são apresentados do extravasor da zona interna.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



**Figura 9.3 – Esquema operacionais da drenagem superficial – Dique de Contorno da Zona Interna com crista entre a EL. 18,00 m e a EL. 20,00 m.**

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

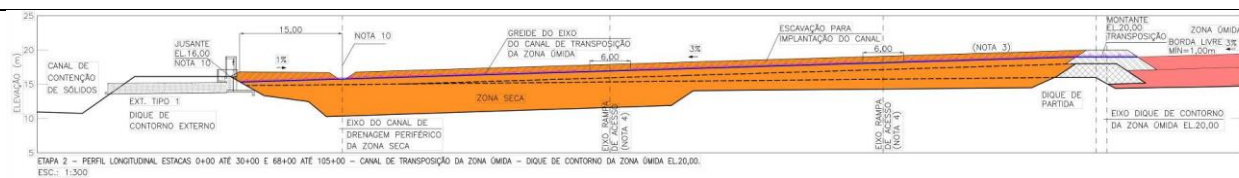
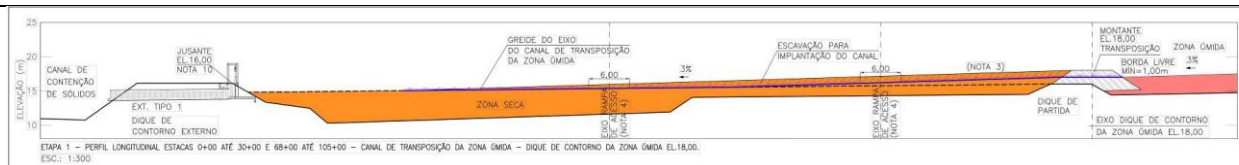
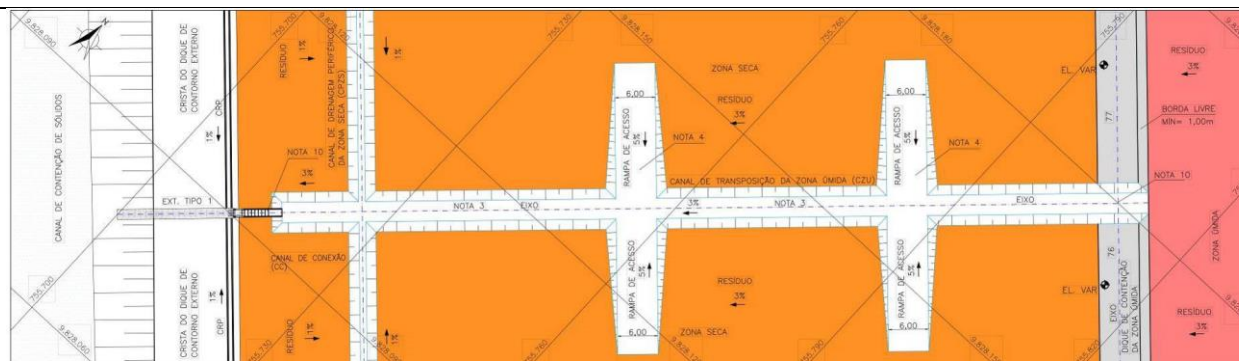
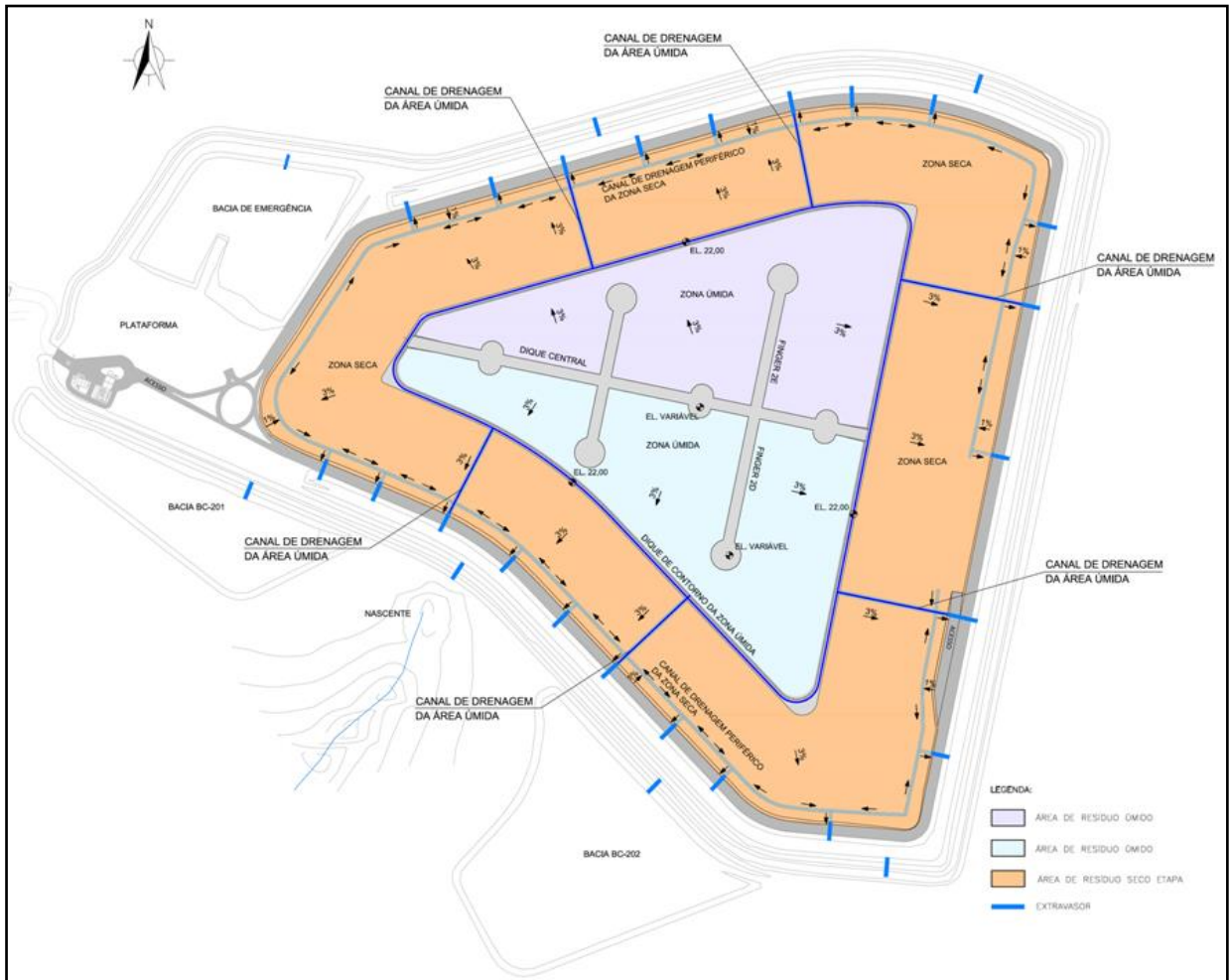


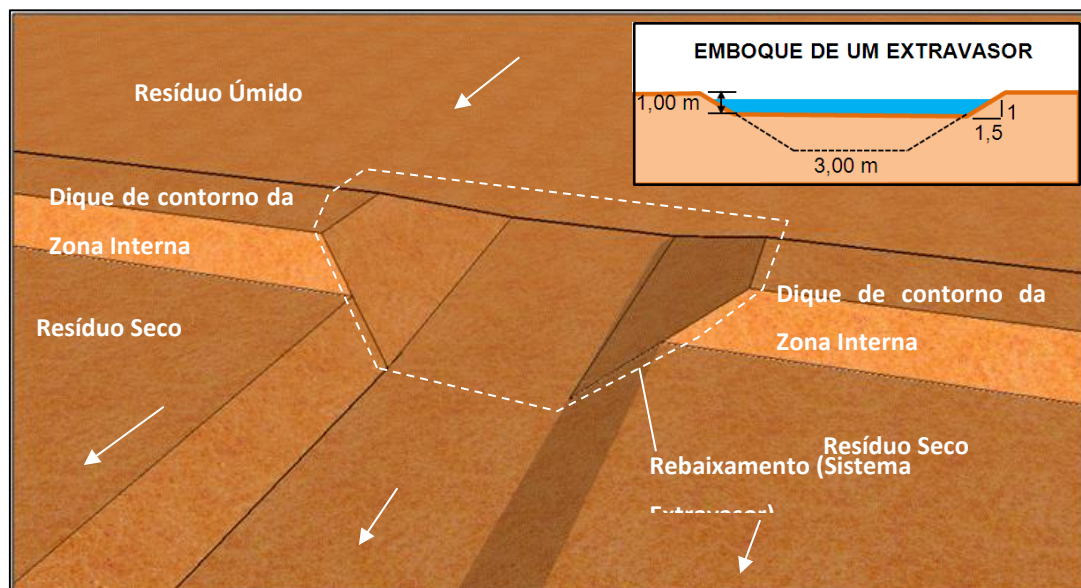
Figura 9.4 – Etapas operacionais da drenagem superficial – Dique de Contorno da Zona Interna Entre EL. 18,00 m e a EL. 20,00 m

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



**Figura 9.5 – Configuração do DRS2 considerada durante a construção dos drenos transversais (EL. 22,00 m).**

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2



**Figura 9.6 – Croqui de Uma Abertura do Sistema Extravasor da Área Interna.**

### 9.1.3 3º e 4º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 22,00 m e 24,00 m

O sistema apresenta o mesmo conceito das fases anteriores, com exceção do ponto de descarga dos canais de ligação, o qual é realizado por meio de descida de água em degraus. Esta configuração corresponde à situação definitiva do DRS2 e a zona estrutural apresentará inclinação longitudinal de 1,0%.

As descidas de água possuem as seguintes características: Serão construídas entre as EL. 16,00 m e 24,00 m, permitindo a transposição entre os canais de conexão da zona estrutural e os canais de contorno do DRS2. A descida é retangular com dimensões de 1,0m x 1,0m, conformada em módulos pré-fabricados de concreto armado, degrau com espelho de 0,25m e patamar de 0,50m. A Figura 9.7 e Figura 9.8 ilustram esta etapa e detalhes da escada de água em degraus são apresentados na Figura 9.10.

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

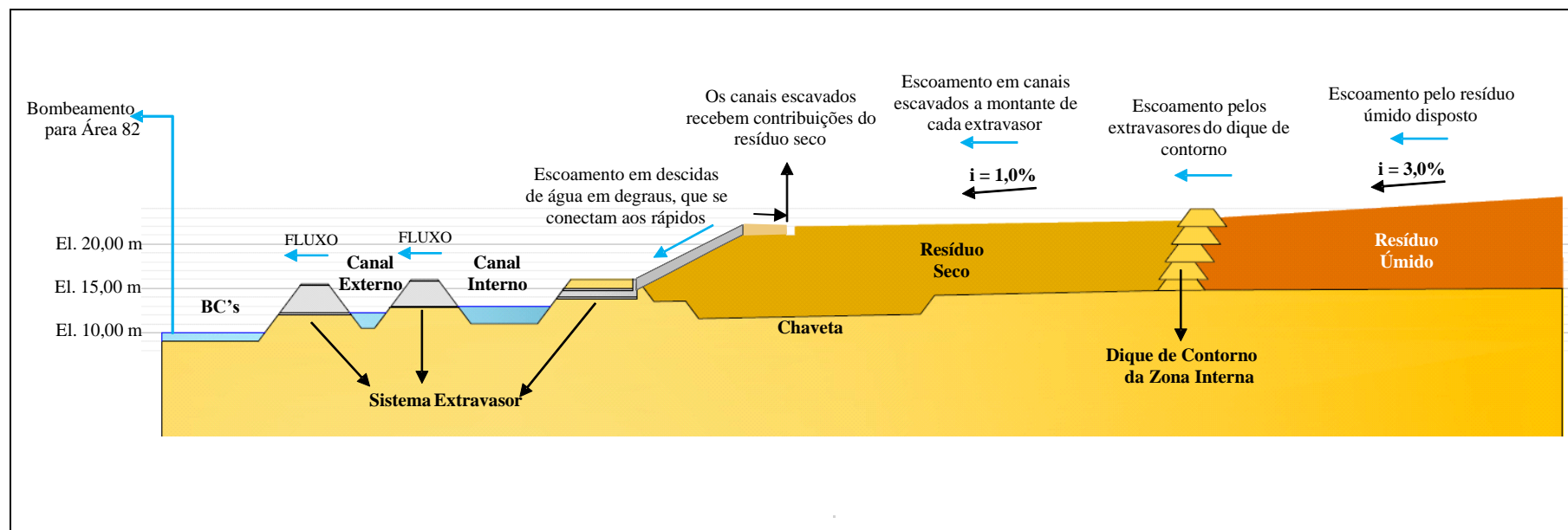
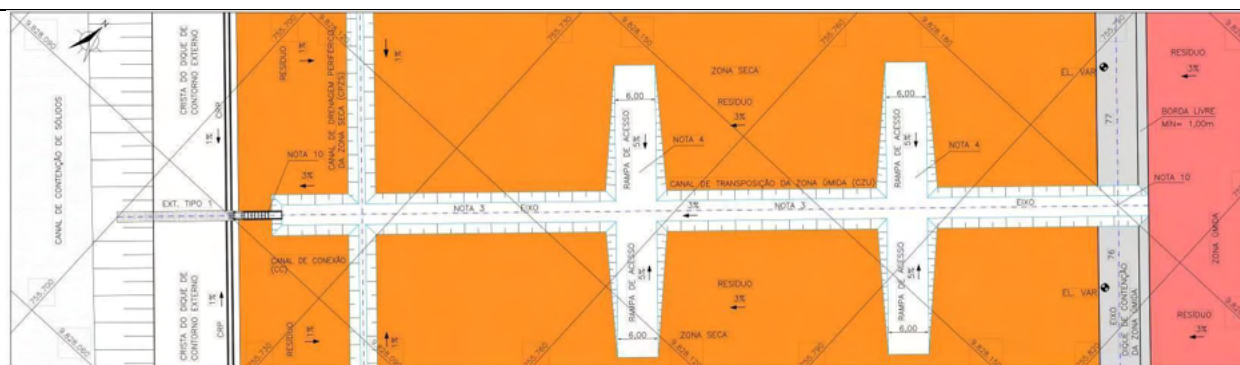


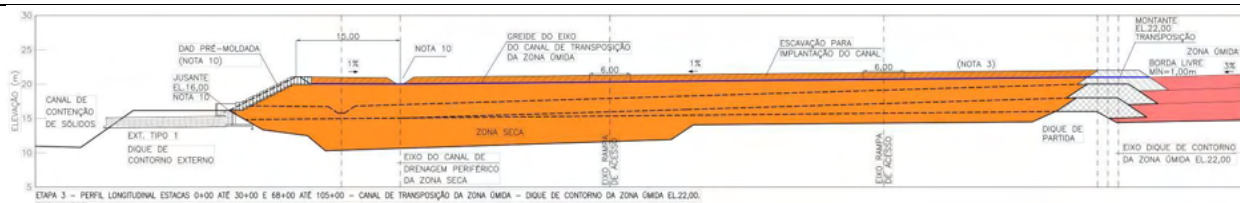
Figura 9.7 – Esquema operacional da drenagem superficial – Dique de Contorno da Zona Interna entre a EL. 22,00 m e a EL. 24,00m.



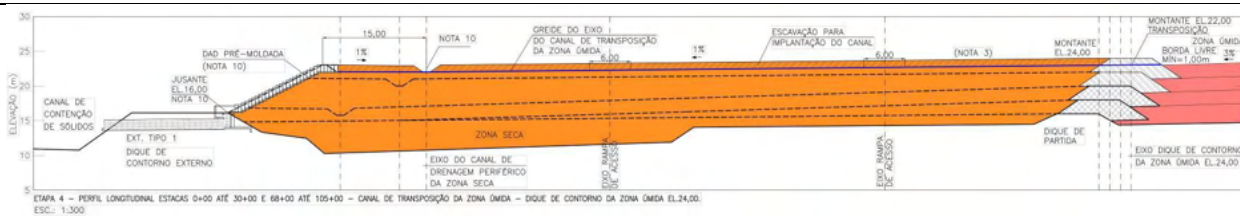
**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



PLANTA TÍPICA – SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL – CANAL DE DRENAGEM DA ZONA ÚMIDA  
ESC.: 1:300



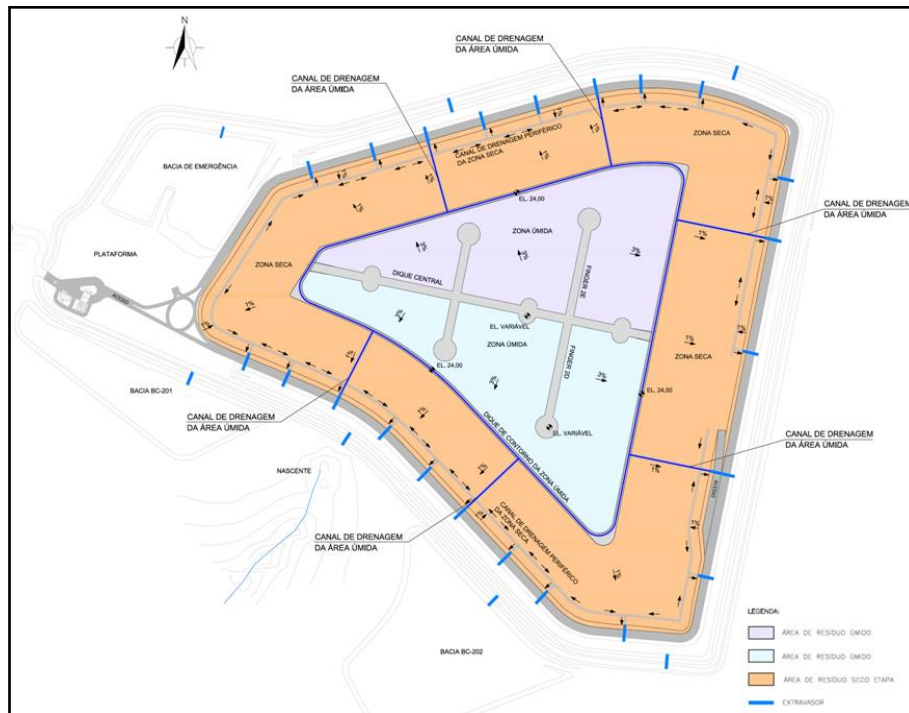
ETAPE 3 – PERFIL LONGITUDINAL ESTACAS 0+00 ATÉ 30+00 E 68+00 ATÉ 105+00 – CANAL DE TRANSPOSIÇÃO DA ZONA ÚMIDA – DIQUE DE CONTOURNO DA ZONA ÚMIDA EL.22,00.  
ESC.: 1:300



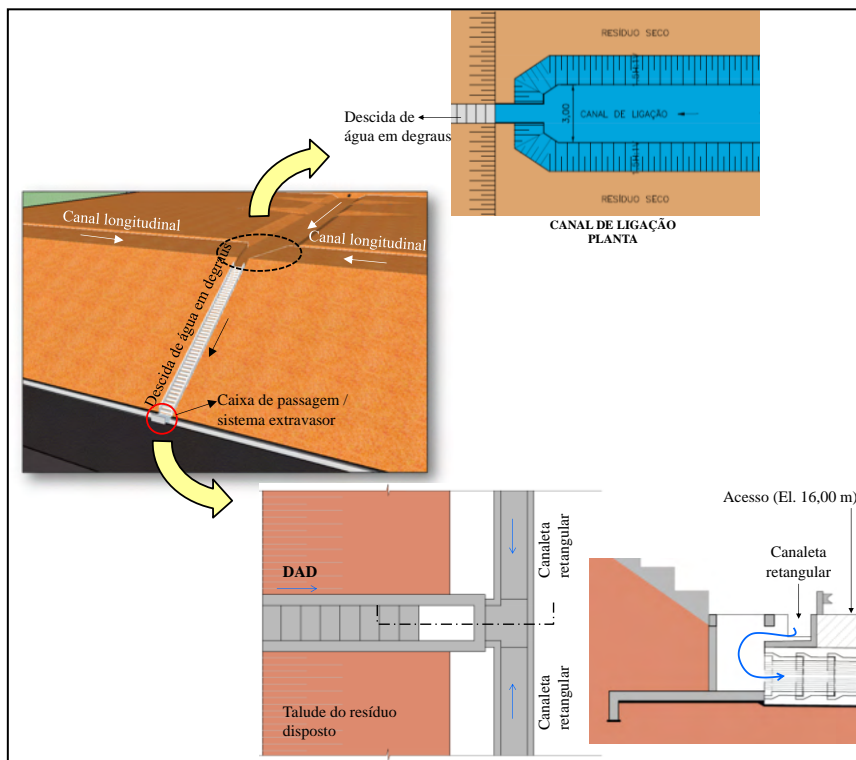
ETAPE 4 – PERFIL LONGITUDINAL ESTACAS 0+00 ATÉ 30+00 E 68+00 ATÉ 105+00 – CANAL DE TRANSPOSIÇÃO DA ZONA ÚMIDA – DIQUE DE CONTOURNO DA ZONA ÚMIDA EL.24,00.  
ESC.: 1:300

**Figura 9.8 – Etapas operacionais da drenagem superficial – Dique de Contorno da Zona Interna entre a EL. 18,00 m e a EL. 20,00 m.**

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



**Figura 9.9 – Configuração do DRS2 considerada após a construção dos drenos transversais (EL. 24,00 m).**



**Figura 9.10 – Croqui da descida de água em degraus.**

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

## 9.2 PROCEDIMENTOS PARA GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS NO DRS2

### 9.2.1 Início da Operação – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 16,00 m.

Nessa fase as águas que escoam superficialmente seguem em direção aos pontos baixos de onde serão bombeadas. O resíduo deve ser disposto respeitando borda livre operacional mínima de 1,0m em relação à crista do dique de contenção da área interna.

Conforme apresentado pelo manual de operação, a disposição de resíduo deve ser realizada com atenção para não impedir o fluxo de água pelas estruturas de condução e evitar pontos de acumulação de água.

O manual ressalta ainda que:

*“Somente quando todos os canais a jusante dos extravasores da área interna apresentarem desemboque nos extravasores dotados de stop-logs, os sistemas de bombeamento dentro do reservatório poderão ser desativados.”*

A partir da EL. 16,00m o resíduo antes disposto com declividade constante de 3,0% em direção aos canais, deve possuir faixa de segurança com inclinação oposta no contato entre a zona interna e zona estrutural, como pode ser observado na Figura 9.3 e Figura 9.7. Ainda conforme o manual, devem ser escavados os canais longitudinais, como mostrado na Figura 9.11, direcionando para os canais que drenam para os extravasores com *stop-logs*.

Após dispor mais uma camada de 1,0 m de espessura (resíduo na EL. 17,00 m), os canais transversais a jusante dos extravasores da área interna serão aterrados e novos canais devem ser conformados, 1,0 m acima.

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

9.2.2 1º e 2º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 18,00 m e 20,00 m

Nesta fase deverão ser construídos canais de ligação a montante de todos os extravasores dotados de *stop-logs* à medida em que o resíduo seco for disposto. Os *stop-logs* devem ser mantidos no nível do resíduo seco disposto até atingirem a cota EL. 15,00 m. A Figura 9.11 apresenta, de forma esquemática, a drenagem superficial e a rede de fluxo do depósito de resíduo nesta etapa.

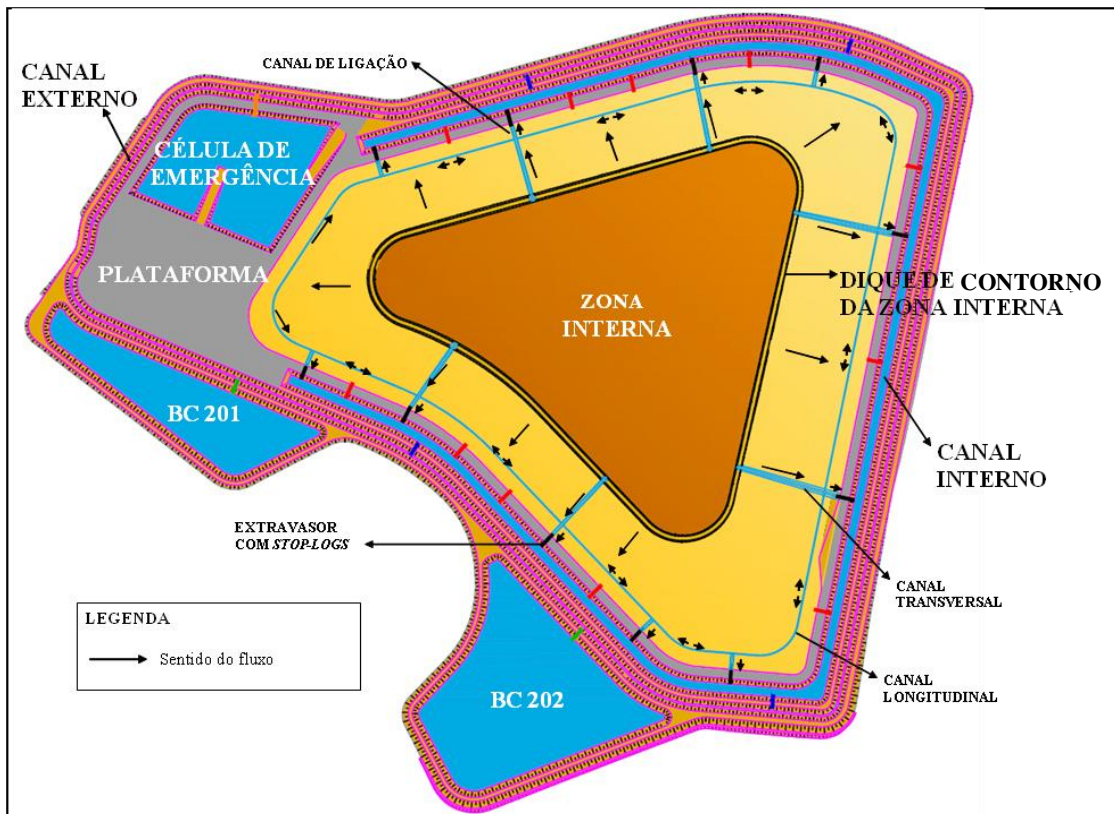


Figura 9.11 – Drenagem no DRS2 quando o resíduo se encontra entre a EL. 18,00 m e a EL. 20,00 m.

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

9.2.3 3º e 4º Alteamentos – Dique de Contenção da Zona Interna na EL. 22,00 m e 24,00 m

Conforme o manual de operação, nas elevações superiores, o mesmo procedimento deve ser repetido. Os canais transversais, em vez de se ligarem aos extravasores, conectam-se às descidas de água em degraus que promovem o fechamento progressivo da pilha de resíduo.

9.2.4 Gestão das águas na célula de emergência

Conforme manual de operação do DRS2, na célula de emergência os stop logs devem ser posicionados no máximo na EL. 15,00m. Abaixo dessa cota o esgotamento da água deve ser realizado por sistema de bombeamento com vazão de 170 m<sup>3</sup>/h, direcionando o efluente para o canal externo e então para a ETE.

Ressalta-se que o volume de água da célula de emergência deve ser mantido em zero por meio do bombeamento.

9.2.5 Gestão das Águas nos Canais e Bacias

A água vertida pelos dispositivos extravasores é direcionada por meio dos canais de contorno para as bacias de controle (BC 201 e BC 202). De lá, por meio de uma estação de bombeamento, o efluente é direcionado para estação de tratamento de efluentes industriais, na área 82.

Conforme o Manual de Operação, para classificação dos níveis de risco de falha do sistema, foram definidos 3 níveis de risco, associados ao nível de água máximo atingido durante as simulações nas bacias de controle, em função da existência de uma borda livre remanescente mínima de 1,0 m. A Tabela 9.1 apresenta a definição de cada um desses níveis de risco, e deve ser utilizada como referência na análise das diretrizes apresentadas na Tabela 9.2 e Tabela 9.3

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

**Tabela 9.1– Níveis de risco considerados para avaliação do sistema**

Nível	Definição
Verde	Ocupação final do reservatório inferior a correspondente a uma altura de 1,5 m em relação a crista
Amarelo	Ocupação final do reservatório correspondente entre 1,5 m e 1,0 m em relação a crista
Vermelho	Ocupação final do reservatório superior a borda livre mínima de 1,0 m, durante o evento chuvoso (risco de transbordo)

Para operação do sistema de bombeamento das bacias de controle, a HYDRO utiliza como critério de monitoramento, o valor em percentual, definido pela relação entre a altura do nível de água e a altura total de cada reservatório, por exemplo, 10% de ocupação em cada bacia podem representar alturas diferentes em bacias com alturas diferentes. A Tabela 9.2 e Tabela 9.3 apresentam o bombeamento mínimo das bacias de controle recomendados pela Pimenta de Ávila (2021) no manual de operação (OM-3541-54-G-282 R08). A projetista ressalta que os reservatórios não devem operar sob as condições que submetam à categoria vermelha (borda livre inferior a 1,0m).

Conforme recomendações do Manual de operação: A vazão total máxima de bombeamento a ser garantida é de 3.100 m<sup>3</sup>/h, distribuída igualmente entre as duas bacias (2 x 1.550 m<sup>3</sup>/h).

*“O bombeamento só poderá ser paralisado após o fim de um evento chuvoso, quando o nível de água na BC 202 retornar para a EL. 10,00 m e a BC 201 retornar para a EL. 11,00 m.”*

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

**Tabela 9.2 – Bombeamento mínimo em (m<sup>3</sup>/h) da bacia de controle BC-201 atingir a borda livre de 1 m ou superior em função do volume precipitado e do nível de ocupação inicial do reservatório (PIMENTA DE ÁVILA, 2021).**

		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 24 h										
			35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385
Nível de Água Inicial (%)	10%	10,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20%	10,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30%	11,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40%	11,70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.550
	50%	12,25	0	0	0	0	0	0	0	0	775	1.550	1.550
	60%	12,80	0	0	0	0	0	0	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,35	0	0	0	0	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,90	0	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,45	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 3 dias										
			45	90	135	180	225	270	315	360	405	450	495
Nível de Água Inicial (%)	10%	10,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20%	10,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775
	30%	11,15	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550
	40%	11,70	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550
	50%	12,25	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550
	60%	12,80	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,35	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,90	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,45	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 5 dias										
			55	110	165	220	275	330	385	440	495	550	605
Nível de Água Inicial (%)	10%	10,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775
	20%	10,60	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550
	30%	11,15	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550
	40%	11,70	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550
	50%	12,25	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	60%	12,80	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,35	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,90	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,45	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

**Tabela 9.3– Bombeamento mínimo em (m<sup>3</sup>/h) das bacias de controle BC-202 atingir a borda livre de 1 m ou superior em função do volume precipitado e do nível de ocupação inicial do reservatório (PIMENTA DE ÁVILA, 2021).**

		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 24 h										
			35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385
Nível de Água Inicial (%)	10%	9,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20%	10,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30%	10,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40%	11,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.550
	50%	12,00	0	0	0	0	0	0	0	0	775	1.550	1.550
	60%	12,60	0	0	0	0	0	0	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,20	0	0	0	0	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,80	0	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,40	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 3 dias										
			45	90	135	180	225	270	315	360	405	450	495
Nível de Água Inicial (%)	10%	9,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20%	10,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775
	30%	10,80	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550
	40%	11,40	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550
	50%	12,00	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550
	60%	12,60	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,20	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,80	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,40	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
		Nível de Água (m)	Altura de Chuva (mm) – Duração de 5 d										
			55	110	165	220	275	330	385	440	495	550	605
Nível de Água Inicial (%)	10%	9,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775
	20%	10,20	0	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550
	30%	10,80	0	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550
	40%	11,40	0	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550
	50%	12,00	0	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550
	60%	12,60	0	0	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	70%	13,20	0	0	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	80%	13,80	775	775	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550
	90%	14,40	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550	1.550



### 9.3 CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 8

O tema de gerenciamento de águas superficiais é de extrema relevância e importância para sucesso do empreendimento. Historicamente, pilhas de rejeito filtrado compactadas são tecnologias de disposição muito utilizadas em regiões de clima seco, com baixos índices pluviométricos, especialmente pela facilidade de realização do processo de compactação e recuperação da água para reuso no processo de beneficiamento.

A filtragem do resíduo e compactação com controle num local de clima tropical como a que está localizado o DRS 2 é um fator extremamente desafiador, que exige um projeto complexo e robusto no gerenciamento de águas superficiais. Durante as chuvas torrenciais é preciso que as águas pluviais sejam retiradas das praças de compactação e, logo quando cessam as chuvas, é necessário retomar o processo de compactação. É uma dinâmica que exige muita atenção e sinergia com toda equipe de operação.

Por esse fato, está claro pela complexidade e detalhamento que o projeto se preocupou muito em deixar evidente como será o gerenciamento da água ao longo da construção, dividindo o gerenciamento em 3 momentos: Início da operação, 1º e 2º alteamento e 3º e 4º alteamentos.

É improvável uma adequada operação do DRS 2 sem que esse gerenciamento de água seja respeitado, pois a sua violação impede que as praças fiquem em condições adequadas de trafegabilidade e possibilitem a realização de compactação. É possível, que mesmo respeitando esse gerenciamento, ainda sejam necessárias tratativas operacionais.

O sistema projetado permite que toda a água de chuva seja direcionada para os canais laterais, e às bacias de controle, onde há robustos sistemas de bombeamento que recalcam a água para estação de tratamento de efluentes. Deve haver rigoroso respeito

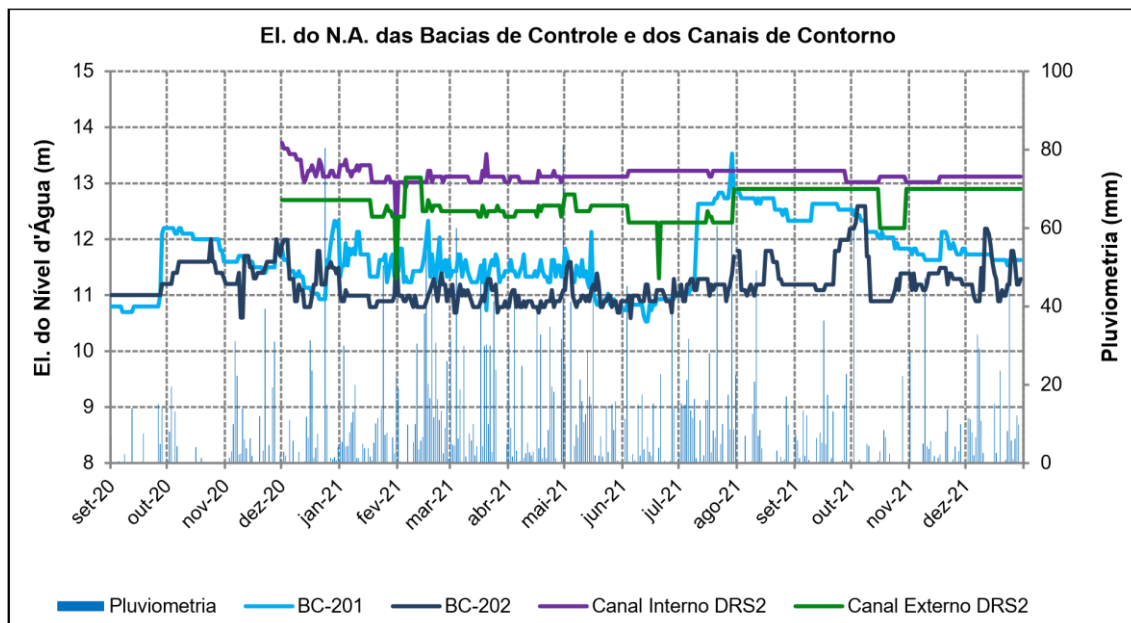
		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

às diretrizes de borda livre recomendadas pela projetista para que não ocorram transbordamentos.

Um dos pontos cruciais da gestão de águas superficiais no DRS2 se trata do sistema de bombeamento existente nas bacias de controle e canais interno e externo.

O Relatório de avaliação periódica dos resultados de monitoramento da Instrumentação (PIMENTA DE ÁVILA, 2022; documento RT-3541-54-G-485-R01), apresenta uma análise do monitoramento do N.A. das bacias de controle e dos canais de contorno interno e externo do DRS2, medidas a partir de réguas limnimétricas entre setembro de 2020 e janeiro de 2022. Os resultados do monitoramento são apresentados na Figura 9.12

De acordo com os documentos consultados, elaborados pela consultoria PIMENTA DE ÁVILA, houve a manutenção da borda livre de 1,0m mesmo nos dias de maior incidência pluviométrica. A FONNTES entende que a definição dos níveis de risco e borda livre foi adequada. Entretanto, não se exclui a possibilidade de reavaliação dos níveis de risco sobretudo caso seja identificada de forma recorrente não atendimento à borda livre de 1 metro ao longo de um ano hidrológico e também um reestudo da questão hidrológica, especialmente devido a mudança climática mundial que tem aumentado a ocorrência de eventos extremos.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


**Figura 9.12 – Elevação do N.A. das Bacias e Canais do DRS2 (PIMENTA DE AVILA, 2022)**

Essa é um tema complexo para o empreendimento e na avaliação da FONNTES foi bem estudado e detalhado no projeto e especificado no manual de operação. Durante a visita técnica foi possível também verificar que o que foi projetado estava operacional no campo, sejam os canais, extravasores, bacias e sistemas de bombeamento. O projeto está sendo de fato executado. A não execução adequada pode inviabilizar a operação, além de que sua violação aumenta a possibilidade de acidentes ambientais como o transbordamento das bacias de controle. Portanto, recomenda-se que seja rigorosamente seguido o gerenciamento das águas, especialmente a borda livre de segurança recomenda para as bacias de controle.

## 10. CONTROLES DE FORMAÇÃO DA PILHA

Conforme indicado no Manual de Operação, este item corresponde aos Controles de Qualidade da Construção e do Enchimento do Depósito, de responsabilidade da Contratada e fiscalizada por profissionais da HYDRO.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

### 10.1 CONTROLE DE QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO

De acordo com o Manual de Operação elaborado pela PIMENTA DE AVILA, em 05/03/21, doc. OM-3541-54-G-282 R08, para controle da qualidade de construção, os principais aspectos a serem considerados são as características do resíduo nas pilhas de transferência e nas frentes de disposição e os aspectos geométricos de formação da pilha.

Para o resíduo nas pilhas de transferência, o documento recomenda realizar determinações de teor de umidade do resíduo com frequência diária, executando ao menos 04 ensaios de teor de umidade a cada turno de 8h (12 ensaios/dia). Pode-se utilizar analisadores de umidade aprovados pela HYDRO para agilizar a determinação do teor de umidade. De modo a se estabelecer um meio de calibração dos métodos de determinação da umidade, as amostras destinadas ao analisador de umidade também devem ser secas em estufa. Neste sentido, o relatório dos Testes de campo com resíduo de filtro prensa (doc. RT-3541-54-G-425-R01) elaborado pela Pimenta de Ávila em agosto de 2019 apresenta a calibração dos métodos de determinação da umidade. Este relatório indica

*“Os analisadores de umidade apresentaram, em média, determinações de umidade 0,9% menores que as obtidas em estufa. Recomenda-se a calibração dos analisadores disponíveis no laboratório, seguida de nova verificação das diferenças encontradas entre os métodos de determinação do teor de umidade. Caso a diferença persista, recomenda-se o estabelecimento de um fator de correção a ser aplicado durante a operação do DRS2”*

Além do teor de umidade, deverão ser realizados ensaios de caracterização completa (granulometria por peneiramento e sedimentação, compactação Proctor Normal, determinação de limites de liquidez e plasticidade e determinação da massa específica dos grãos), pelo menos uma vez por semana, a critério do Supervisor Geral de Operação.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

Em vista disso, é necessária a manutenção de um laboratório de solos no DRS2, com técnicos laboratoristas especializados e operação subordinada ao Supervisor Geral de Operação. A Equipe de Laboratoristas e Auxiliares é responsável pela coleta de amostras e execução dos ensaios de laboratório, além da conferência e compilação semanal dos resultados dos ensaios de controle de qualidade de construção do DRS2.

O Manual de Operação ressalta que:

*“Caso o Supervisor da Área das Pilhas de Transferência verifique, a partir de avaliação táctil visual (com a utilização de luvas de proteção) ou a partir de resultado de determinação de teor de umidade em laboratório, que o resíduo na frente de retomada das pilhas apresenta um desvio de umidade fora do especificado ( $w < wót - 3\%$  ou  $w \geq wót + 4\%$ ), o mesmo deverá comunicar o fato imediatamente ao Supervisor Geral de Operação para que seja realizado o direcionamento dos caminhões para a Zona Interna ou Célula de Emergência.”*

Além disso, o documento indica que os resultados de todos os ensaios devem ser enviados: diariamente para o Gerente de Operação e para o Planejador; semanalmente para as Áreas de Resíduos B&A; e mensalmente para a Consultoria Externa, para análise e comentários.

Conforme indicado no Manual de Operação, os resíduos são dispostos no depósito DRS2 em duas áreas distintas, em função das condições de densidade e umidade. Nos dias secos, os resíduos são dispostos na Zona Estrutural e, nos dias chuvosos, os resíduos são depositados na Zona Interna. Tais zonas foram indicadas na Figura 10.1

De acordo com o documento, o zoneamento do DRS2 foi estabelecido levando em consideração as seguintes faixas de precipitação diária (P):

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

- $P < 4$  mm – não afeta significativamente o teor de umidade final do resíduo. Portanto, 100% do resíduo pode ser lançado na Zona Estrutural do DRS2;
- $4$  mm  $< P < 10$  mm – 50% do resíduo não teria o teor de umidade significativamente afetado, apresentando condições de ser lançado na Zona Estrutural do DRS2. 50% dos resíduos teriam que ser depositados na Zona Interna do DRS2;
- $10$  mm  $< P < 25$  mm – afeta o teor de umidade final do resíduo. Portanto, 100% do resíduo deve ser lançado na Zona Interna do DRS2;
- $P > 25$  mm – afeta o teor de umidade final do resíduo. Portanto, 100% do resíduo deve ser lançado na Zona Interna do DRS2 ou temporariamente depositado na Célula de Emergência do DRS2.

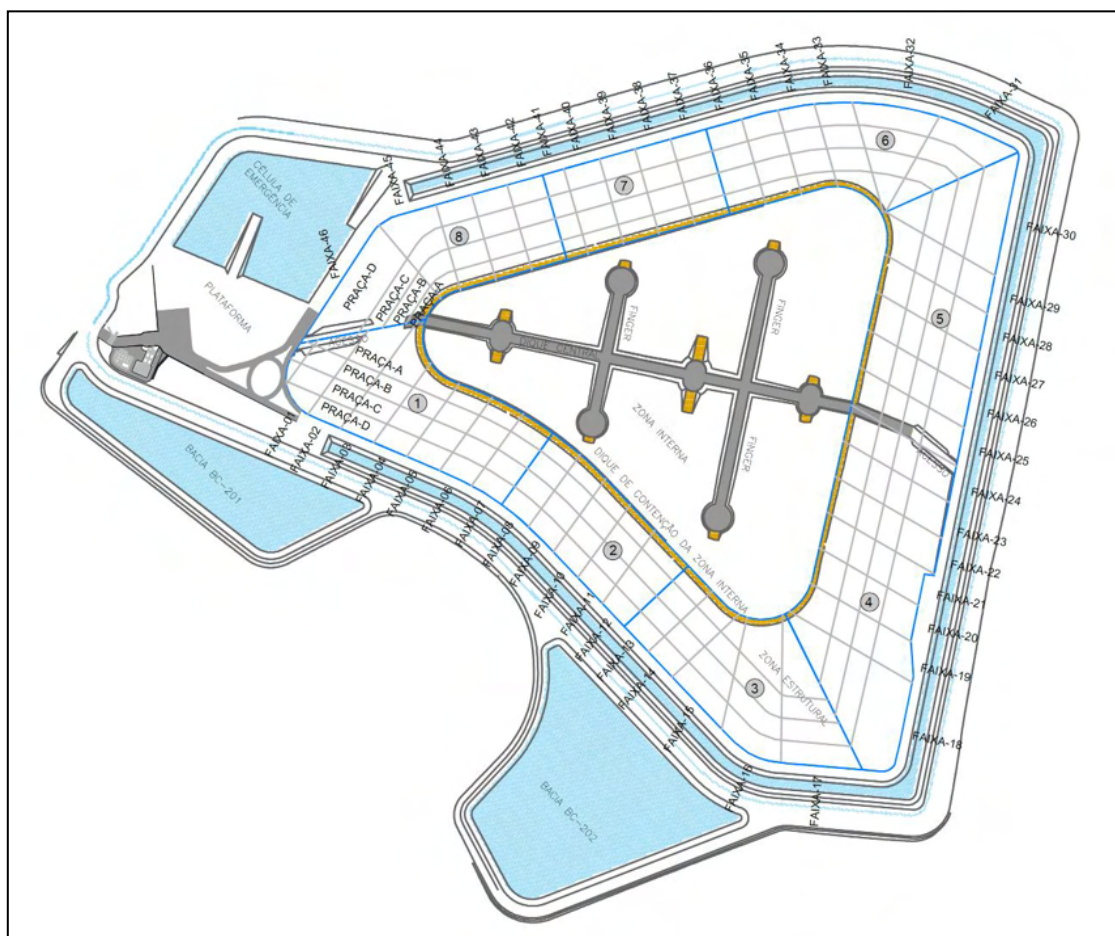
Além disso, os resíduos deverão ser lançados na Zona Interna quando:

- Desvio de umidade do resíduo na frente de retomada das pilhas de transferência fora da faixa especificada (entre  $w_{ót}-3\%$  e  $w_{ót}+4\%$ .);
- Problemas nos acessos em direção à Zona Estrutural, tais como, de trafegabilidade, visibilidade ou qualquer outro, que prejudique, ou impossibilite, o transporte do resíduo até a Zona Estrutural;
- Problemas de excesso de umidade do resíduo (Desvio de umidade  $\geq 4\%$   $w_{ót}$ ), trafegabilidade, visibilidade, ocorrência de chuva forte ou qualquer outro problema, a critério do supervisor de área, que prejudique, ou impossibilite, a disposição na Zona Estrutural.

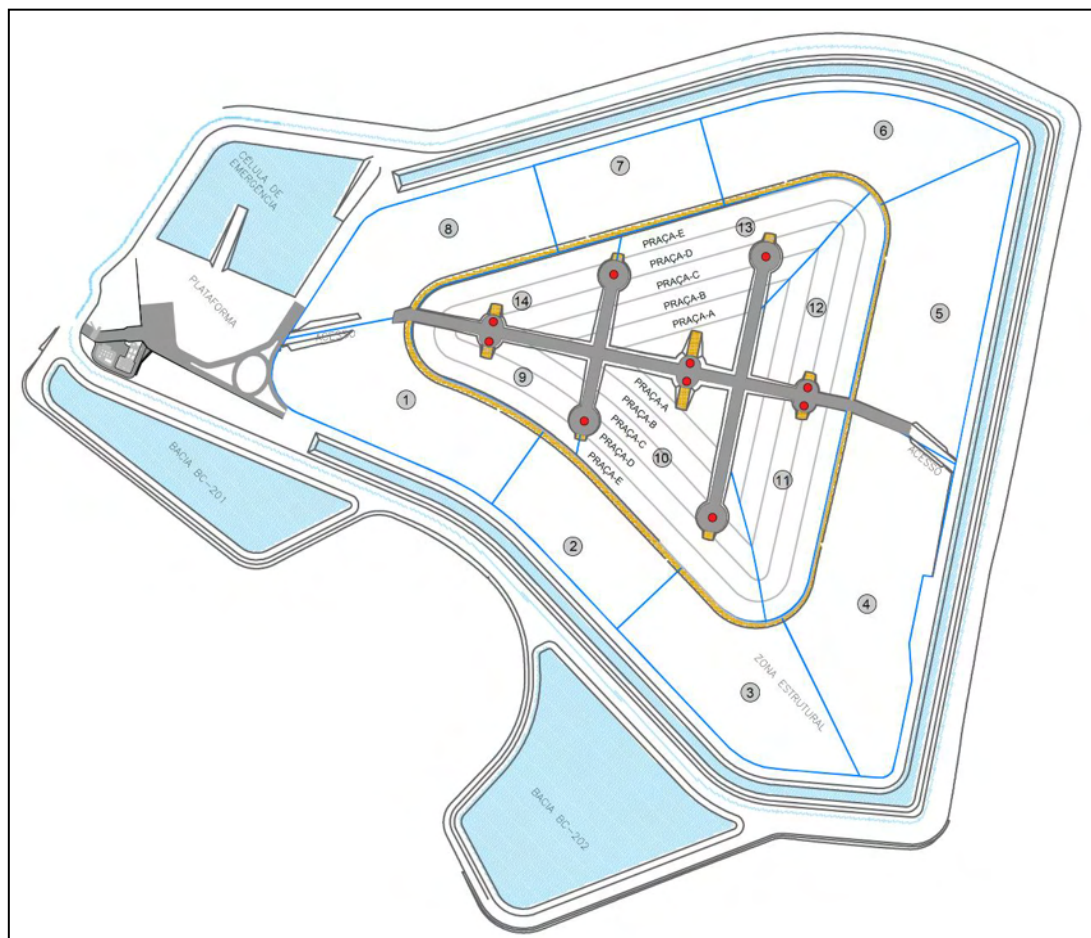
O Manual de Operação (doc. OM-3541-54-G-282 R08) indica que as camadas de resíduo devem ser lançadas com espessura solta máxima de 0,30m. A compactação deve ser realizada de modo sistemático, ordenado e contínuo, de modo a garantir, na zona estrutural, o grau de compactação de 95% em relação ao ensaio Proctor Normal e, na zona úmida, o grau de compactação de 90% em relação ao ensaio Proctor Normal.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

Para auxiliar no controle de disposição dos resíduos, foi realizada a setorização do DRS2, com subdivisão de faixas e praças de lançamento. A Zona Estrutural foi dividida nos setores de 01 a 08, conforme Figura 10.1. Já a Zona Interna foi dividida nos setores 09 a 14, com pontos preferenciais para a disposição dos resíduos ao longo do dique central e *fingers* indicados em vermelho na Figura 10.2.



**Figura 10.1 – Setorização da Zona Estrutural em faixas e praças (Fonte: OM-3541-54-G-282 R08)**

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


**Figura 10.2 – Setorização da Zona Interna em faixas e praças (Fonte: OM-3541-54-G-282 R08)**

De acordo com o Manual de Operação (doc. OM-3541-54-G-282 R08), o controle de compactação é realizado pelo método de “Hilf”, com execução Topo e Base, de modo a ensaiar toda a profundidade da camada compactada, e o controle de umidade é realizado com a retirada de cápsulas em todos os pontos de ensaios de compactação, registrando também a espessura da camada.

Na zona Estrutural, o controle de execução deve atender aos seguintes critérios:

- Espessura de material solto de 0,30 m;
- Grau de Compactação mínimo de 95% do Proctor Normal;
- Desvio de umidade do material entre  $w_{ót}-3\%$  e  $w_{ót}+4\%$ .



**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

Nesta zona, deve-se realizar pelo menos um ensaio para determinação do grau de compactação e o desvio de umidade para cada praça incorporando duas faixas, por camada compactada. Também se deve realizar ensaios nas junções entre zonas compactadas manualmente e por rolo, como nas proximidades dos instrumentos de monitoramento, e demais locais onde seja necessário, a critério do Supervisor de Área.

O número de passadas para a compactação do resíduo, com trator de esteiras ou com rolo compactador, deve ser avaliado no decorrer da obra, de modo a atender o grau de compactação de projeto.

O documento indica que na ocorrência de material borrachudo, a porção da camada afetada deve ser gradeada e/ou escarificada (em dias de sol) para que o resíduo possa perder umidade o suficiente até valores próximos à umidade ótima, para então ser recompactado.

Na Zona Interna, o controle de execução é menos rigoroso e o critério para a rejeição das camadas dispostas é a trafegabilidade dos equipamentos envolvidos na disposição. Neste sentido, os resultados dos ensaios não são determinantes para a reprovação de camadas executadas. Nesta zona, deve-se realizar ao menos 1 ensaio de determinação do grau de compactação e desvio de umidade para cada setor, por camada compactada

O documento indica também a realização de um Cross-Check para verificação do número de ensaios registrados frente à subida da superfície de resíduo compactado em determinado período, de modo a avaliar a aderência do número de ensaios realizados e sua localização geográfica e a inexistência de regiões não ensaiadas, justificando a liberação das praças de compactação.

Na Zona Estrutural deve ser realizado pelo menos um ensaio de controle de compactação para cada praça incorporando duas faixas, por camada compactada. Já na

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

Zona Interna, deve ser realizado um ensaio de controle de compactação para cada setor, por camada compactada.

O documento indica que o controle Cross-Check deve ser estabelecido com frequência semanal, registrado em relatório contendo, no mínimo, as seguintes informações: registros de determinação dos teores de umidade do resíduo, resultados dos ensaios de compactação do resíduo, indicação de possíveis não conformidades na liberação de camadas e outras informações relevantes, a critérios do Supervisor de Área de Disposição do Resíduo.

## **10.2 CONTROLE TOPOGRÁFICO**

O Manual de Operação indica a necessidade do acompanhamento contínuo da disposição de resíduos pelas equipes de topografia de rotina, sob a orientação dos Supervisores de Área. Esta equipe é responsável pelo controle topográfico das espessuras das camadas lançadas, inclinações das superfícies de resíduo nas Zonas Estrutural e Interna e na Célula de Emergência, controle dos limites de projeto, marcações para a implantação dos instrumentos, sistema de drenagem, canais extravasores etc. Além disso, está previsto o levantamento topográfico a laser da superfície de resíduos do DRS2, com periodicidade bimestral.

A Equipe de Topografia também é responsável pelo acompanhamento contínuo do nível de resíduo na Zona Interna e Estrutural nas seções dos canais transversais, sob a orientação dos Supervisores de Área. Destaca-se que a implantação de canais transversais, longitudinais e de ligação no DRS2 são executados concomitantemente com os alteamentos do dique da Zona Interna do depósito.

O documento indica que a Equipe das Áreas de Resíduos B&A é responsável pela atualização da Planilha de Planejamento de Disposição de Resíduos no DRS2 e pela elaboração e atualização da curva de enchimento do depósito, devendo-se levar em

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

conta os resultados dos ensaios de controle de compactação realizados diariamente nas Zonas Estrutural e Interna e os levantamentos topográficos a laser da superfície de resíduo depositado.

### **10.3 CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 10**

As diretrizes estabelecidas no manual de operação são adequadas e alinhadas a boas práticas de engenharia, especialmente as técnicas aplicadas para construção de barragens, para assegurar uma amostragem adequada para validação/comprovação da execução dos aterros com o grau de compactação especificado.

Em 12/04/22, a FONNTES emitiu o Relatório Técnico referente a letra “G” da TAC 3.1 (doc. FG-2201-NHB-A-BA-RT04-00), o qual abordou a “verificação da densidade e teor de umidade ótimo (período chuvoso e período seco) e suas variações, envolvendo valor médio e desvio padrão durante a fase de testes”. Para isso, foram avaliados o Manual de Operação, elaborado pela PIMENTA DE AVILA, em 05/03/21, doc. OM-3541-54-G-282 R08, e dos Boletins de Controle de Compactação pelo Método de Hilf do DRS2, referentes aos intervalos de julho/2017 a fevereiro/2018, dezembro/2019 a maio/2020 e junho/2021 a fevereiro/2022.

Ao total, foram disponibilizados pela HYDRO 2.335 ensaios de compactação para a Zona Estrutural e 1.992 ensaios de compactação para a Zona Interna. Os boletins indicam os trechos de coleta das amostras para a execução do ensaio pelo Método de Hilf, verificando-se a divisão dos trechos em faixas e praças. Este controle permite a liberação da camada nas frentes de compactação, conforme critérios estabelecidos especificamente para a Zona Estrutural e a Zona Interna.

Com isso, a FONNTES concluiu que o controle tecnológico de compactação das camadas executadas nas Zonas Estrutural e Interna do DRS2 estão adequadas. Além disso, observou-se que a equipe técnica da HYDRO apresenta toda a documentação referente

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

ao controle tecnológico de compactação devidamente arquivado em seu banco de dados.

No caso da Zona Estrutural, o grau de compactação médio obtido foi de 98,7%, ou seja, superior ao valor mínimo especificado de 95% em relação ao Ensaio Proctor Normal estabelecido em projeto. Além disso, nos ensaios em que foi identificado que o grau de compactação estava abaixo do valor mínimo especificado, a camada foi refeita e o ensaio de compactação repetido como condicionante da sua aprovação. Esse fato evidencia que há uma governança estabelecida no sentido de seguir os procedimentos de projeto.

Nesta Zona, a média do desvio da umidade foi igual a  $w_{ót}+0,4\%$  e apenas 0,5% das amostras ensaiadas apresentaram desvio de umidade abaixo de  $w_{ót}-3,0\%$  e 0,2% das amostras apresentaram desvio de umidade acima de  $w_{ót}+4,0\%$ , definidos como os limites inferior e superior, respectivamente. Em relação a esse aspecto é importante lembrar que o distanciamento da umidade no campo em relação a ótima significa que podem ser necessárias mais passadas do rolo compactador para se atingir o grau de compactação especificado. O critério de compactação ainda pode ser respeitado, porém com um maior custo econômico. Por isso, quanto menor o desvio da umidade de campo em relação a ótima mais otimizado e eficiente será o processo de compactação.

No caso da Zona Interna, o grau de compactação médio obtido nos ensaios de compactação foi de 98,6%, ou seja, superior ao valor mínimo recomendado de 90% do Proctor Normal. No entanto, o valor mínimo recomendado é devido a trafegabilidade dos equipamentos envolvidos na disposição, não sendo determinantes para a reprovação da camada executada. Nesta Zona, a média do desvio da umidade foi igual a  $w_{ót}+0,6\%$ .

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

Por fim, no citado documento, a FONNTES concluiu que os critérios de projeto em relação a compactação, densidade e umidade, têm sido aferidos em campo através de ensaios de controle com objetivo de seguir as diretrizes de projeto. Foram fornecidas evidências que demonstraram que as camadas reprovadas (fora do especificado) foram refeitas para que ficassem dentro dos critérios especificados pelo projetista.

## **11. CONTROLE AMBIENTAL**

O controle ambiental do DRS2 engloba o controle na emissão de efluente, particulados e controle da erosão.

Em relação aos efluentes líquidos, os mesmos provêm das seguintes fontes poluidoras:

- Efluentes industriais gerados a partir das águas pluviais que apresentem possibilidade de entrar em contato com licores cáusticos no interior da refinaria;
- Efluentes gerados na pilha de bauxita e de carvão;
- Águas pluviais que atingem a superfície dos Depósitos de Resíduos Sólidos (DRS1 e 2) carreando o material particulado fino e tornando-se alcalinas;
- Toda a drenagem da estrada que dá acesso ao DRS1, por onde transitam carretas que transportam o resíduo de bauxita.

O Manual de Operação ressalta que:

*“O efluente liberado do resíduo não deve, em nenhuma hipótese, ser lançado diretamente no meio ambiente antes de passar por tratamento e/ou mediante comprovação da sua qualidade.”*

Para garantia do não vertimento e tratamento do efluente, é prevista a manutenção de um volume mínimo de amortecimento e dispositivos conectados a um sistema de encaminhamento do efluente à Estação de tratamento de Efluentes Industriais. Para

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

verificação da eficácia do controle ambiental é realizado monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, que será melhor descrito no item 12.

Para controle do material particulado, o manual de operação do DRS2 recomenda a contínua aspersão de água com caminhões pipa ou aspersores fixos. Caso necessário também sugere a utilização de polímeros supressores de poeira. Também, é indicado a necessidade de lavagem preventiva dos equipamentos e veículos envolvidos na operação do DRS2. Além disso sugere-se a densificação e manutenção dos cinturões verdes na área de entorno do DRS2, formando uma barreira física para dispersão das partículas em suspensão. Além disso, é previsto que ao término de cada bancada a mesma seja revegetada, reduzindo a geração de particulado.

O controle de erosão segundo o manual de operação deve ocorrer sempre que for identificado pelas inspeções visuais focos erosivos no depósito. Nesse caso deve-se providenciar a recomposição imediata das áreas impactadas. Além disso, o Manual de Operação ressalta que:

*“É indicado que o Plano de Fechamento do DRS2 seja executado de forma progressiva com a implantação de revestimento vegetal e de sistema de drenagem superficial de forma a reduzir as áreas expostas, minimizando o desenvolvimento de processos erosivos.”*

### **11.1 AVALIAÇÃO DA FONNTES SOBRE O ITEM 11**

As orientações de controle de poluição ambiental estão de acordo com boas práticas da engenharia. O conceito do projeto já foi dimensionado considerando que toda água de contato com os resíduos será bombeada e tratada adequadamente antes de ser devolvida ao meio ambiental.

Em relação ao controle de particulado, cabe destacar que a região onde se está implantado o DRS2 é caracterizada com um clima tropical, com uma precipitação superior a 2.000mm/ano. O período mais seco é de agosto a novembro, com

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

precipitações variando de 29 a 31mm/mês. Por isso, a própria condição climática da região favorece a um controle natural de particulado. Além de que, assim como informado pela ALUNORTE, nos meses mais secos o monitoramento e controle preventivo de combate a particulados é intensificado.

## **12. MONITORAMENTO AMBIENTAL**

Atualmente a Alunorte conta com uma rede monitoramento visando avaliar as possíveis interferências de suas atividades na qualidade das águas superficiais, subterrâneas, como também na qualidade do ar no entorno do empreendimento.

Conforme o Manual de Operação do DRS2, deve-se monitorar características do resíduo disposto; qualidade do efluente; qualidade das águas superficiais, qualidade da água subterrânea, particulados e qualidade do ar e monitorar os níveis de ruídos.

Além disso, o manual ressalta que:

*“A Alunorte deverá apresentar, em frequência anual, o Relatório de Informação Ambiental (RIA), consolidando as informações obtidas por meio do monitoramento ambiental no referido período, acompanhado da responsabilidade técnica. Este relatório deverá ser acompanhado da Anotação de Responsabilidade Técnica do profissional responsável por sua elaboração.”*

### **12.1 CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO DISPOSTO**

Em relação às características do resíduo disposto, conforme laudo de caracterização do resíduo elaborado pela GEOKLOCK (documento “SP-P7388-R0519-2018-v1”), os resíduos dispostos sobre o DRS2 são categorizados como Não Perigosos segundo a NBR 10.004/2004.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

O Manual de operação ressalta que qualquer alteração na qualidade e especificação das matérias primas no processo, insumos utilizados ou em suas quantidades e até mesmo no desempenho dos equipamentos empregados no processo industrial pode implicar em novo enquadramento dos resíduos gerados. Dessa forma, deve ocorrer amostragem periódica do resíduo para identificar potenciais alterações na qualidade do resíduo. É orientado que a amostragem e análise dos resíduos deve ocorrer com frequência mínima semestral e atender a norma ABNT NBR 13.896:1997, seguindo os procedimentos indicados na ABNT NBR 10007:2004.

Ressalta-se que atualmente a licença de operação nº 12843/2021, com validade até 17/06/2026 autoriza a operação do DRS2, tendo sido elaborada após o manual de operação referido. O manual de operação atualmente se encontra em revisão.

A Licença de operação indica que os seguintes resíduos podem ser dispostos sobre o DRS2: Resíduo de bauxita, areia de processo e crosta de hidrato (7.200.000 t/ano), hidrato fora de especificação (6.000 t/ano), alumina fora de especificação (8.400 t/ano), bauxita fora de especificação (8.400 t/ano), cal/calcário fora de especificação (120 t/ano), filtro de manga (48 t/ano), tijolo refratário (1.200 t/ano), lã de rocha (144 t/ano), resíduos de polipropileno (tecido filtrante e colmeia) (2.400 t/ano), plástico PEAD (manta) (8.000 t/ano).

#### 12.1.1 Considerações da Fonntes sobre o Item 12.1

Em relação às características do resíduo disposto, entende-se como adequadas as práticas de amostragem periódica para categorização dos resíduos. Prática suficiente para prever e adequar quaisquer não conformidades identificadas nas características do mesmo.

Reforça-se a importância da elaboração anual do Relatório de Informação Ambiental (RIA) e, sugere-se, conforme indicado na licença de operação vigente (LO nº



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

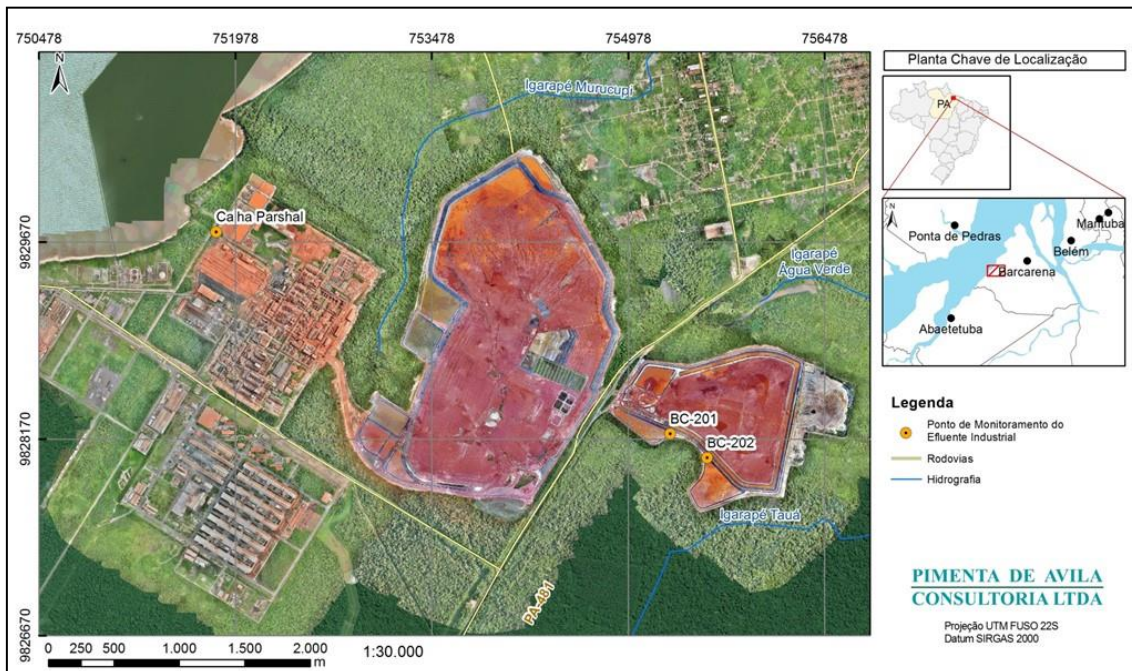
12843/2021), o compartilhamento do mesmo com os órgãos fiscalizadores e demais interessados. Conforme informado pela ALUNORTE, já faz parte da sua rotina o envio periódico dos dados aos órgãos fiscalizadores.

## **12.2 QUALIDADE DO EFLUENTE**

Conforme manual de operação, nas análises dos efluentes devem ser contemplados os seguintes parâmetros: alcalinidade, pH, coliformes termotolerantes, cor, DBO, DQO, fósforo total, N-Amoniacal total, N-nitrato, N-nitrito, óleo e graxas, sólidos totais dissolvidos, sólidos não filtráveis, sólidos sedimentáveis, temperatura, turbidez, cobre dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total, mercúrio, manganês dissolvido, prata total, sódio e alumínio, arsênio total, bário total, boro total, cádmio total, cianeto total, cianeto livre, cromo hexavalente, cromo trivalente, estanho total, fluoreto, níquel total, selênio total, sulfeto, zinco total, clorofórmio, benzeno, dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2 cis + 1,2 trans), estireno, etilbenzeno, fenóis totais, tetracloroeteno de carbono, tricloroeteno, tolueno e xileno.

O monitoramento do efluente bruto é realizado nas bacias de controle BC 201/ BC 202. Já o monitoramento do efluente tratado é realizado na Calha Parshal. A localização dos pontos de monitoramento é apresentada na Figura 12.1.

Além disso, conforme Manual de Operação, trimestralmente deve ser apresentado relatório de performance da Estação de tratamento de efluentes industriais. Conforme informado pela ALUNORTE, atualmente já faz parte da rotina da empresa o envio do relatório de performance da ETEI para a SEMAS com periodicidade trimestral, conforme LO 12.847/2021.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**


**Figura 12.1 – Localização dos pontos de monitoramento de efluente na área no entorno do DRS2**

### 12.2.1 Avaliação da Fontes sobre o item 12.2

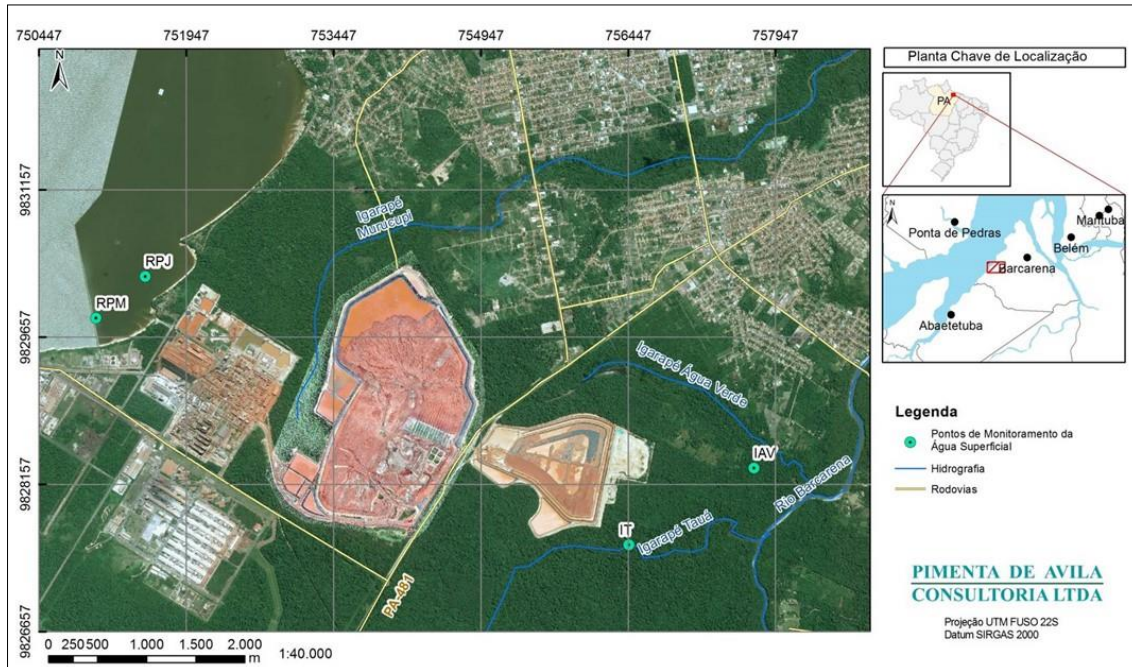
Em relação a qualidade do efluente, os pontos de monitoramento estão adequados para identificar se está ocorrendo produção de efluentes com características distintas das quais foram previstas, bem como identificar se os padrões de lançamento da ETE estão dentro do previsto.

Reforça-se a importância da elaboração anual do Relatório de Informação Ambiental (RIA), bem como o seu envio aos órgãos fiscalizadores, como já é feito pela ALUNORTE em atendimento à LO vigente.

### 12.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Todas as águas efluentes geradas sobre influência do DRS2 são encaminhadas para a Estação de Tratamento localizada na área 82. Em seguida é lançado em corpo receptor dentro dos padrões da legislação. A Figura 12.2 apresenta os pontos de amostragem em corpos naturais da região para monitoramento.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



**Figura 12.2 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água superficial na área no entorno do DRS2**

Para a análise da água superficial, de forma a contemplar a lista completa de parâmetros definidos na Licença de Operação LO N° 12847/2021, devem ser considerados os seguintes parâmetros: alcalinidade, cor verdadeira, pH, coliformes termotolerantes, DBO, DQO, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, N-nitrato, N-nitrito, óleos e graxas, sólidos totais dissolvidos, sólidos não filtráveis, sólidos sedimentáveis, temperatura e turbidez, cobre dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total, mercúrio, manganês dissolvido, prata total, sódio e alumínio.

Segundo o manual, atualmente ocorre ainda análises semestrais na totalidade dos pontos mencionados, contemplando a lista completa de parâmetros apresentados no Art. 15 (Classe 2) da resolução CONAMA 357/2005.

O manual salienta que a coleta deve seguir os procedimentos da ABNT NBR 9897:1987 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e Standard

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

Methods (APHA, AWWA, WEF, 2012). Nesse sentido, deve ser realizada a medição de parâmetros em campo no momento da coleta, tais como: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e potencial redox (Eh). É importante que os equipamentos medidores estejam devidamente calibrados no momento da amostragem.

### 12.3.1 Considerações da Fonntes Sobre o Item 12.3

No que diz respeito às águas superficiais, é salutar o monitoramento das águas no corpo receptor, a montante e a jusante do depósito de resíduos. Isso garante que quaisquer anormalidades provocadas pelo lançamento de águas superficiais sobre os corpos hídricos sejam prontamente identificadas. Complementar a esse monitoramento, há poços ambientais, localizados no entorno do DRS 2. O conjunto de todos os instrumentos de monitoramento ambiental existentes no DRS 2 possibilitam a adequada identificação e eventuais não conformidades. Dessa forma, conclui-se que a operação do monitoramento da qualidade das águas superficiais proposto é adequado.

Assim como indicado anteriormente, reforça-se a importância da elaboração anual do Relatório de Informação Ambiental (RIA), bem como o seu envio aos órgãos fiscalizadores, como já é feito pela ALUNORTE em atendimento à LO vigente.

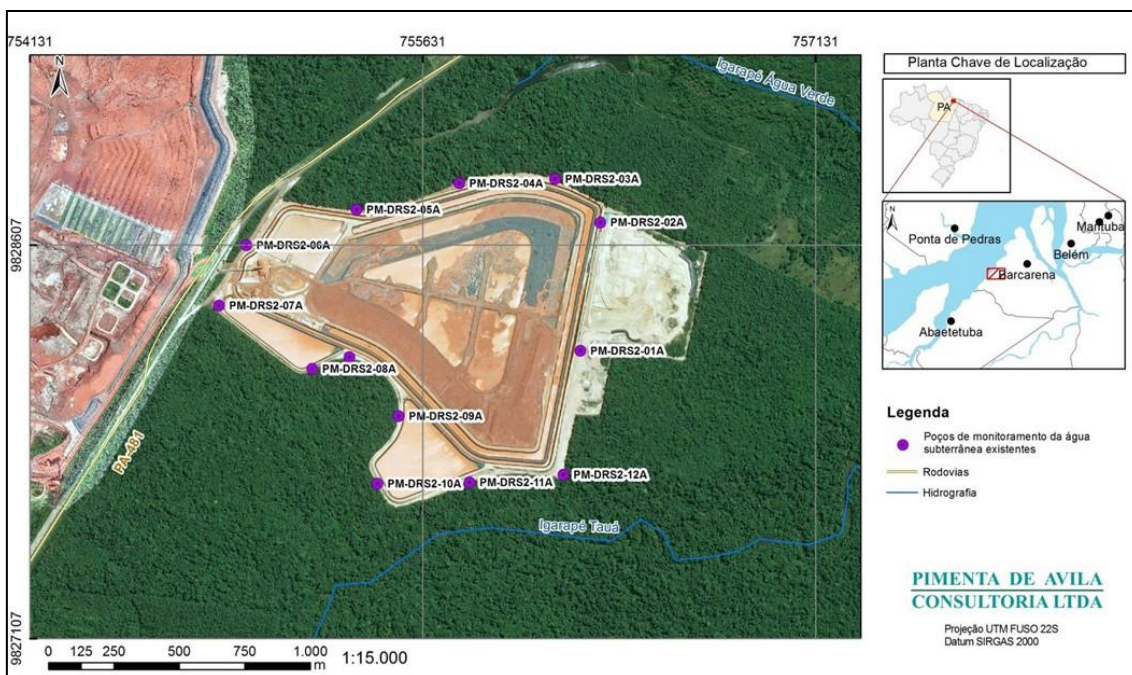
### 12.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme manual de operação, nas análises da qualidade das águas subterrâneas devem ser contemplados os seguintes parâmetros: sólidos totais dissolvidos, nitrato, coliformes termotolerantes, turbidez e medição de nível d'água, contendo relatório fotográfico dos pontos de coleta e mapa de amostragem com pontos georreferenciados. Frisa-se ainda a necessidade de que todas as amostras sejam coletadas no mesmo período e de que as análises sejam realizadas por laboratório acreditado pelo INMETRO,

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

devendo ainda ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela coleta e análise das amostras.

Conforme manual de operação, existem 13 poços de monitoramento da água subterrânea, sendo a totalidade empregados para monitoramento qualitativo e quantitativo da água. A localização dos mesmos é apresentada na Figura 12.3



**Figura 12.3 – Rede de monitoramento da água subterrânea existente na área no entorno do DRS2**

Todavia, conforme Relatório de avaliação periódica dos resultados de monitoramento da Instrumentação (PIMENTA DE ÁVILA, 2022), fornecido à Fonntes e informado pela HYDRO, são monitorados também nesses 13 poços adjacentes ao DRS2 a lista completa dos parâmetros de qualidade presentes na lista do art. 34 da resolução CONAMA 396/2008 por iniciativa da própria HYDRO. Esta prática aumenta de forma significativa a qualidade dos dados e análises passíveis de serem feitas. No item a seguir são feitas as considerações também apresentadas no relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT08-00 elaborado pela FONNTES.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

#### 12.4.1 Considerações da Fonntes Sobre o Item 12.4

A quantidade de poços dispostos ao redor do DRS2, abrangendo todas as direções para sua periferia, acrescenta conservadora segurança para a identificação de eventuais desvios na qualidade das águas subterrâneas provocadas por quaisquer contaminantes. Além disso, o monitoramento da lista completa de parâmetros presentes no art. 34 da resolução CONAMA 396/2008 é decisivo no que diz respeito a garantia de abranger toda e qualquer alteração química, físico-química ou biológica na qualidade das águas subterrâneas.

O relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT08 elaborado pela FONNTES em resposta a outro item do TAC 3.1, apresenta análise das alterações observadas e não foram identificados indícios de contaminação pelos resíduos dispostos no DRS2. Entretanto, algumas alterações foram identificadas, como altos valores de ferro e alumínio. Estes desvios, conforme o “Estudo de Background Ambiental na região de Barcarena/PA” desenvolvido em 2020 pelo LAGECO (Laboratório de Geologia Costeira) e IECOS (Instituto de Estudos Costeiros da UFPA), estão possivelmente associados à elevada concentração desses elementos no manto intempérico da região, remetendo a um período anterior à instalação dos depósitos da ALUNORTE. Ademais, foi identificada presença de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, que por sua vez indicam contaminação por esgotos domésticos ou fezes de animais de sangue quente.

Por fim, foram identificadas altas concentrações de Chumbo (Pb), as quais podem ter origem em reações de solubilidade de alguns tipos de rochas carbonáticas. Sendo assim, a alta concentração do Chumbo (Pb) na região pode ter condicionantes naturais do próprio solo e embasamento cristalino. Todavia, a alta concentração de Chumbo (Pb) precisa ser investigada mais a fundo, uma vez que os dados de 1983-85 – período anterior a instalação dos Depósitos de Resíduos DRS1 e DRS2 – já mostravam alterações dos elementos Pb e Mn na região (Lima & Kobayashi, 1988). Mais informações podem

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

ser vistas no relatório que atende a letra D deste TAC, documento FG-2201-NHB-A-BA-RT08.

## **12.5 MATERIAL PARTICULADO E QUALIDADE DO AR**

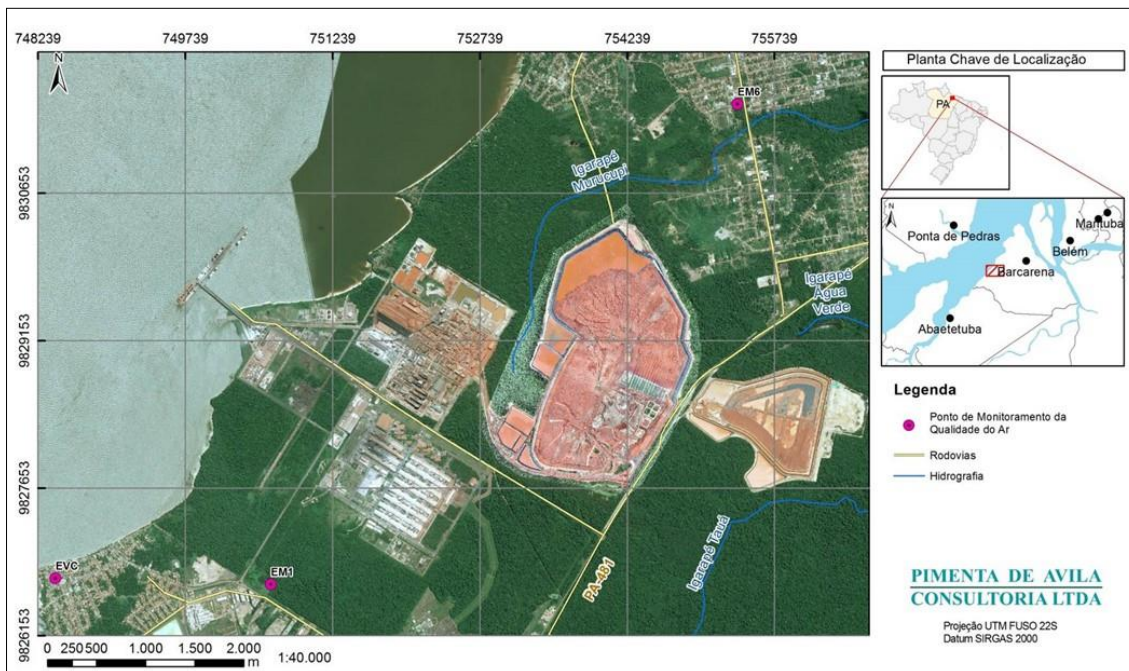
De acordo com o Manual de Operação do DRS2, a HYDRO realiza monitoramento das emissões atmosféricas nas fontes fixas (chaminés) e da qualidade do ar na área de influência de sua operação.

Conforme manual de operação do DRS2, a Alunorte em parceria com a ALBRAS possui uma rede de monitoramento contínuo da qualidade do ar, do parâmetro de Partículas Totais em Suspensão - PTS, através de 03 estações fixas na região, sendo uma localizada na Vila dos Cabanos (denominada EM6, ponto a montante da planta industrial, considerando a direção predominante dos ventos) e duas instaladas na Vila do Conde (denominadas EM1 e EVC - ou EM4 -, a jusante da planta). A Figura 12.4 apresenta a localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar.

Nas três estações são monitoradas as concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS) a cada 6 dias, e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), a cada hora (documento referência ALN-PRA-10-004-Programa de Gestão Atmosférica). Uma vez realizada a amostragem, o papel-filtro deverá ser retirado do amostrador e enviado para análise laboratorial. Os métodos de ensaio devem seguir as Normas da ABNT e os resultados comparados com os padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, atentando-se ainda para o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas estadual.

Ainda conforme o manual, de acordo com a LO nº 12843/2021, em periodicidade semestral, deve ser apresentado à SEMAS/PA, em planilhas impressas e meio digital, o relatório de automonitoramento das emissões atmosféricas e qualidade do ar.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**



**Figura 12.4 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar na área no entorno do DRS2**

**12.5.1 Considerações da Fonntes Sobre o Item 12.5**

No que diz respeito à poluição por particulados e qualidade do ar, é uma prática adequada monitoramento fixo e difuso pelas fontes poluidoras, assim como é realizado pela ALUNORTE. O procedimento também se mostra adequado uma vez que ocorre o monitoramento da qualidade do ar, a montante e a jusante no sentido predominante da direção dos ventos sobre os depósitos.

Mais uma vez, reforça-se a importância da elaboração anual do Relatório de Informação Ambiental (RIA), bem como o seu envio aos órgãos fiscalizadores, como já é feito pela ALUNORTE em atendimento à LO vigente.

**12.6 MONITORAMENTO DOS RUÍDOS**

De acordo com o manual de operação do DRS2, as diretrizes para monitoramento de ruídos são definidas no Plano de Controle Ambiental da estrutura, elaborado junto à



**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

AECOM em novembro de 2016. O monitoramento de ruídos deve ocorrer em atendimento aos requisitos legais e normativos: Resolução CONAMA Nº 001/1990, que dispõe sobre os critérios de padrões de emissão de ruídos de atividades industriais, dentre outras; Norma Técnica ABNT NBR: 10151:2019, Versão corrigida em 2020 – “Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral ”; Norma Técnica ABNT NBR 10152:2017, Versão corrigida em 2020 – “Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações”.

Conforme o Plano de Controle ambiental de acordo com o Manual de operação, as medições de ruído devem ocorrer utilizando medidor de nível de pressão sonora devidamente calibrado com certificado da Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos.

A primeira medição deve ser realizada no início da operação do DRS2 e o monitoramento de ruídos deve ocorrer em campanhas semestrais durante todo o período de funcionamento da estrutura, cada campanha sendo realizada em dois dias consecutivos. Conforme informado pela ALUNORTE, já faz parte da rotina da empresa o envio periódico desses dados aos órgãos fiscalizadores.

De acordo com o Manual, por meio do PCA do DRS2, foram definidos 8 pontos de monitoramento de ruídos a serem observados durante a operação da estrutura, de acordo com as áreas que possuem potencial para expressivas fontes de ruído. A Figura 12.5 apresenta os pontos de monitoramento propostos no PCA.

VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2



Figura 12.5 – Localização dos pontos de monitoramento de ruído na área no entorno do DRS2.

### 12.6.1 Consideração da Fonntes Sobre o Item 12.6

Em relação a emissão de ruídos, as normas vigentes para atendimento são ações rotineiras em ambiente industrial. Entende-se que está adequado o procedimento de monitoramento de ruídos sonoros por parte da ALUNORTE. Por fim, reforça-se a importância da elaboração anual do Relatório de Informação Ambiental (RIA), bem como o seu envio aos órgãos fiscalizadores, como já é feito pela ALUNORTE em atendimento à LO vigente.

## 13. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

### 13.1 INSTRUMENTAÇÃO

Conforme indicado no item 5.13, existem sete seções instrumentadas no depósito DRS2 (Seção A até a Seção G), a serem executadas em oito etapas, em função dos alteamentos da pilha. Além destas seções, existem duas seções instrumentadas localizadas nas Bacias BC-201 e BC-202, denominadas Seção BC-201-A e Seção BC-202-B, respectivamente.

O depósito DRS2 possui: 11 piezômetros Casagrande; 17 piezômetros elétricos de corda vibrante com pedra porosa de alta pressão de entrada de ar; 02 piezômetros elétricos standard; 20 tubos inclinômetros; e 13 poços de monitoramento instalados nas adjacências do DRS2. Além disso, as bacias de controle BC-201 e BC-202 possuem: 02 piezômetros Casagrande instalados em cada uma; 12 marcos superficiais instalados na região da crista para monitoramento de potenciais deformações e de indícios de movimentações de tais estruturas; e os níveis das bacias e dos canais de contorno são aferidos regularmente.

O Manual de Operação apresenta os dados de cadastro dos instrumentos de monitoramento do DRS1, os procedimentos de leitura da instrumentação e indica a consulta ao Relatório Técnico – Níveis de Controle da Instrumentação – DRS2 (documento nº RT-3541-54-G-406-R0), para verificação dos níveis de controle e ações

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

associadas para os instrumentos apontados como indicadores para o monitoramento das poropressões do depósito, válidos até a El. 36,0 m da pilha.

A periodicidade de leituras dos instrumentos de monitoramento do Depósito DRS2, a serem realizadas por equipe especializada, são indicadas na Tabela 13.1, a seguir:

**Tabela 13.1 – Periodicidade de Leitura dos Instrumentos (PIMENTA DE AVILA, 2021)**

INSTRUMENTO	PERIODICIDADE
Piezômetros Casagrande	Semanal
Piezômetros Elétricos de Corda Vibrante	Semanal
Células de Recalque	Quinzenal
Sensor de matriz granular (GMS)	Quinzenal
Reflectometria no domínio da frequência (FDR)	Quinzenal
Tubos de Inclinômetro	Mensal
Marcos Topográficos	Mensal

O documento indica as frequências apresentadas na tabela devem ser intensificadas quando da ocorrência de chuvas intensas, sempre que forem observadas leituras que superem o valor de atenção ou outras ocorrências excepcionais, que resultem em variações acentuadas de leituras.

Destaca-se que as leituras dos instrumentos devem ser arquivadas em meio digital, em planilhas, a serem interpretadas e analisadas por engenheiro geotécnico. As análises devem ser registradas nos relatórios trimestrais de monitoramento geotécnico.

### 13.2 INSPEÇÕES VISUAIS

O Manual de Operação indica que as inspeções visuais são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança da estrutura, uma vez que permitem detectar sinais prévios de processos de instabilização.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

O documento indica que as inspeções devem abranger todas as estruturas do sistema de disposição de resíduos e, na ocorrência de quaisquer anomalias, a não conformidade deve ser devidamente registrada e informada ao Engenheiro de Monitoramento. Destaca-se que devido à presença da geomembrana, sempre que ocorrerem dúvidas na avaliação em algum ponto da inspeção, o maciço deve ser exposto para avaliação, com a remoção da geomembrana, seguida de seu reparo.

Toda inspeção deve ser registrada (planilhas, fotos e descrições) de maneira a permitir a formação de um banco de dados com o histórico de desempenho do sistema, permitindo o seu acompanhamento contínuo.

O Manual de Operação detalha os principais aspectos a serem observados em cada um dos componentes do Depósito DRS2 durante às inspeções visuais, incluindo os diques de contorno e as bacias de controle BC 201 e BC 202. Além disso, indica a periodicidade das inspeções que devem ser realizadas no Depósito DRS2, divididas em:

- Rotineira – realizada diariamente pela equipe de operação e manutenção;
- Regular de Rotina – realizada quinzenalmente pela equipe técnica de geotecnia;
- Regular assistida – realizada sob demanda pelo Engenheiro Geotécnico (Projetista) acompanhado da equipe técnica da HYDRO;
- Regular – realizada semestralmente pelo Engenheiro Geotécnico da Empresa da Consultoria ou do quadro próprio, conforme determina a legislação vigente;
- Inspeção Especial – realizada quando detectada alguma situação extraordinária ou anomalia que comprometa o Estado de Conservação do depósito, por equipe composta de profissionais integrantes do quadro de pessoal e/ou especialistas das diversas áreas relativas à emergência em curso.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

### **13.3 ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO**

O Manual de Operação indica a coleta de amostras deformadas e indeformadas para a realização de ensaios de laboratório e a realização de ensaios de campo para monitoramento da performance do DRS2 frente ao alteamento da estrutura em diferentes etapas de formação da pilha. Além de ensaios de CPTU (piezocone), com dissipação de poropressão, para a confirmação das condições de poropressão na Zona Estrutural e do funcionamento do sistema de drenagem interna.

### **13.4 ATUALIZAÇÃO DAS ANÁLISES GEOTÉCNICAS**

O Manual de Operação indica a atualização das análises geotécnicas periodicamente, com base nos dados do monitoramento da instrumentação e resultados dos ensaios de campo e de laboratório.

### **13.5 CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 13**

As diretrizes de monitoramento geotécnico recomendadas no manual de operação são adequadas para o correto acompanhamento do desempenho estrutural do DRS 2.

A PIMENTA DE AVILA elabora trimestralmente o Relatório Técnico de Avaliação Periódica dos Resultados de Monitoramento da Instrumentação, no qual apresenta a interpretação das leituras dos instrumentos de monitoramento do Depósito DRS2, além das leituras das bacias de contorno e dos poços de monitoramento localizados no entorno do DRS2.

A prática de governança em submeter os dados de instrumentação ao crivo de uma consultoria externa é extremamente relevante e constitui uma boa prática de engenharia, saudável para a operação e monitoramento, pois permite que uma empresa externa ao ambiente operacional avalie o desempenho da estrutura e realize recomendações de melhorias.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

Conforme observado em campo durante a visita técnica realizada pela FONNTES no Depósito DRS2, no dia 09/02/22, e informações disponibilizadas pela equipe técnica da HYDRO, a equipe de operação e manutenção é responsável por realizar as inspeções rotineiras nos depósitos DRS1 e DRS2. Nestas inspeções, a equipe caminha diariamente pelos diques dos depósitos para verificação da existência de anomalias nas estruturas.

A HYDRO disponibilizou as Fichas de Inspeção Regular (FIR) preenchidas entre janeiro e maio de 2022. Estas fichas são referentes às inspeções regulares de rotina, realizadas quinzenalmente pela equipe técnica de geotecnia da HYDRO.

Os itens avaliados na inspeção regular de rotina são listados a seguir:

- Depósito;
- Dique de Contorno;
- Extravasores (rápido);
- Canal de Contorno;
- Bacias de Controle;
- Células de Emergência; e
- Gerais.

A Ficha de Inspeção Regular (FIR) preenchida no dia 06/05/2022 é apresentada na Figura 13.1 a título de ilustração de como é o processo. Verifica-se na ficha que a única anomalia relatada é relacionada às más condições de acesso do depósito.

Além da FIR, a HYDRO apresenta fotos e observações adicionais, o Quadro de Estado de Conservação da Resolução nº 143 do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNRH) (ver Figura 13.2) e a Ficha de Inspeção de Rotina proposta pela SEMAS/SPA nº de 2018.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**
**SIGDEP<sup>®</sup> MONITORA**

**FICHA DE INSPEÇÃO REGULAR (FIR)**


Unidade: ALUNORTE

Estrutura: DRS2

Data: 06/05/2022

Inspeção por: Kelson Fonseca / Arlam Medeiros

Responsável pela barragem: Giselle Lopes

Item	Aspectos observados	Ocorrência		Providência em caso de Sim		Visto do Responsável
		Sim	Não	Corrigir	Avisar Responsável	
<b>1. Depósito</b>						
a)	Erosão?		X			
b)	Trinca ou depressão?		X			
c)	Falha na vegetação?		X			
d)	Surgência de água?		X			
e)	Drenagem assoreada?		X			
f)	Drenagem danificada?		X			
g)	Acesso em más condições?	X		X	X	
<b>2. Dique de contorno</b>			X			
a)	Dano na geomembrana?		X			
b)	Irregularidade na geomembrana?		X			
c)	Sinais de erosão sob a geomembrana?		X			
<b>3. Extravasesores (rápidos)</b>						
a)	Emboques obstruídos?		X			
b)	Danos nos stop logs?		X			
c)	Danos no concreto?		X			
d)	Descarga obstruída?		X			
<b>4. Canal de contorno</b>						
a)	Dano na geomembrana?		X			
b)	Assoreamento do canal?		X			
c)	Inestabilidade dos taludes laterais?		X			
<b>5. Bacias de controle</b>						
a)	Danos na geomembrana?		X			
b)	Assoreamento acima do limite?		X			
c)	Sinais de instabilidade dos taludes?		X			
d)	Nível de água acima do limite?		X			
e)	Bombeamento desativado?		X			
<b>6. Célula de emergência</b>						
a)	Danos na geomembrana?		X			
b)	Extravasador obstruído/ danificado?		X			
c)	Bombeamento desativado?		X			
<b>7. Gerais</b>						
a)	Vias de acesso mal conservadas?		X			
b)	Sinalização deficiente?		X			
c)	Estaqueamento deficiente?		X			
d)	Cercas de proteção danificadas?		X			

Item	Observação
1.g	- Área saturada no setor 7, próximo ao talude a montante.
	- Ausência de barreira física nos instrumentos no setor 7 (inclinômetros) na seção B

**Figura 13.1 – Ficha de Inspeção Regular preenchida no dia 06/05/22 (HYDRO, 2022)**



**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC (CNRH 143 / 2020)			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (d)	Percolação (a)	Deformações e Recalques (f)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (g)
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, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e 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)
Indique abaixo a Pontuação para cada coluna			
0	0	0	0

**Fotos e observações adicionais**

Foto1 – Área saturada no setor 7, próximo ao talude a montante, item 1.g



Foto2 – Ausência de barreira física nos instrumentos no setor 7 na seção B (inclinômetros)



*Giselle Barbosa*  
DRS  
Hydro Alunorte

*Ariam Medeiros*  
DRS  
Hydro Alunorte

*[Signature]*

**Figura 13.2 – Quadro de Estado de Conservação e fotos da inspeção regular de 06/05/22 (HYDRO, 2022)**

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

O preenchimento do quadro de Estado de Conservação resultou em um total de zero pontos.

Também foi disponibilizado à FONNTES, o Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (RISR) relativos ao segundo ciclo de 2021, elaborados pela GEOCONSULTORIA (doc. RT-469137-54-G-0002). Este relatório apresenta a inspeção regular realizada semestralmente pelo Engenheiro Geotécnico da Empresa da Consultoria. A inspeção regular do 2º ciclo de 2021 resultou na pontuação zero no quadro de Estado de Conservação.

#### **14. MANUTENÇÃO DO SISTEMA**

Conforme apresentado no Manual de Operação, os serviços de manutenção têm por finalidade identificar, descrever, avaliar e programar ações preventivas quando identificados eventos que possam gerar falhas para as estruturas do sistema e são definidos a partir de observações constatadas em inspeções, da rotina operacional ou de auditorias realizadas por empresas contratadas. Tais ações de manutenção devem ter os responsáveis identificados e que todos tenham conhecimento deste manual de operação. O documento ressalta que o treinamento e a divulgação do manual de operação devem ser realizados antes do início da retomada de operação do DRS2, com todos os envolvidos, incluindo gerentes, engenheiros, técnicos e operadores de equipamentos e também devem ocorrer sempre que o manual passar por revisões.

O documento indica que sejam registradas em relatórios (Plano de Ação Geral) de forma a se ter um histórico do comportamento das estruturas e assim se possa compreender seu desempenho ao longo do tempo. Estes registros incluem, em linhas gerais, os diários de manutenção, histórico do serviço executado, data, custo, tempo gasto, fotos, motivação da manutenção e observações gerais.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

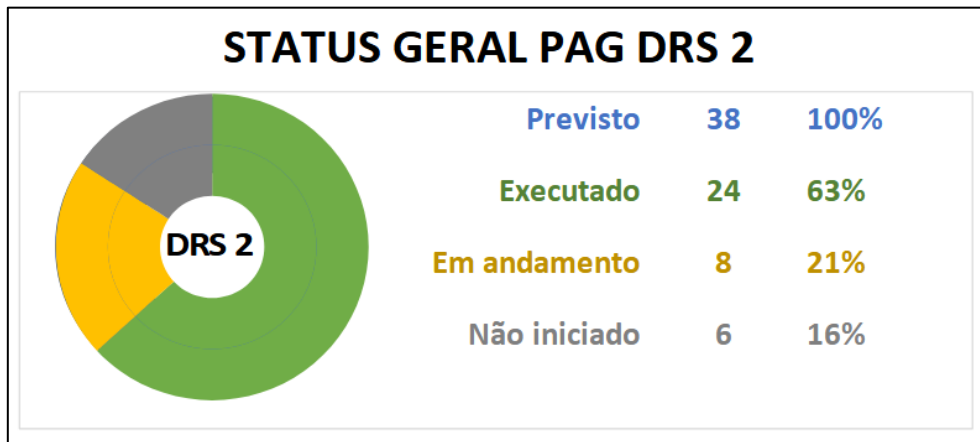
No DRS2, os itens de manutenção estão relacionados aos componentes da drenagem superficial, *stop logs*, galerias, acessos de operação, acessos de manutenção, bacias de controle, área de pilha, superfície dos taludes, depósito, entre outros.

#### **14.1 CONSIDERAÇÕES DA FONNTES SOBRE O ITEM 14**

Além de apresentar os registros fotográficos das manutenções nos documentos das Fichas de Inspeção Regular, como pôde ser observado na Figura 13.2, a equipe técnica da HYDRO preenche o Plano de Ação Geral (PAG) do DRS2.

O PAG indica a data de identificação da anomalia, a sua descrição, as ações e recomendações, o local, o responsável pela inspeção, a data de execução prevista, o status, a data em que a ação foi executada, fotos de antes e depois e comentários adicionais.

Conforme indicado na Figura 14.1, foram registradas 38 anomalias no DRS2 desde 15/01/2021, das quais a manutenção de 24 anomalias foi finalizada, de 08 anomalias está em andamento e de 06 anomalias não foi iniciada. Cabe destacar que essas ações dizem respeito a anomalias de rotina operacional, que não alteram a pontuação do estado de conservação da estrutura.



**Figura 14.1 – Status Geral do Plano de Ação Geral do DRS2 (HYDRO, 2022)**

O registro e acompanhamento das anomalias e de suas manutenções realizado pela HYDRO se mostram adequados para assegurar a formação de histórico das ações previamente executadas no Depósito DRS2. A FONNTES recomenda que esse controle seja mantido e reforçado, especialmente o registro do antes e depois, para que o histórico da estrutura seja sempre preservado.

## 15. CONCLUSÕES

A construção de uma pilha de rejeitos filtrado em uma região de clima tropical, com chuvas torrenciais em algumas épocas do ano, é um projeto desafiador que exige soluções robustas de engenharia, implantação, operação e manutenção, especialmente no gerenciamento das águas pluviais. É possível concluir que tanto o projeto quanto o manual de operação trazem diretrizes bem consolidada para que o DRS 2 seja adequadamente construído/operado.

O DRS 2 possui em seu projeto diretrizes específicas de compactação do resíduo. Essa definição de projeto garante mais resistência para o resíduo disposto, mas também um desafio construtivo maior, especialmente para garantir o grau de compactação e a

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

umidade adequada. Isso exige uma geração elevada de informações técnicas para garantia probatória de que todas as diretrizes construtivas estão sendo seguidas. Por isso, é importante que o registro de atendimento às especificações do manual de operação seja permanente preservado em acervo técnico da HYDRO.

No que diz respeito à operação do sistema, com base na avaliação do Manual de Operação, elaborado pela PIMENTA DE AVILA, em 05/03/21, doc. OM-3541-54-G-282 R08, a FONNTES indica que foram adotados critérios adequados para retomada, transporte, disposição e compactação dos resíduos sobre as diferentes áreas do depósito, Zona Estrutural, Zona interna e Célula de Emergência.

Além disso, conforme relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT04 (relativo à letra G do TAC 3.1), foi possível constatar através da documentação consultada que os critérios de projeto em relação a compactação, densidade e umidade do resíduo, têm sido seguidos. Isso aponta para o atendimento dos critérios de disposição e compactação conforme orientações do manual de operação.

Em termos de gestão de águas superficiais, de acordo com os documentos consultados, elaborados pela consultoria PIMENTA DE ÁVILA, houve a manutenção da borda livre de 1,0m mesmo nos dias de maior incidência pluviométrica. A FONNTES entende que a definição dos níveis de risco e borda livre foi adequada. Entretanto, não se exclui a possibilidade de reavaliação dos níveis de risco sobretudo caso seja identificada de forma recorrente não atendimento à borda livre de 1 metro ao longo de um ano hidrológico e também um reestudo da questão hidrológica, especialmente devido a mudança climática mundial que tem aumentado a ocorrência de eventos extremos.

Ressalta-se ainda que a gestão das águas superficiais é um tema complexo para o empreendimento e na avaliação da FONNTES foi bem estudado e detalhado no projeto e especificado no manual de operação. Durante a visita técnica foi possível também

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2</b>		

verificar que o que foi projetado estava operacional no campo, sejam os canais, extravasores, bacias e sistemas de bombeamento. O projeto está sendo de fato executado. A não execução adequada pode inviabilizar a operação, e também sua violação aumenta a possibilidade de acidentes ambientais como o transbordamento das bacias de controle. Portanto, recomenda-se que seja rigorosamente seguido o gerenciamento das águas, especialmente a borda livre de segurança recomenda para as bacias de controle.

No que tange aos controles de formação da pilha, a FONNTES concluiu que os critérios de projeto em relação a compactação, densidade e umidade, têm sido aferidos em campo através de ensaios de controle com objetivo de seguir as diretrizes de projeto. Tendo sido fornecidas evidências que demonstraram que as camadas reprovadas (fora do especificado) foram refeitas para que ficassem dentro dos critérios especificados pelo projetista. Assim como pode-se concluir que o controle tecnológico de compactação das camadas executadas nas Zonas Estrutural e Interna do DRS2 estão adequadas.

As orientações de controle de poluição ambiental estão de acordo com boas práticas da engenharia. O conceito do projeto já foi dimensionado considerando que toda água de contato com os resíduos será bombeada e tratada adequadamente antes de ser devolvida ao meio ambiental.

Em relação ao controle de particulado, cabe destacar que a região onde se está implantado o DRS2 é caracterizada com um clima tropical, com uma precipitação superior a 2.000mm/ano. O período mais seco é de agosto a novembro, com precipitações variando de 29 a 31mm/mês. Por isso, a própria condição climática da região favorece a um controle natural de particulado. Além de que, assim como informado pela ALUNORTE, nos meses mais secos o monitoramento e controle preventivo de combate a particulados é intensificado.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

No que diz respeito às águas superficiais, é salutar o monitoramento das águas no corpo receptor, a montante e a jusante do depósito de resíduos. Isso garante que quaisquer anormalidades provocadas pelo lançamento de águas superficiais sobre os corpos hídricos sejam prontamente identificadas. Complementar a esse monitoramento, há poços ambientais, localizados no entorno do DRS2. O conjunto de todos os instrumentos de monitoramento ambiental existentes no DRS2 possibilitam a adequada identificação e eventuais não conformidades. Dessa forma, conclui-se que a operação do monitoramento da qualidade das águas superficiais proposto é adequada.

Em termos de monitoramento das águas subterrâneas, a quantidade de poços de monitoramento dispostos ao redor do DRS2, abrangendo todas as direções para sua periferia, acrescenta conservadora segurança para a identificação de eventuais desvios na qualidade das águas subterrâneas provocadas por quaisquer contaminantes. Além disso, o monitoramento da lista completa de parâmetros presentes no art. 34 da resolução CONAMA 396/2008 é decisivo no que diz respeito a garantia de abranger toda e qualquer alteração química, físico-química ou biológica na qualidade das águas subterrâneas.

No que tange à poluição por particulados e qualidade do ar, é uma prática adequada monitoramento fixo e difuso pelas fontes poluidoras, assim como é realizado pela ALUNORTE. O procedimento também se mostra adequado uma vez que ocorre o monitoramento da qualidade do ar, a montante e a jusante no sentido predominante da direção dos ventos sobre os depósitos.

Em relação ao monitoramento de ruídos, as normas vigentes para atendimento são ações rotineiras em ambiente industrial. Entende-se que está adequado o procedimento de monitoramento de ruídos sonoros por parte da ALUNORTE.

**VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2**

Em termos de monitoramento geotécnico, na visão deste revisor as diretrizes de monitoramento recomendadas no manual de operação estão adequadas para o correto acompanhamento do desempenho estrutural do DRS2.

Por fim, ao que diz respeito à manutenção do sistema, o registro e acompanhamento das anomalias e de suas manutenções realizados pela HYDRO se mostram adequados para assegurar a formação de histórico das ações previamente executadas no Depósito DRS2. A FONNTES recomenda que esse controle seja mantido e reforçado, especialmente o registro do antes e depois, para que o histórico da estrutura seja sempre preservado.

## 16. REFERÊNCIAS

- i. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. RESOLUÇÃO Nº 95, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2022 – Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. 2022.
- ii. ALMARAZ, U. J. S. (1977). Aspectos Geoquímicos e Ambientais dos Calcários do Formação Pirabas, Pará. Tese de Doutorado, UFRS, 272 p.
- iii. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. ed. Washington, D.C., 2012.
- iv. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, novembro de 1987;
- v. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro-RJ, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.



## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

- vi. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro-RJ, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
- vii. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.151 Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, novembro de 2017;
- viii. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.152 Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, novembro de 2019;
- ix. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.028: Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeito, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro, novembro de 2017;
- x. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.029: Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de pilha para disposição de estéril gerado por lavra de mina céu. Rio de Janeiro, julho de 2017;
- xi. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, julho de 1997
- xii. FARIAS, E.S.; NASCIMENTO, F.S., FERREIRA, M.A.A. (1992). Estágio de Campo III: relatório final. Área Belém - Outeiro. Belém: Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. 247 p.
- xiii. HAQ, B.V.; HARDENBOL, J.; VAIL, P.R. (1987). Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic (250 million years ago to present). Science, 235: 1156-1167 p.
- xiv. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Barcarena/PA. População. 2010. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- xv. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Educação. 2010b. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>

## VIABILIDADE DA CONCEPÇÃO PROPOSTA PARA O DRS2

- xvi. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Economia. 2019. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- xvii. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Trabalho e Rendimento. 2020. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- xviii. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Território e ambiente. 2021. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- xix. LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena/PA. Geochimica Brasiliensis, Rio de Janeiro, v.2, n.1, p.53-71, 1988.
- xx. MABESOONE, J. M. e CASTRO, C. (1975). Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro. Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, Recife, v.3, p. 05- 35.
- xxi. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 001**, de 02 de abril de 1990.
- xxii. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997.
- xxiii. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005.
- xxiv. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 396**, de 07 de abril de 2008.
- xxv. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 491**, de 19 de novembro de 2018.
- xxvi. ROSSETTI D.F. & VALERIANO M.M. 2007. Evolution of the lowest Amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data. Catena, 70:253-265.



**FONNTES**  
G E O T É C N I C A

WEBSITE

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

TELEFONES

(31) 3582-9185

(31) 3582-9186

Endereço: Avenida Otacílio Negrão de Lima, 2837  
– São Luiz (Pampulha).  
Belo Horizonte / MG. CEP: 31365-450