

FG-2201-NHB-A-BA-RT13-02

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

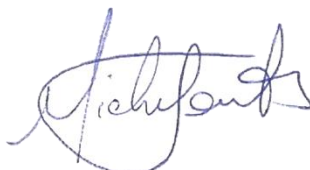
Prezada,

Apresentamos o relatório técnico de revisão do projeto e disposição de drenos, filtros, medidores de vazão e seus processos executivos, em atendimento à letra “K” do Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta, celebrado entre a HYDRO, ALUNORTE 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 DRS1 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-RT13-02

# RELATÓRIO TÉCNICO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1

CLIENTE:



PROJETO:

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

**BARCARENA - PA**



Agosto /2023



## 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>10</b>
<b>5. APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA.....</b>	<b>11</b>
5.1 LOCALIZAÇÃO .....	14
5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	20
5.2.1 <i>Histórico de Investigações</i> .....	22
5.2.2 <i>Geologia Local</i> .....	23
5.3 DRENAGEM INTERNA .....	24
5.4 SISTEMA EXTRAVASOR E DRENAGEM SUPERFICIAL .....	24
5.5 INSTRUMENTAÇÃO .....	25
5.6 FECHAMENTO DO DEPÓSITO DRS1 .....	25
<b>6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>7. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....</b>	<b>29</b>
7.1 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO DRS1.....	30
7.2 DRENAGEM SUB SUPERFICIAL DA REABILITAÇÃO DO DRS1.....	34
<b>8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>9. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</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 (As bacias operacionais são BC1, BC 2, BC 3, BC 5 e BC 6; e as bacias descaracterizadas são BC4 e BC7)
- CL – Célula Leste
- 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
- MPF – Ministério Público Federal

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

- MPPA – Ministério Público do Estado do Pará
- MPMSA – 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 do 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

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

elaboração de auditoria da segurança e estabilidade dos depósitos de resíduos sólidos - DRS1 e DRS2, do termo de compromisso de ajustamento de conduta, Inquérito Civil - IC n° 001/2018 - MP (SIMP n°000654 -710/2018) MPPA, Inquérito Civil n° 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, ALUNORTE 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;



## AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1

- 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 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;

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

- 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 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 **K)**, Revisão do projeto e disposição de drenos, filtros, medidores de vazão e seus processos executivos.

## 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 **“k) Revisão do projeto e disposição de drenos, filtros, medidores de vazão e seus processos executivos;”**, para o depósito de rejeitos DRS1.

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

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

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 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 K)**, objeto desse relatório.

*Para o DRS2 será avaliado o dimensionamento técnico do sistema de drenagem interna, medidores de vazão e outros dispositivos para controle do fluxo interno de água na estrutura.*

*O DRS1 não dispõe de sistema de drenagem interna pelo próprio conceito de projeto da estrutura. Será verificado se a ausência de projeto desses dispositivos pode apresentar alguma fragilidade do ponto de vista estrutural na sua operação.*

*Espera-se concluir se foram utilizadas boas práticas de engenharia e critérios consagrados para dimensionamento e construção dos sistemas de drenagem interna, filtros, medidores de vazão e outros dispositivos correlatos, caso existam.*

### **3. DADOS UTILIZADOS**

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

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

**Tabela 3.1 – Documentos recebidos e utilizados na elaboração deste estudo**

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

<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 AVILA	29/07/21
D1-3540-54-G-1103 R01	ÁREA 54A-DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - DRS1 – PROJETO AS IS – EXPANSÕES DO DEPÓSITO - PLANTA	PIMENTA DE AVILA	02/06/21
D1-3540-54-G-022 R09	DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - ÁREA 54A - PROJETO EXECUTIVO - CÉLULA LESTE CL3 - PLANTA DE LOCAÇÃO DOS EIXOS	PIMENTA DE AVILA	01/07/12
MD-3540-54-G-091 R04	Memorial Descritivo do Projeto de Expansão do DRS Célula Leste	PIMENTA DE AVILA	01/07/10
D1-3540-54-G-096 R01	DEPÓSITO DE REJEITOS SÓLIDOS - ÁREA 54A - EXPANSÃO DO DRS PARA LESTE - CÉLULA LESTE - CL1/CL2/CL3 - PLANTA GERAL	PIMENTA DE AVILA	01/02/10
OM-8400-54-G-069 R01	MANUAL DE PLANEJAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO	LPS ENGENHARIA E CONSULTORIA	14/12/2018
D1-8400-54-G-421 01	ÁREA 54A-DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - DRS1 – REABILITAÇÃO – PROJETO EXECUTIVO – CAMADAS DE COBERTURA SEÇÕES E DETALHES	LPS ENGENHARIA E CONSULTORIA	19/04/2022
D1-8400-54-G-426 01	ÁREA 54A-DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - DRS1 – REABILITAÇÃO – PROJETO EXECUTIVO – DRENAGEM SUPERFICIAL SEÇÕES E DETALHES	LPS ENGENHARIA E CONSULTORIA	19/04/2022
CI-RAE-086-1996_JULHO_1996_ENCAMINHAMENTO PROJETO SECTAM	Memorial Descritivo 1ª expansão DRS1	ALUNORTE	1996
D1_3000_54_G_011_00_AREA 54A	2ª fase de expansão do DRS1 – Projeto de drenagem. Planta, cortes e detalhes	ALUNORTE	1996

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

CÓDIGO	TÍTULO DO DOCUMENTO	ELABORADO POR	DATA
D1_3000_54_G_036_00_AREA 54A	3ª fase de expansão do DRS1 – Projeto de drenagem. Planta, cortes e detalhes	ALUNORTE	1997

#### 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 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;

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

- Considerações finais;
- Referências bibliográficas.

## **5. APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA**

Conforme indicado no Relatório Técnico do Projeto “As Is”, elaborado pela PIMENTA DE AVILA em 2021, doc. RT-3540-54-G-570-R01, o depósito DRS1 foi projetado para armazenar os resíduos industriais advindos do beneficiamento da bauxita. Até o ano de 2005, os resíduos industriais eram provenientes exclusivamente do beneficiamento da bauxita da Mineração Rio do Norte (MRN) e, posteriormente a esta data, iniciou-se o beneficiamento da bauxita proveniente da Mineração Bauxita Paragominas (MBP).

O relatório acrescenta que, até novembro de 2018, o sistema utilizado pela ALUNORTE para desagüamento dos resíduos era por filtro tambor, obtendo-se um resíduo com cerca de 60% de teor de sólido. A partir de novembro de 2018, passou-se a utilizar o sistema de filtragem do resíduo por filtro prensa, obtendo-se um teor de sólidos de aproximadamente 78%.

No doc. RT-3540-54-G-570-R01, a PIMENTA DE AVILA (2021) informa que o início da construção do DRS1 ocorreu em 1994. A Figura 5.1 indica os elementos existentes no DRS1 e, a seguir, apresenta-se a sequência construtiva do DRS1:

- 1994/1995 – Implantação da Célula Inicial em etapa única;
- 1997 – Implantação das Células 1 e 2 em etapa única;
- 1998 – Implantação das Célula 3 em etapa única;
- 1999 – Implantação das Células 4 e 5 em etapa única;
- 2000 – Implantação das Célula 6 em etapa única;
- 2003 – Implantação das Célula 7 em etapa única;

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

- 2004-2006 – Alçamento a jusante dos diques periféricos das células existentes;
- 2006/2007 – Implantação das Célula Sul em etapa única;
- 2009/2010 – Implantação da Célula Leste 1 (CL1) em etapa única;
- 2009/2010 – Implantação das Bacias de Controle BC3 e BC4;
- 2010 – Implantação da Célula Leste 2 (CL2) em etapa única;
- 2011/2012 – Implantação da Célula Leste 3 (CL3) em etapa única;
- 2012 – Implantação das Bacias de Controle BC5 e BC6;
- 2019 – Implantação do Acesso Externo à Célula Leste 3 (CL3).



**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

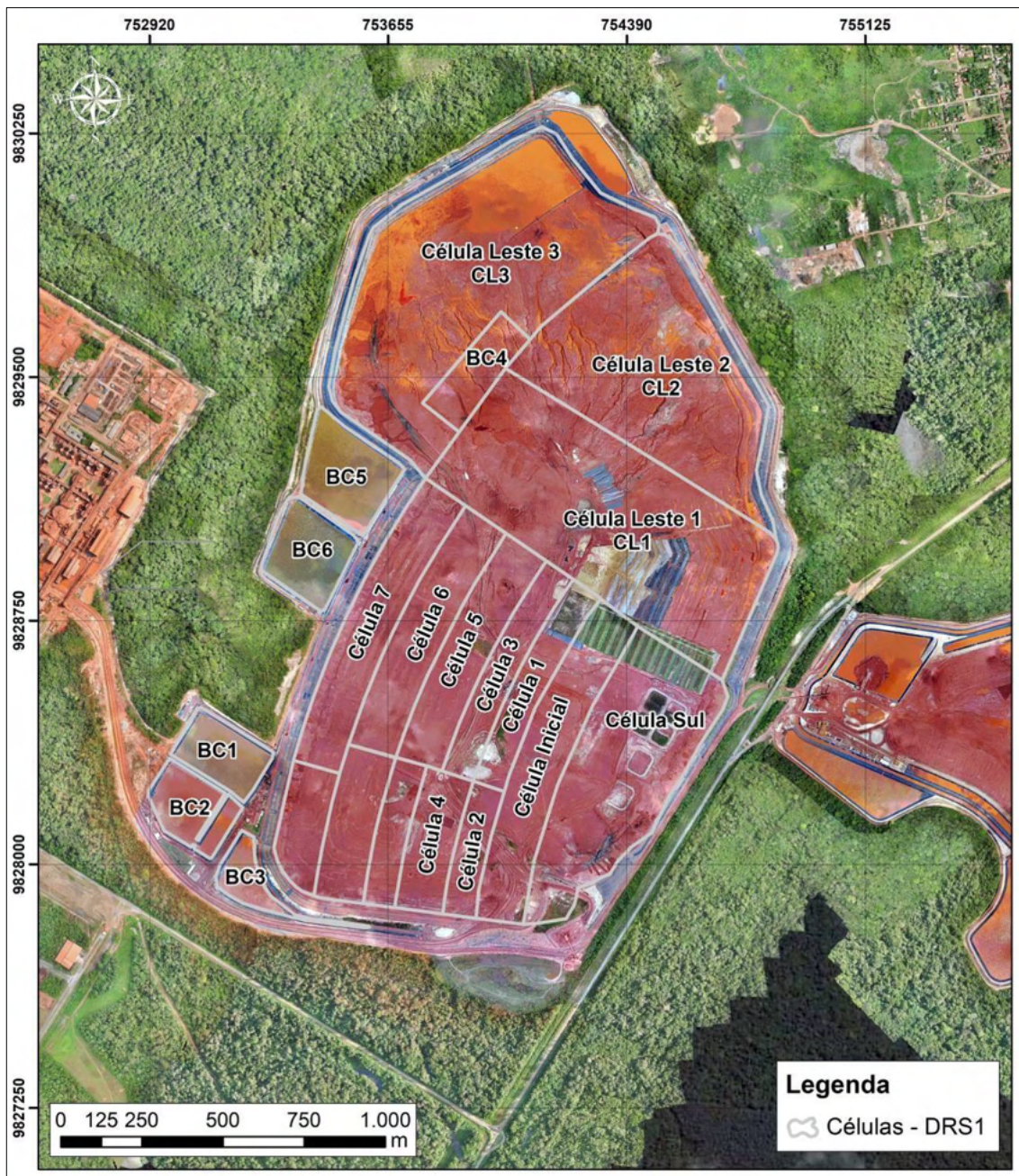


Figura 5.1 – Identificação das células e bacias de contribuição do DRS1 (Pimenta de Avila, 2021).

A partir de 2003, com o projeto de implantação da célula 7, a PIMENTA DE AVILA assumiu a função de projetista do DRS1, responsabilizando-se pela elaboração dos projetos posteriores a esta data. Acrescenta-se que a nomenclatura “DRS1” passou a ser

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

utilizada após a implantação da Célula Sul. Anteriormente, o depósito era referido como “DRS – Área 54A”.

## 5.1 LOCALIZAÇÃO

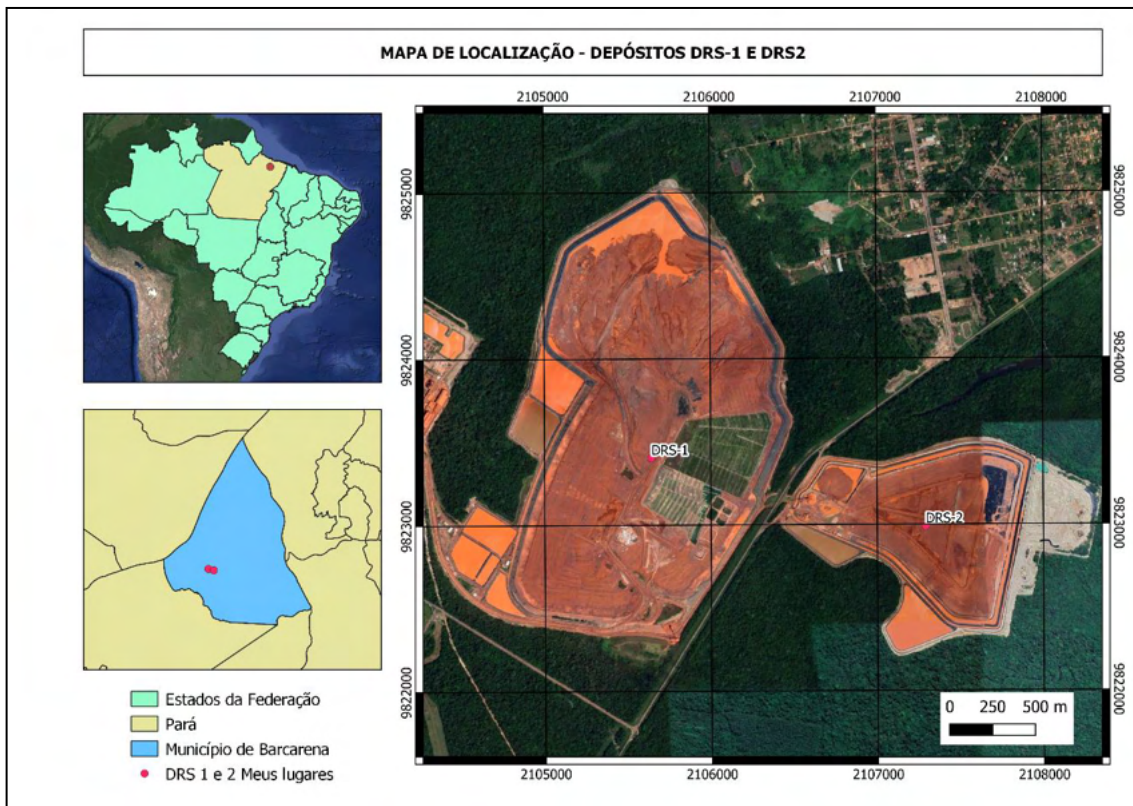
Localizados no município de Barcarena, no estado do Pará, o sistema de disposição de resíduos pertencente à ALUNORTE é composto pelos Depósitos de Resíduos Sólidos DSR1 e DSR2 e situa-se em torno das coordenadas UTM/DATUM SIRGAS 2000 754.812 E e 9.828.482 S.

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.



**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**


**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).

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 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, identificam-se as comunidades Água Verde, Boa Vista, Bom Futuro, Itupanema, J. Cabanos, J. Independência, J. Paraíso, Jardim das Palmeiras, Laranjal, Murucupi, Nazaré, Nossa Sra. De Fátima, Novo Horizonte, Novo Paraíso, Pioneiro, Renascer com Cristo, São José, Vila Nova e Vila São Francisco. Além das comunidades

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

Quilombolas Gibrié de São Lourenço, Sítio Conceição, Sítio Cupuaçu/Boa Vista, Sítio do Burajuba e Sítio São João.



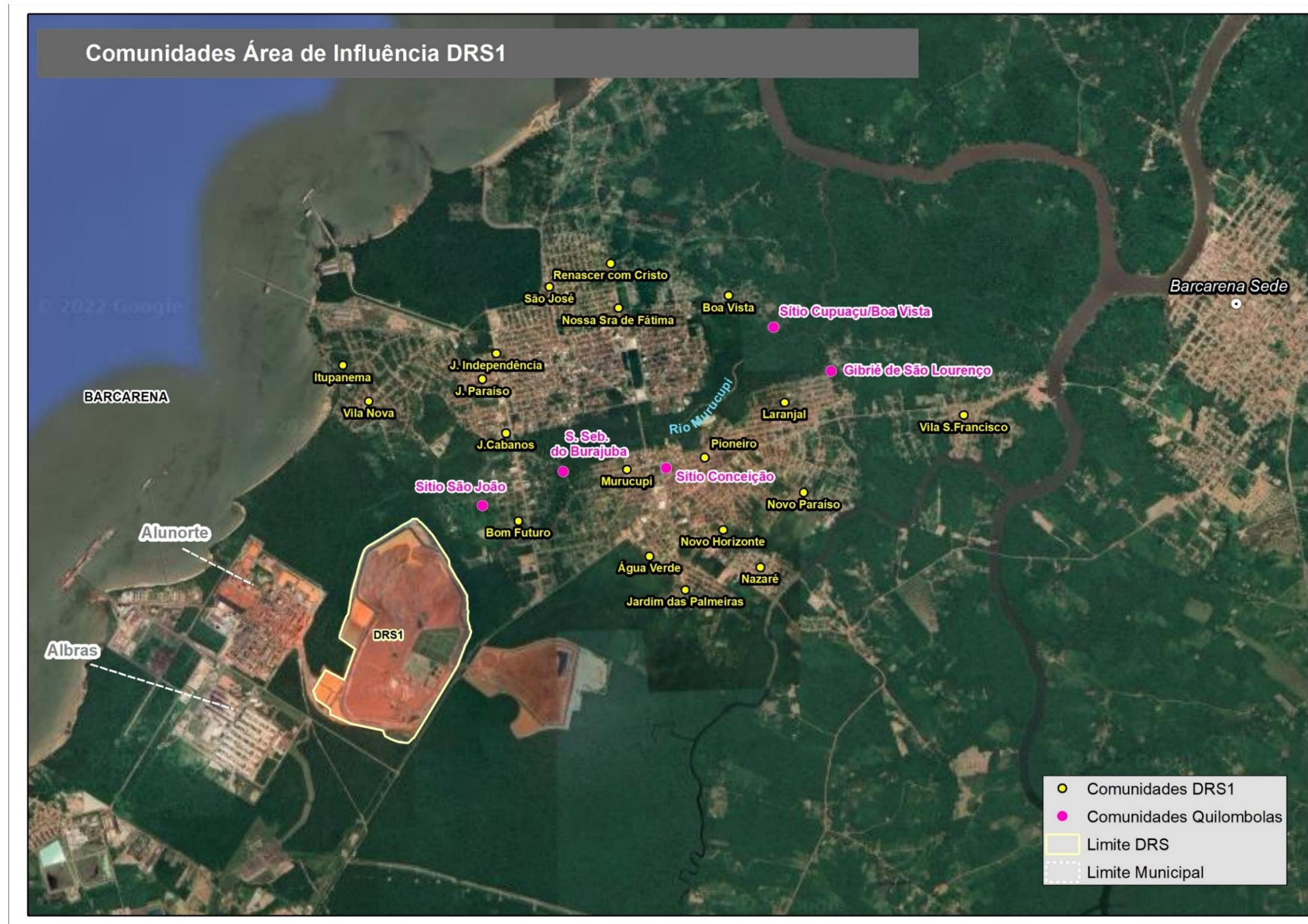


Figura 5.3 – Localização das comunidades próximas aos depósito DRS1 (Imagem fornecida pela equipe técnica da HYDRO/ALUNORTE)

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</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 DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**



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



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

## 5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo encontra-se inserida no contexto geológico dos sedimentos cenozóicos (< 65,5 milhões de anos) individualizados nas formações: Pirabas e Barreiras, além de 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 DRS1 encontra-se sobre Sedimentos Pós-Barreiras.

Ocupando uma área de aproximadamente 12000 m<sup>2</sup>, que se estende desde a 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.

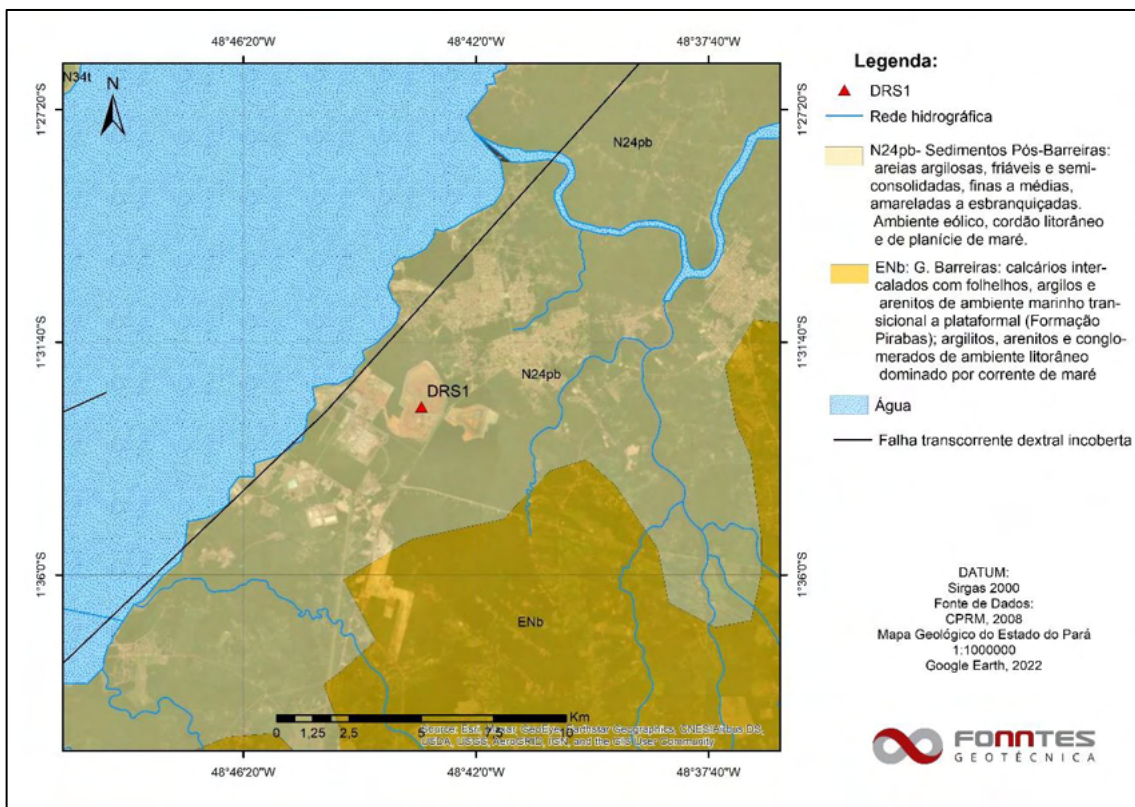
O Grupo Barreiras, também denominado por alguns autores de Formação Barreiras, aflora na costa brasileira, quase continuamente desde o Pará até o Rio de Janeiro. O grupo é constituído por sedimentos de origem continental pouco litificados, oriundos da ação do intemperismo e ciclos geológicos ocorridos 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, 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. Trata-se de areias consolidadas e semi-



**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

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 DRS1**

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 Figura 5.5 indica que as duas estruturas 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 (Figura 5.5), não sendo essas consideradas inconsistências.

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**
**5.2.1 Histórico de Investigações**

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 DRS1**

CAMPANHA	EMPRESA	ANO	DOCUMENTO
Alteamento das Paredes – 7ª Fase de Expansão – 2003	WS – Geotecnia Ltda	2003	Documento 085/2003
Alteamento das Paredes – 7ª Fase de Expansão – 2003	Geolabor	2003	TLF-2881/0
Projeto de Alteamento da Parede Oeste – Área	WS – Geotecnia Ltda.	2005	Desenho D1-3540-54-G-090
Projeto do Dique de Partida – Célula Sul	Solotécnica Engenharia Ltda.	2006	Documento 073/2006
Expansão do DRS para Leste – CL1/CL2/CL3 – 1ª Etapa	WS-Geotecnia Ltda.	2008	Desenho D1-3540-54-G-093 e documento MD-3540-54- G-091
Expansão do DRS para Leste – CL1/CL2/CL3 – 2ª Etapa	WS-Geotecnia Ltda.	2010	Desenhos D1-3540-54-G-023 a D1-3540-54-G-025 (planta e seções)
Acesso DRS1-DRS2, área de filtragem, desvio e travessia da PA-481	Solotécnica	2014	Documento RT-3541-34-L- 016 e desenhos D1-3541-54- L-008 a D1-3541-54-L-015.
Estudos Geológicos da Fundação – Correia C-34e-04	GEONORT	2015	Documento nº 019/2016
Acesso Externo à CL3	Enviro-Tec	2019	Boletins referentes ao contrato referente ao contrato 4600006593-TAC4 e desenhos D1-3540-54-G- 601 a D1-3540-54-G-603
Instrumentação Complementar – 2019/2020	3Geo Consultoria	2019/2020	Relatório RT-467309-54G- 003

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

CAMPANHA	EMPRESA	ANO	DOCUMENTO
Caracterização dos materiais do reservatório	Fugro In Situ Geotecnia Ltda	2021	RT-468603-54-L-0002 R00, RT-468603-54-L-0003 R00 e RT-468603-54-L-0004 R00

### 5.2.2 Geologia Local

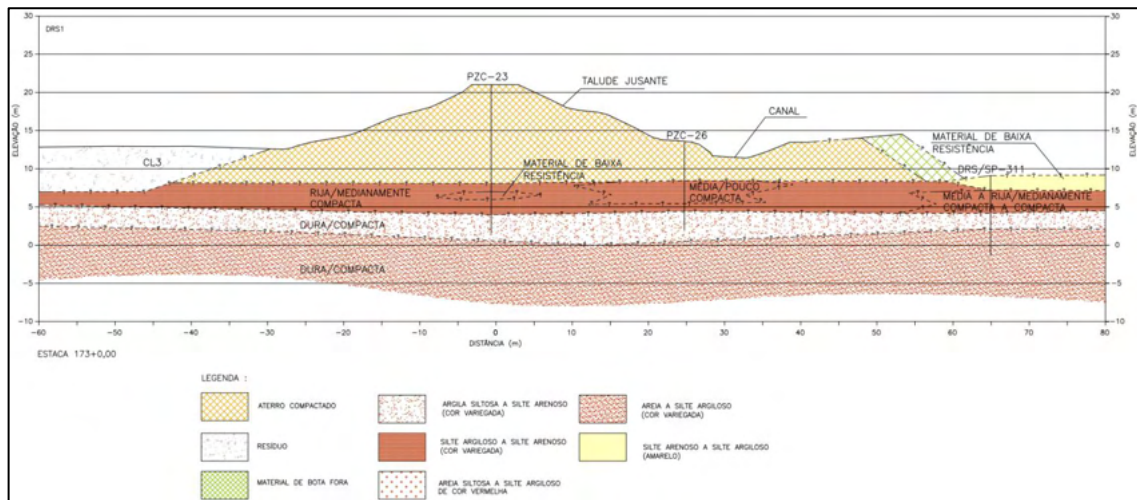
Nesse subitem é apresentada uma síntese do estudo de geologia local desenvolvido no relatório técnico do projeto “As Is”, doc. RT-3540-54-G-1014, elaborado pela empresa PIMENTA DE ÁVILA.

A estrutura DRS1 encontra-se sobre fundação que varia entre materiais predominantemente argilosos a arenosos, com coloração variegada e pontualmente é possível observar a presença de pedregulhos. A camada inferior é caracterizada por apresentar composição silto arenosa a silto argilosa e NSPT variando entre 13 e 35, sendo a média igual a 20. A camada superior apresenta predominantemente material de composição arenosa, com ocorrências de silte e argila. O índice de NSPT varia entre 20 e 34 e o valor médio encontrado é igual a 25.

Na região de jusante do canal de contorno da estrutura, é possível observar a ocorrência de materiais de botá fora, e próximo à estaca 275 ocorrem detritos vegetais e resíduos, de coloração cinza escura e índice de NSPT inferior a 5 golpes.

O aterro é formado por solos argilo-siltosos a silto-arenosos com coloração variegada. Pontualmente é observada a presença de pedregulhos que interferem nos resultados do NSPT, sendo o valor mínimo de NSPT observado igual a 5 e o máximo igual a 54.

A Figura 5.6 apresenta a seção típica que representa a área de interesse.

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**


**Figura 5.6 – Seção típica da área de estudo. (Fonte: RT-3540-54-G-1014)**

### 5.3 DRENAGEM INTERNA

Os diques do DRS1, bem como todo o reservatório, os canais de contorno e as bacias de controle, são revestidos com geomembrana PEAD, com espessuras de 1,0 mm e 1,5 mm, variando conforme o ponto de instalação do material. Sendo assim, os diques não apresentam sistema de drenagem interna por serem impermeabilizados.

Os relatórios FG-2201-NHB-A-BA-RT11-00, FG-2201-NHB-A-BA-RT12-00, FG-2201-NHB-A-BA-RT21-00 e FG-2201-NHB-A-BA-RT22-00, referentes aos itens N e O do termo de referência do TAC 3.1, trazem com maior detalhamento avaliação quanto ao material utilizado na impermeabilização dos depósitos e suas características mecânicas de resistência.

### 5.4 SISTEMA EXTRAVASOR E DRENAGEM SUPERFICIAL

Conforme indicado no doc. RT-3540-54-G-570-R01, elaborado pela PIMENTA DE AVILA (2021), o sistema extravasor do DRS1 é composto por 40 rápidos de concreto localizados nos diques periféricos do DRS1. Os rápidos direcionam os efluentes do reservatório do depósito e as águas superficiais para os canais de contorno. Na sequência, o fluxo é

encaminhado para as bacias de controle, que armazenam e direcionam os efluentes do sistema para a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais ETEI.

Os canais de contorno circundam todo o depósito DRS1 e são divididos em canal norte, sul, leste, oeste e canal CL3. As bacias de controle do depósito são denominadas BC1, BC2, BC3, BC5 e BC6.

## 5.5 INSTRUMENTAÇÃO

Segundo o doc. RT-3540-54-G-570-R01, elaborado pela PIMENTA DE AVILA (2021), os diques do depósito DRS1 conta com uma série de instrumentos para monitoramento geotécnico, incluindo 35 piezômetros Casagrande, 21 medidores de nível d'água, 113 marcos superficiais, 31 poços de monitoramento. Os níveis das bacias de controle são registrados por meio de réguas limnimétricas.

Além disso, as pilhas de resíduos contam com 43 piezômetros elétricos de corda vibrante e oito poços de monitoramento e os aterros experimentais possuem um total de 24 piezômetros elétricos, 24 marcos superficiais, 9 poços de monitoramento e medidores de vazão.

## 5.6 FECHAMENTO DO DEPÓSITO DRS1

O “Manual de Planejamento de Implantação e Operação” relativo ao Projeto de Reabilitação do DRS1, elaborado pela LPS em 14/12/18, doc. OM-8400-54-G-069 R01, apresenta a reabilitação do DRS1. Este processo engloba:

- uma camada de conformação com rejeito filtro prensa densificado assente sobre perfil estabilizado da superfície do depósito;
- uma camada de areia ou geossintético drenante de bloqueio/ sistema de drenagem subsuperficial;

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

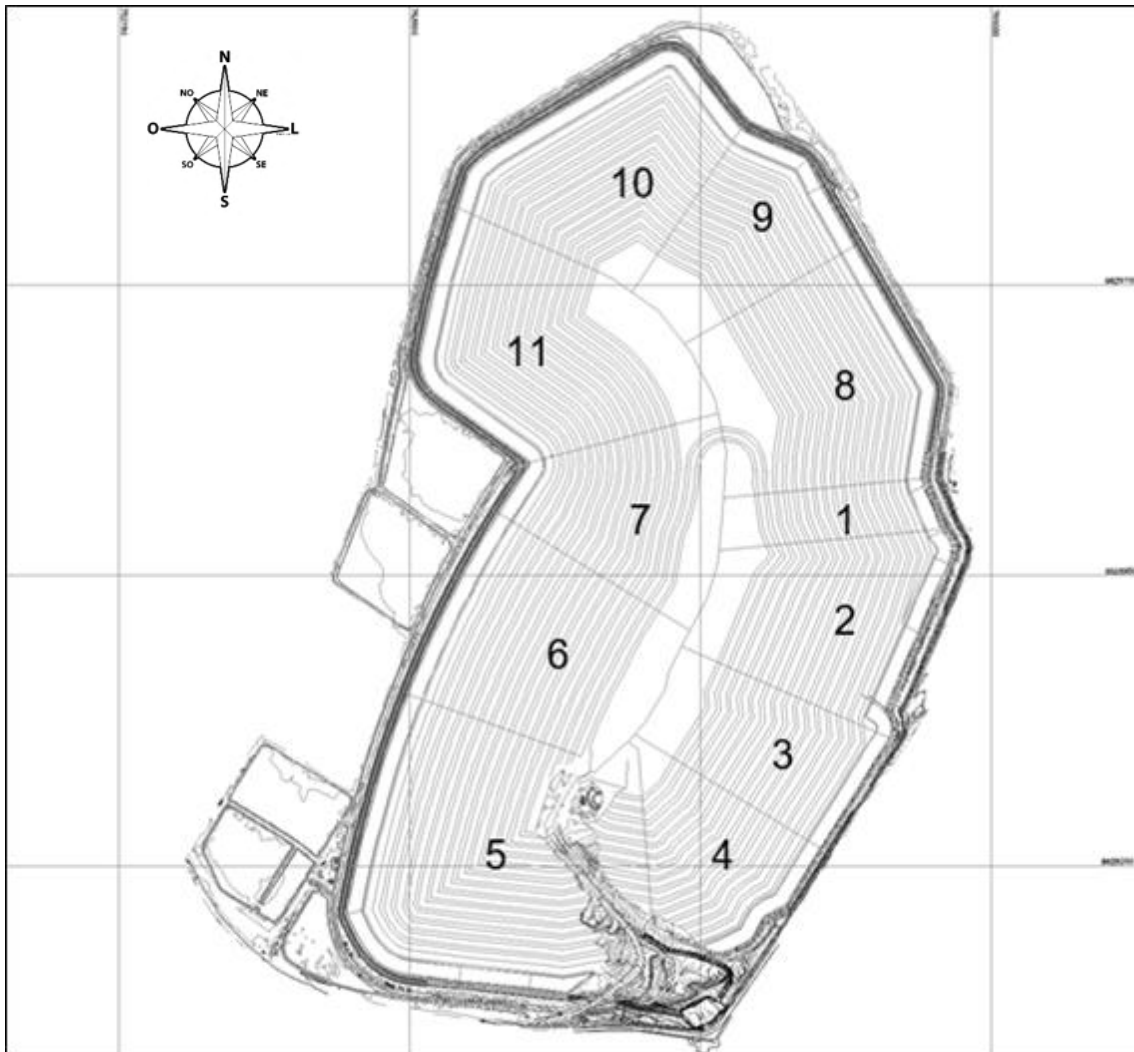
- duas camadas de solo, sendo a primeira de cobertura com solo local com espessura média de 60cm e a segunda camada de solo vegetal com 20cm de espessura;
- sistema de drenagem superficial definitivo, destinado à captação e coleta dos escoamentos de água de chuva e posterior encaminhamento para os canais periféricos limpos a serem construídos;
- sistema de drenagem subsuperficial robusto em cascalho e tubos drenantes na região do buffer, que se apoia sobre geotêxtil tecido sobre resíduo escavado e é sobreposta por uma camada de cobertura final de geotêxtil não tecido e geomembrana de PEAD.

A reabilitação prevista contempla 11 faixas entre o topo do depósito e a crista do dique periférico, conforme pode ser observado na Figura 5.7. A reabilitação foi iniciada pela Faixa 2, localizada no Setor Sul (Faixa 1 a 4), cujo término de operação ocorreu em 2009.

Na sequência, será realizada a reabilitação do Setor Norte (Faixas 5 e 6), cujo término de operação foi em 2007. Após o preenchimento da Faixa 6, será realizado o preenchimento horizontal da CL3, iniciando desde o fundo da célula até a cota 20,00 m e prosseguindo, ainda horizontalmente, no trecho sobre a área da CL3 para conformar os taludes, em forma de cone, até que seja atingida a cota do platô. As fases finais de reabilitação comportam as faixas 7, 8, 9, 10 e 11, sendo as faixas 7 e 8 executadas em trecho de transição para as áreas de reabilitação sobre a CL3, já preenchida e conformada em taludes.

O projeto prevê a implantação da camada de conformação em faixas do topo até a crista de dique de partida, de forma a evitar erosões e retrabalhos. Estes sub-trechos (faixas) possuem largura variável, conforme volume de destinação de rejeito de filtro prensa ao DRS1 por ano.



**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

**Figura 5.7 – Faixas de reabilitação do DRS1 (Doc. OM-8400-54-G-069 R01)**

A Figura 5.8 apresenta a situação da FAIXA 2 (Vide Figura 5.7), em processo reabilitação, durante visita técnica de campo realizada pela FONNTES no dia 09/02/2022.



**Figura 5.8 – Vista da FAIXA 2 no DRS1 em processo de reabilitação (Fonte: Visita Técnica realizada em 09/02/2022)**

O projeto pressupõe que após o término da reabilitação de cada faixa, inclusa área de buffer, todo deflúvio seguira para caixa de passagem instrumentada, estando dentro dos parâmetros físico químicos CONAMA, seguirão através de uma comporta automática para uma segunda caixa onde os parâmetros definidos são novamente medidos e confirmando a conformidade poderão ser enviados ao corpo receptor, meio ambiente (após licença da SEMAS), em qualquer situação de desvio serão lançados no canal periférico que segue para tratamento na estação de tratamento de efluentes.

## **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



		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

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 D)**, objeto desse relatório, e reproduzida a seguir.

O DRS1 não foi concebido com um conceito de sistema de drenagem interna. Isso se justifica pelo fato dos diques de contorno, do reservatório, dos canais de contorno e das bacias de controle, serem todos revestidos com geomembrana PEAD, com espessuras de 1,0 mm e 1,5 mm, variando conforme o ponto de instalação do material.

Neste caso, para efetuar revisão do projeto e disposição de drenos, filtros, medidores de vazão e seus processos executivos, em atendimento à letra (K) do TAC 3.1, será verificado se a ausência de projeto do sistema de drenagem interna pode apresentar alguma fragilidade do ponto de vista estrutural na sua operação. Também será indicado se a ausência do sistema de drenagem no DRS1 está de acordo com as boas práticas de engenharia atuais considerando o conceito do projeto.

## **7. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

Composto por drenos, filtros e medidores de vazão, o sistema de drenagem interna de uma estrutura geotécnica tem como função disciplinar as águas percoladas pelo corpo do dique ou barramento e medir a vazão percolada ao longo do tempo como forma de monitoramento. Por meio do sistema de drenagem, as águas percoladas são direcionadas de forma controlada e com baixos gradientes hidráulicos até o ponto de saída da estrutura, dessa forma, evita-se a saturação completa do maciço.

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

O DRS1 possui diques de contorno que são impermeabilizados tanto no talude de montante como no de jusante. Por consequência, não existe justificativa para a implantação de drenagem interna, uma vez que não é prevista a ocorrência de percolação de água pelo maciço proveniente dos resíduos armazenados tampouco da água de chuva.

Dessa forma, a FONNTES entende que, caso a geomembrana de PEAD tenha sido instalada adequadamente e cumpra sua função de impermeabilização, não há a necessidade de implantação de um sistema de drenagem interna para os diques de contorno do DRS1.

O adequado funcionamento da geomembrana pode ser aferido por meio do monitoramento dos poços de monitoramento ambiental e monitoramento da instrumentação disponível nos diques de contorno. Além disso, a documentação de instalação da geomembrana ajuda a elucidar a qualidade da construção. A seguir são citados alguns detalhes sobre esses temas que também estão contidos em outros relatórios do TAC 3.1.

### **7.1 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO DRS1**

A célula inicial, 1ª, 2ª e 3ª expansão do DRS1 apresentam uma diferença no que diz respeito ao sistema de drenagem. Estas células apresentam trincheiras drenantes que tinham o papel de escoar as águas precipitadas dentro do depósito no período inicial de operação, antes da ocupação das células pelo resíduo. As trincheiras foram implantadas sobre a geomembrana PEAD (Documentos “Memorial Descritivo 1ª expansão DRS1 - CI-RAE-086-1996\_JULHO\_1996\_ENCAMINHAMENTO PROJETO SECTAM”; “D1\_3000\_54\_G\_011\_00\_AREA 54A” e “D1\_3000\_54\_G\_036\_00\_AREA 54A”, respectivamente).

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

Conforme o Memorial Descritivo do DRS1 – 1ª fase de expansão (Documento “Memorial Descritivo 1ª expansão DRS1 - CI-RAE-086-1996\_JULHO\_1996\_ENCAMINHAMENTO PROJETO SECTAM”), as trincheiras apresentam seção trapezoidal preenchida em areia, tendo no interior um tubo perfurado envolto com manta geotêxtil.

A partir da 5ª expansão do DRS1, não foi mais necessária trincheira drenante em função da nova configuração de sua drenagem superficial. Conforme memorial descritivo da 5ª fase de expansão do DRS1 (MD-3000-54-G-001), o teor de sólidos do material sobre o depósito atinge 72% após evaporação de parte da água, dispensando a necessidade de drenagem de água remanescente no interior da célula. No entanto, em função do elevado índice pluviométrico, foi previsto uma rede com 11 canais rápidos localizados ao longo da extensão do dique de jusante da célula, os quais apresentavam a finalidade de escoar as águas para a bacia de controle preliminar e por fim para a bacia de controle final. Este arranjo é ilustrado na Figura 7.1 e pode ser visto em planta na Figura 7.2.

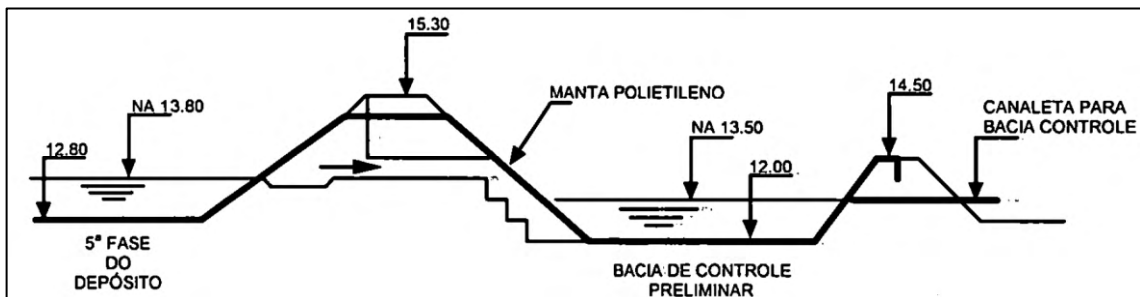


Figura 7.1 – arranjo dos rápidos da 5ª célula de expansão do DRS1 (MD-3000-54-G-001)

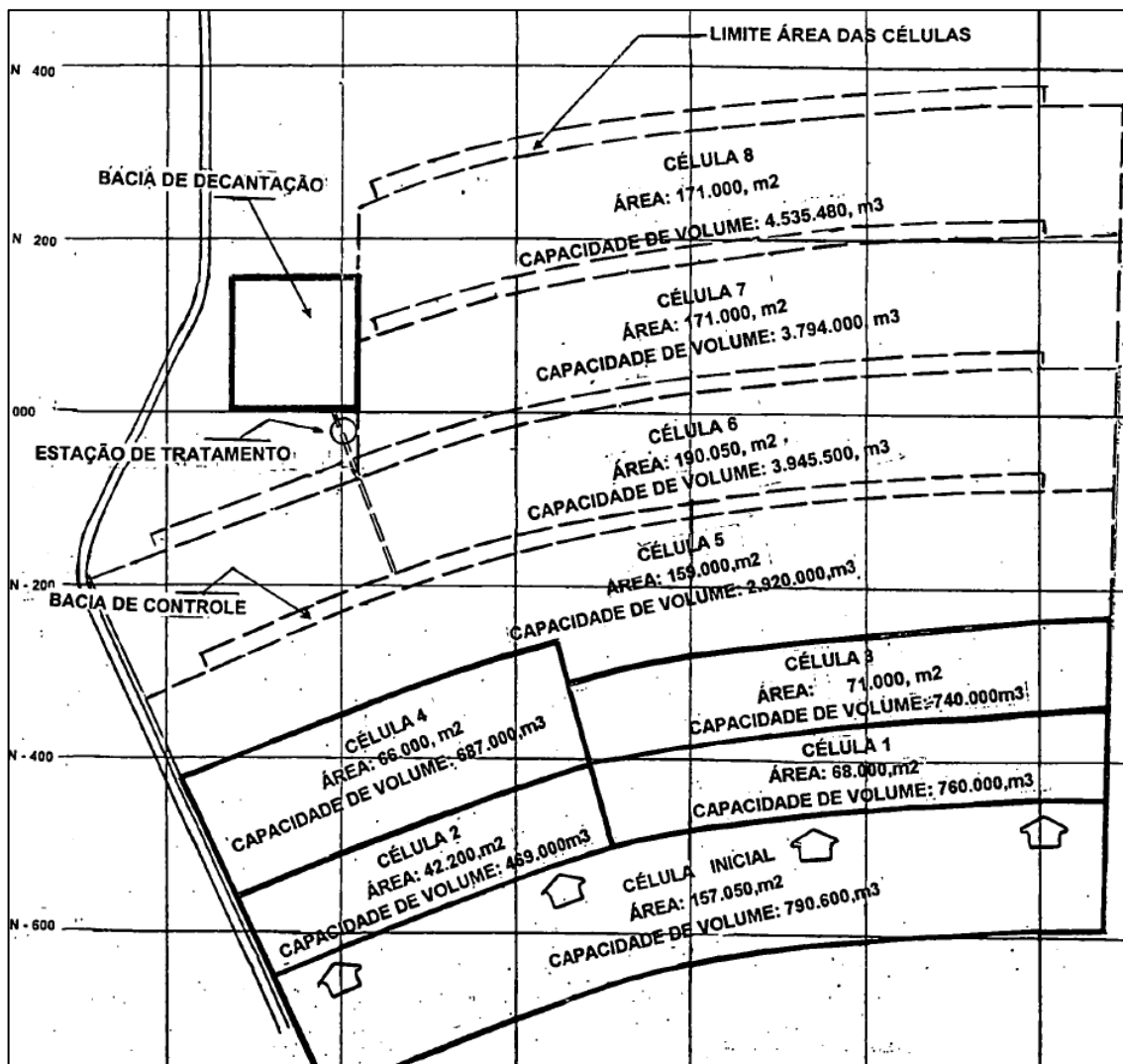
**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**


Figura 7.2 – Localização em planta da 5ª fase de expansão do DRS1 (MD-3000-54-G-001)

O sistema de impermeabilização dos diques, reservatório e canais de contorno é analisado em detalhes no relatório que responde a Letras “O” do TAC 3.1 – “Interpretação dos Ensaios Destrutivos e Não Destrutivos Para Verificação da Estandueidade da Geomembrana” e relatório que responde a Letra “D” – “Análise Qualitativa de Instrumentação Com Vistas a Determinação da Densidade de Drenagem, a Fim de Aferir o Comprometimento das Águas Superficiais e Subterrâneas”.

		<b>AUDITORIA DE SEGURANÇA</b>
<b>AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1</b>		

O relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT11, que diz respeito à letra **Q**, apresenta o seguinte trecho de sua conclusão, reproduzida abaixo:

*“Conclui-se que é possível afirmar que foram seguidos os padrões e regulamentações existentes à época da implantação da geomembrana impermeabilizante de cada célula do DRS1, tendo sido adotados critérios muitas vezes conservadores e mais restritivos que as normas vigentes.*

*(...). A correta leitura e interpretação da instrumentação à luz do estudo de background ambiental, irá verificar se de fato a geomembrana está cumprindo o seu papel. Maiores detalhes sobre a instrumentação de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e seu relatório com a geomembrana de PEAD podem ser consultados no relatório que responde à pergunta de letra D da TAC 3.1, FG-2201-NHB-A-BA-RT07.”*

Continuamente, o relatório FG-2201-NHB-A-BA-RT07, que diz respeito à Letra D do TAC 3.1, um trecho de sua conclusão é reproduzido a seguir:

*“Em relação ao monitoramento das águas subterrâneas, entende-se que a distribuição dos poços e frequência de medições está adequada para a finalidade de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. Tendo sido estes parâmetros e frequência estabelecidos na condicionante da Licença de Operação da ALUNORTE e que são reportados periodicamente à SEMAS/PA. Entretanto, caso sejam identificados valores atípicos em alguns dos poços, a malha de monitoramento poderá ser complementada.*

*Ademais, recomenda-se que sejam avaliados todos os parâmetros da lista completa do art. 34 da resolução CONAMA 396/2008, no mesmo padrão que já é feito no DRS2 por iniciativa da própria ALUNORTE. Por fim, recomenda-se que*

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

assim como ocorre a avaliação periódica dos resultados de monitoramento da Instrumentação trimestralmente, seja realizada avaliação por especialistas internos ou externos à HYDRO, ALUNORTE dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, para detectar possíveis anomalias.

Da mesma forma, conforme relatórios citados, não há indícios de comprometimento da estanqueidade da geomembrana aplicada, o que não indica a existência de fluxo de água através dos diques de contorno.

**7.2 DRENAGEM SUB SUPERFICIAL DA REABILITAÇÃO DO DRS1**

Ao término da disposição de resíduos sobre o DRS1, se faz necessário o fechamento e reabilitação da área, visando evitar impactos ambientais em função da geração de particulado e redução do volume de efluentes provenientes de precipitação pluvial sobre o depósito. Para tanto o Projeto Conceitual de Reabilitação (relatório n.º RT-8400-54-G-053) e Projeto Básico de Encerramento (relatório n.º DB-8400-54-G-002) foram elaborados respectivamente em 2015 e 2017 pela LPS Consultoria e Engenharia LTDA.

A reabilitação está ocorrendo por etapas de acordo com a disposição de resíduos sobre as diferentes áreas do DRS1. As faixas de reabilitação são apresentadas na Figura 7.3, sendo que uma das faixas já executada pode ser verificado na Figura 7.4

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**



**Figura 7.3 – Faixas de reabilitação do DRS1 ao final da etapa de conformação, com resíduo do filtro prensa (Fonte: D1-8400-54-G-114-R03, LPS/2017)**

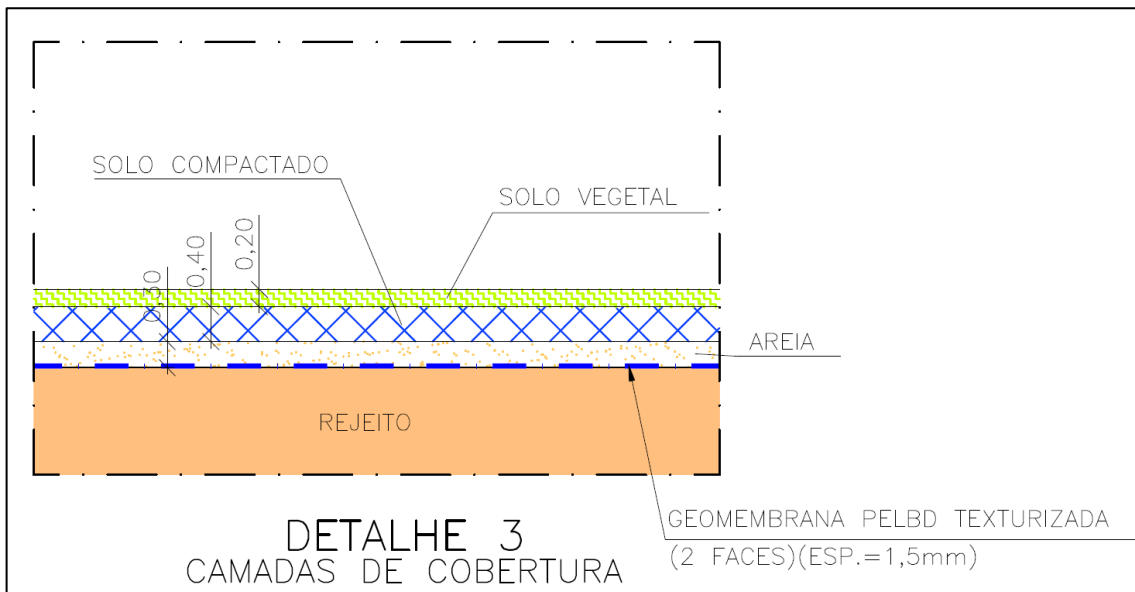




**Figura 7.4 – Faixas de reabilitação do DRS1 durante a visita de campo**

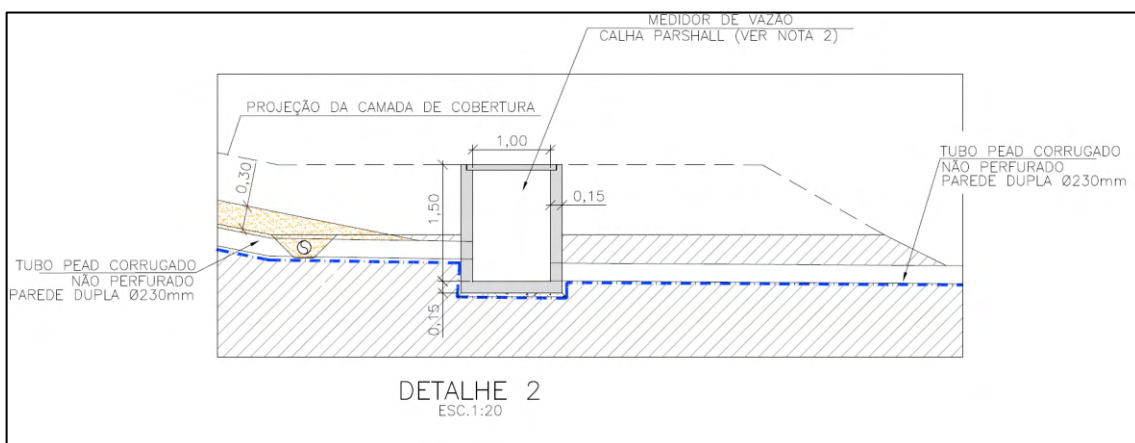
Conforme Manual de Planejamento de Implantação e Operação do DRS1 (documento OM-8400-54-G-069 R01), para a reabilitação do DRS1 é prevista a implantação de uma camada de conformação com rejeito densificado por filtro prensa sobre o perfil estabilizado da superfície do depósito. Sobre esta camada é prevista uma camada de areia ou geossintético drenante para efetuar a drenagem sub superficial. Adjacente a camada drenante é prevista duas camadas de solo, a primeira com solo local e espessura de 60 centímetros, seguida de uma camada de solo vegetal com 20 centímetros de espessura. Uma seção transversal dessas camadas é apresentada na Figura 7.5, retirada do projeto executivo de reabilitação do DRS1.



**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**


**Figura 7.5 – Detalhe relativo às camadas de cobertura da reabilitação do DRS1 (projeto executivo de reabilitação do DRS1 – desenho D1-8400-54-G-421 01)**

Sobre estas camadas é previsto o sistema de drenagem superficial definitivo, responsável por coletar e direcionar de forma ordenada o escoamento superficial para fora do depósito. Todas as camadas são dotadas de coletores do efluente, cada uma com uma caixa de inspeção para medição de vazão (vide Figura 7.6).



**Figura 7.6 – Detalhe da medição de vazão do efluente das camadas (projeto executivo de reabilitação do DRS1 – desenho D1-8400-54-G-426 01)**

Ressalta-se que este é o único sistema de drenagem interna sub superficial projetado para o projeto do DRS1, sendo que este não faz parte da estrutura dos Diques de contorno, mas tem a função de garantir que não exista acumulado de água sobre o sistema após fechamento, de maneira que não ocorra entrada de água para a estrutura.

## **8. CONCLUSÕES**

A estrutura do DRS1, conforme previsto em projeto, não apresenta drenagem interna. Entretanto a célula inicial, 1ª, 2ª e 3ª expansão do DRS1 apresentam trincheiras drenantes longitudinais ao talude de montante dos diques revestidas em geomembrana PEAD, a qual direcionam as águas para um canal aberto e então para a bacia de controle. A partir da 5ª expansão do DRS1, não foi mais necessária trincheira drenante em função da nova configuração de sua drenagem superficial. Conforme memorial descritivo da 5ª fase de expansão do DRS1 (MD-3000-54-G-001), o teor de sólidos do material sobre o depósito atinge 72% após evaporação de parte da água, dispensando a necessidade de drenagem de água remanescente no interior da célula.

Todavia, não há nenhuma evidência de que algum sistema de drenagem interna propriamente dito tenha sido construído. No conceito do projeto foi previsto uma impermeabilização completa dos diques de contorno (taludes de montante e jusante), além dos canais laterais. Portanto, não há fluxo do reservatório para os diques de contorno. Assim, não é de fato necessário um sistema de drenagem interna nos diques pelo conceito do projeto ter sido desenvolvido para que não ocorra percolação através da estrutura dos mesmos.

A não existência de fluxos é evidenciada pelos instrumentos de monitoramento, Indicadores de Nível de Água e Piezômetros, além dos poços de monitoramento ambiental. Na ocorrência de fluxo, os poços de monitoramento ambiental seriam os

**AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1**

primeiros a identificar alguma mudança nas características físico-químicas da água e/ou mudança na concentração de alguns metais. De fato, isso não ocorre atualmente. Entretanto, o monitoramento deve ser contínuo dentro da rotina operacional da estrutura.

Conclui-se que a ausência de projeto do sistema de drenagem interna no DRS1 não acarreta em fragilidade do ponto de vista estrutural na sua operação do depósito. Além disso, pode-se afirmar que a ausência do sistema de drenagem interna no DRS1 está de acordo com as boas práticas de engenharia atuais considerando o conceito do projeto.

É projetado um sistema de drenagem sub superficial que faz parte do projeto de reabilitação da estrutura. Sua função é basicamente ambiental, sem participação na componente estrutural do DRS1. Esse dreno é adequado para o processo de reabilitação. Este sistema de drenagem subsuperficial é conformado em cascalho e tubos drenantes na região do buffer, que se apoia sobre geotêxtil tecido sobre resíduo escavado e é sobreposta por uma camada de cobertura final de geotêxtil não tecido e geomembrana de PEAD. Seu projeto ainda prevê a medição de vazão e verificação da qualidade das águas percoladas, bem como o encaminhamento para estação de tratamento de águas antes de seu lançamento no meio ambiente.

## **9. REFERÊNCIAS**

- i. ALMARAZ, U. J. S. (1977). Aspectos Geoquímicos e Ambientais dos Calcários do Formação Pirabas, Pará. Tese de Doutorado, UFRS, 272 p.
- ii. 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.

## AVALIAÇÃO DO PROJETO E DISPOSIÇÃO DE DRENOS E OUTROS NO DRS1

- iii. 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.
- iv. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Barcarena/PA. População. 2010. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- v. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Educação. 2010b. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- vi. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Economia. 2019. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- vii. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Trabalho e Rendimento. 2020. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- viii. \_\_\_\_\_. Barcarena/PA. Território e ambiente. 2021. Disponível em <[IBGE | Cidades@ | Pará | Barcarena | Panorama](#)>
- ix. MABESOONE, J. M. e CASTRO, C. (1975). Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro. Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, Recife, v.3, p. 05- 35.
- x. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 396**, de 07 de abril de 2008.
- xi. 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