



## **BARRAGEM SÃO DALMÁCIO**

# **RELATÓRIO DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL**

**Data de Emissão: 20/04/2022**

**Contratante: Prefeitura Municipal de São Roque do Canaã**

**Contrato: Nº036/2022**

**Ordem de Serviço: Nº010/2022**

**Profissional Responsável: Eng. Vinícius Rebuli**

**VITÓRIA / ES**

## FICHA RESUMO

CONTRATO	Nº 036/2022	Nº DA ART	0820220068242
----------	-------------	-----------	---------------

REFERÊNCIA	NATUREZA
Especificações Gerais de Projetos de Barragens da SEAG	Barragem de Concreto Armado

### DADOS DA SOLICITAÇÃO

**Solicitante:** Prefeitura Municipal de São Roque do Canaã  
**Objeto:** Projeto de engenharia para a barragem São Dalmácio  
**Objetivo:** Apresentar o relatório de dimensionamento estrutural

### DADOS DO OBJETO

**Endereço:** Estrada São Dalmácio, Distrito Sede, Zona Rural  
**Cidade:** São Roque do Canaã **Estado:** ES  
**Tipologia:** Barragem de concreto proposta em São Roque do Canaã

### FOTOGRAFIA DE IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL



### RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO RELATÓRIO

Eng. Vinicius dos Santos Rebuli - CREA-ES 033166/D

### LOCAL E DATA

Vitória

20/04/2022

# SUMÁRIO

<b>FICHA RESUMO .....</b>	<b>2</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.2 OBJETIVO.....	4
1.3 ORIENTAÇÃO DOS TRABALHOS .....	4
<b>2. LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
2.1 CAMINHO SAINDO DE VITÓRIA/ES .....	5
2.2 MAPA DE SITUAÇÃO DO BARRAMENTO .....	5
<b>3. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL .....</b>	<b>6</b>
3.1 TIPO DE ESTRUTURA ADOTADA .....	6
3.2 CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL .....	6
3.3 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO E CLASSE DO CONCRETO:.....	6
3.4 COBRIMENTO NOMINAL: .....	6
3.5 SOLICITAÇÕES PERMANENTES E VARIÁVEIS: .....	6
3.6 PRÉ-DIMENSIONAMENTO .....	7
3.7 GEOMETRIA GERAL DA BARRAGEM .....	7
<b>4. CÁLCULO ESTRUTURAL .....</b>	<b>8</b>
4.1 CRIAÇÃO DO MODELO .....	8
4.2 PROCESSAMENTO ESTRUTURAL.....	8
4.3 ANCORAGEM.....	9
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>10</b>

# 1. APRESENTAÇÃO

A MILETUS ENGENHARIA LTDA, de acordo com o Contrato Nº 036/2022, firmado com a Prefeitura Municipal de São Roque do Canaã, referente à prestação de serviços para Elaboração de Projeto de Engenharia especializado em Barragens, apresenta o Relatório de Dimensionamento Estrutural da Barragem São Dalmácio.

## 1.2 OBJETIVO

Este relatório tem como objetivo principal apresentar a metodologia, considerações e demais aspectos relacionados à determinação das dimensões, armaduras e materiais usados na barragem São Dalmácio, conforme padrão estabelecido pelos Termos de Referência de Projetos de Barragem da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca – SEAG.

## 1.3 ORIENTAÇÃO DOS TRABALHOS

Consoante os procedimentos técnicos recomendados para projetos do gênero, serão utilizadas as prescrições das normas técnicas vigentes pertinentes ao objeto em questão, a saber, elaboração de projeto de barragens. Entre as normas utilizadas, destaca-se:

- Manual do Empreendedor de Barragens, Vol. V – Diretrizes para Elaboração de Projetos de Barragens – Agência Nacional de Águas (ANA);
- ABNT NBR 6118:2014 – Projeto das estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 13028:2018 – Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos;
- ABNT NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;

Além disso, a elaboração foi guiada por diversas inspeções ao local da implantação da barragem, para avaliação in loco das condições físicas, para realização de estudos e ensaios, como topografia, sondagem, batimetria etc.



## 2. LOCALIZAÇÃO

### 2.1 CAMINHO SAINDO DE VITÓRIA/ES

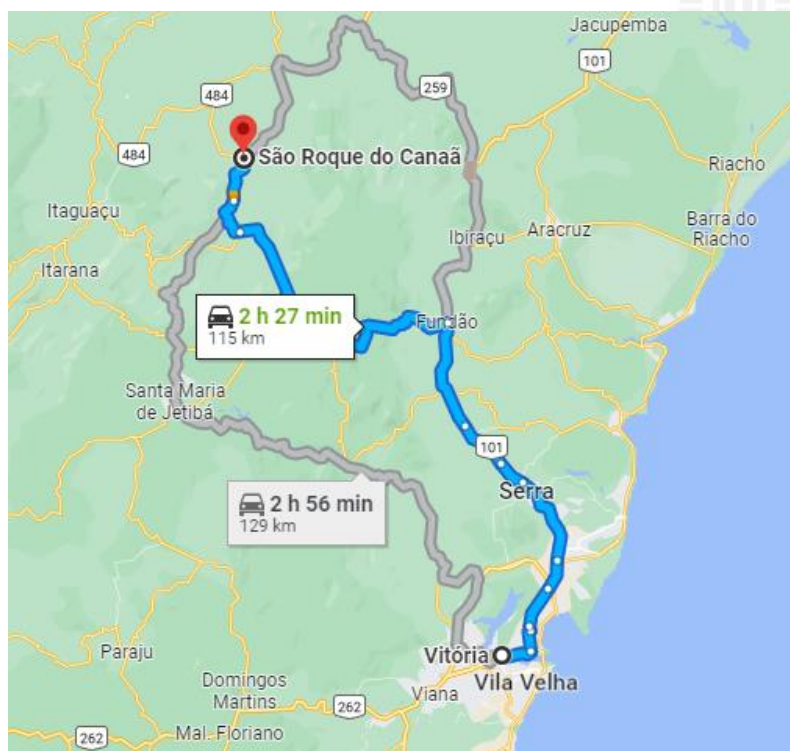


Figura 1: Acesso por Vitória/ES

### 2.2 MAPA DE SITUAÇÃO DO BARRAMENTO



Figura 2: Mapa de situação – Zona Rural de São Roque do Canaã, Rio Santa Maria do Doce (Marcador amarelo indica o local).

### 3. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

#### 3.1 TIPO DE ESTRUTURA ADOTADA

Conforme descrição feita no Relatório de Estudo de Viabilidade, BSD-Vol.01, foi escolhida como solução técnica mais viável a execução de uma barragem de concreto armado, enrijecida com contrafortes, e com um vertedouro de soleira livre para extravasão do reservatório.

A adoção de barragem de concreto é a solução mais viável devido à rocha sã encontrada em baixa profundidade, que servirá como fundação. Já o uso de contrafortes combate o tombamento, solicitação dominante no dimensionamento de barragem.

O uso de vertedouro de soleira livre é o mais econômico para implantação em barramentos de concreto, pois se integra facilmente à concepção estrutural, e possui ainda a facilidade de virtualmente não necessitar de manutenção durante a vida útil.

A fixação do barramento na fundação (ancoragem) deverá ser feita por meio de barras de aço CA-50 fixadas em furos na fundação em rocha sã com resina epóxi. As barras serão então concretadas dentro do barramento, combatendo os esforços de deslizamento.

Os detalhes da execução dos elementos dimensionados neste relatório devem ser consultados no documento de Especificações Técnicas, BSD-Vol.04. As especificações deverão ser seguidas à risca durante a execução da barragem.

#### 3.2 CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Considerando que a barragem de concreto armado estará em contato direto com a água do reservatório e a continuação do córrego, considerou-se ambiente marinho, e adotou-se a Classe de Agressividade Ambiental III, agressividade forte, conforme tabela 6.1 da NBR 6118:2014.

#### 3.3 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO E CLASSE DO CONCRETO:

Considerando Classe de Agressividade Ambiental III, e de acordo com a tabela 7.1 da NBR 6118:2014, adotou-se concreto classe C30 e relação água/cimento  $\leq 0,55$ .

#### 3.4 COBRIMENTO NOMINAL:

Considerando Classe de Agressividade Ambiental III, e de acordo com a tabela 7.2 da NBR 6118:2014, adotou-se cobrimento nominal de 40 mm para todos os componentes em concreto armado do barramento.

#### 3.5 SOLICITAÇÕES PERMANENTES E VARIÁVEIS:

De acordo com o item 5 e 6 da NBR 6120:2019 foram consideradas as seguintes solicitações externas nos cálculos estruturais:

- Peso específico da estrutura de concreto armado:  $25 \text{ kN/m}^3$ ;
- Peso específico da água para empuxo hidrostático e dinâmico:  $10 \text{ kN/m}^3$ .

### 3.6 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

O pré-dimensionamento de uma estrutura consiste em uma estimativa inicial das dimensões das seções transversais dos elementos estruturais, que servirá como base para os cálculos iniciais e verificação da resistência.

Essa estimativa pode ser feita de diversas maneiras, como através de fórmulas simplificadas originadas da resistência dos materiais e da teoria das estruturas, ou mesmo outras fórmulas montadas por engenheiros, baseadas em dados empíricos.

Para a barragem de São Dalmácio, o pré-dimensionamento foi realizado com base na experiência da equipe de engenheiro projetistas em obras de barragens de porte similar. Foram estudados 4 casos de barragens de concreto armado com contrafortes, de altura na mesma ordem de grandeza da barragem São Dalmácio, e foram usados os dados de espessura do paramento e dos contrafortes dessas barragens para determinar um parâmetro ideal para verificação inicial.

Sendo assim, foi escolhida a espessura de 60 cm para o paramento e para os contrafortes como a ideal para o pré-dimensionamento.

### 3.7 GEOMETRIA GERAL DA BARRAGEM

Para determinação da geometria geral do barramento, foi necessária a determinação do perfil da fundação, baseado nos dados das sondagens realizadas, e os dados hidrológicos.

A determinação do perfil da fundação foi demonstrada no Relatório de Viabilidade de Implantação, BSD-Vol.01, e será utilizada adiante.

Os cálculos de vazão do rio Santa Maria Doce foram realizados no Estudo Hidrológico, BSD-Vol.02, onde modelou-se computacionalmente diferentes cenários de fluxo do rio, com estudos de máximos, médios e mínimos.

Baseados nesses dados, optou-se pela geometria mostrada a seguir:

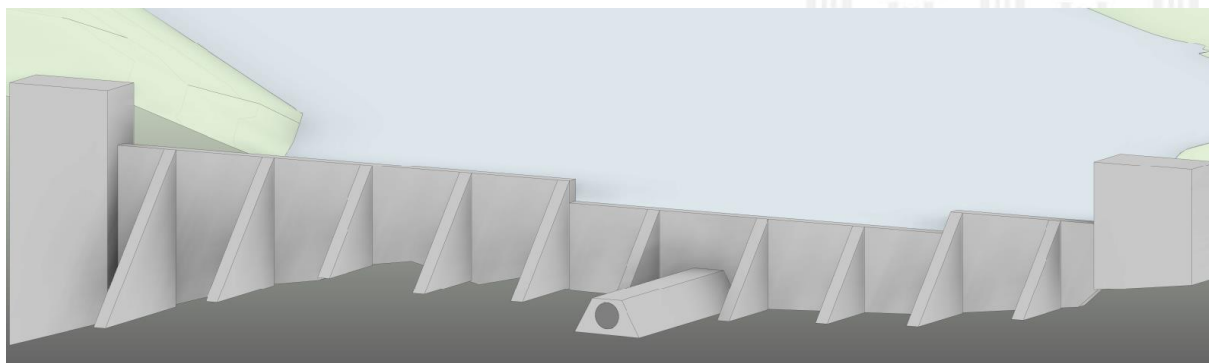


Figura 3: Vista 3D do barramento

Os detalhes das dimensões adotadas, com todas as cotas e demais medidas necessárias, encontra-se no anexo BSD-EST-04.



## 4. CÁLCULO ESTRUTURAL

### 4.1 CRIAÇÃO DO MODELO

Com a determinação da geometria inicial através do pré-dimensionamento, a estrutura foi totalmente modelada no software TQS V21, para análise estrutural e verificação dos elementos. Foram usados os carregamentos e as premissas gerais de projeto conforme discutido no item 3.

### 4.2 PROCESSAMENTO ESTRUTURAL

Com a modelagem finalizada, processou-se o modelo para obter os esforços internos na estrutura. O quadro de avisos gerado no pós-processamento foi como mostrado a seguir:

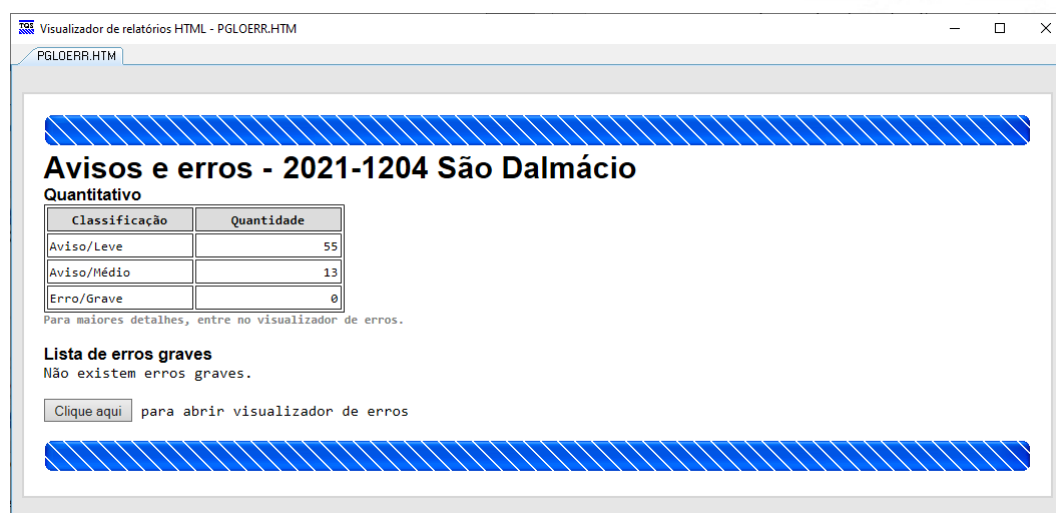


Figura 5 – Quadro de avisos e erros após o processamento no TQS

O processamento mostrou que a estrutura, da maneira como foi pré-dimensionada, apresenta plenas condições de suportar os carregamentos solicitantes e, portanto, as dimensões externas não precisaram ser modificadas.

Desse modo, foi realizado o dimensionamento das armaduras presentes nos elementos. O relatório de dimensionamento dos elementos encontra-se em anexo a este relatório.

Os desenhos estruturais, BSD-EST-01 à BSD-EST-05 mostram o detalhamento das formas e armações dos cálculos realizados pelo software.



### 4.3 ANCORAGEM

Para fixação da barragem na fundação em rocha, foi adotada uma solução com ancoragem em barras de aço CA-50, perfuradas na rocha sã e concretadas com o barramento.

A adoção de barras de aço CA-50 deu-se pela sua alta disponibilidade e facilidade de execução.

O cálculo foi realizado por metro do corpo da barragem, considerando as alturas máximas de cheias.

Cálculo do corte resistente por barra de aço:

$$\begin{aligned} \text{Aço CA 50: } f_y &= 500 \text{ MPa e } f_u = 550 \text{ MPa} \\ \phi &= 32 \text{ mm} \Rightarrow A_{resist} = 8,04 \text{ cm}^2 \\ \gamma_{a2} &= 1,35 \Rightarrow F_{vrd} = 0,4 f_u \cdot \frac{A_{resist}}{\gamma_{a2}} = 13,11 \text{ tf} \end{aligned}$$

Cálculo do corte solicitante por metro de largura de paramento:

$$h = 10 \text{ m} \Rightarrow F_{vsd} = h \cdot \frac{h}{2} = 50 \text{ tf}$$

Número de barras:

$$n_{barras} = \frac{F_{vsd}}{F_{vrd}} = \frac{50}{13,11} = 3,815$$

Portanto, foram utilizadas 4 barras a cada metro de largura do barramento. O detalhamento da ancoragem está no prancha BSD-EST-03.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises e estudos realizados e descritos no Relatório de Viabilidade, junto com os resultados do Estudo Hidrológico, realizou-se o dimensionamento estrutural da barragem São Dalmácio, com utilização de normas técnicas apropriadas e softwares de engenharia estrutural.

Esse relatório é parte do projeto básico executivo, em elaboração pela MILETUS ENGENHARIA LTDA, de acordo com o Contrato Nº 036/2022, firmado com a Prefeitura Municipal de São Roque do Canaã, para construção da barragem de São Dalmácio.