



**ENGE MOST**  
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAMBARÉ



**ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE  
ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE  
JOÃO GOULART MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS**

**PROJETO EXECUTIVO  
ESTUDO HIDROLÓGICO**

MARÇO/2023





# ESTUDO HIDROLÓGICO

## ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART

### MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS

01	Revisão geral	R.S.	02/03/2023
00	Emissão inicial	R.S.	26/09/2022
Rev.:	Descrição	Resp.:	Data:



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	INFORMAÇÕES GERAIS .....	8
1.2	VOLUMES COMPONENTES DO PROJETO .....	9
<b>2</b>	<b>MAPA DE SITUAÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>13</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	13
3.2	BACIA HIDROGRÁFICA DE CONTRIBUIÇÃO .....	13
3.3	PREPOSIÇÕES DE PROJETO .....	16
3.4	PERFIL DA SEÇÃO TRANSVERSAL .....	17
3.5	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO .....	18
3.6	REGIME PLUVIAL .....	21
3.7	DETERMINAÇÃO DA COTA DE PROJETO .....	23
3.7.1	<i>Variação da Cota da Lagoa dos Patos .....</i>	<i>25</i>
3.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	28
3.9	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	29
<b>4</b>	<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA .....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E ENCERRAMENTO .....</b>	<b>38</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contorno da bacia hidrográfica da área em estudo. ....	15
Figura 2 – Perfil do Arroio Velhaco e de suas margens ao longo do eixo longitudinal na seção sob a ponte no município de Arambaré, RS. A declividade (I) da linha d'água neste trecho é de $0,000288 \text{ m.m}^{-1}$ . Fonte: Adaptado de topografia. ....	17
Figura 3 – Precipitação histórica da estação pluviométrica 3051017. ....	22
Figura 4 – Precipitação média mensal histórica da estação pluviométrica 3051017. ....	22



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físicos da bacia e parâmetros hidrológicos e hidráulicos da região de estudo.....	20
Tabela 2 - Determinação do CN para a bacia em estudo.....	21
Tabela 3 - Parâmetros para determinação da cota máxima para $T_r=100$ anos.....	24
Tabela 4 - Cotas e respectivas vazões no Perfil. ....	24
Tabela 5 - Série histórica do posto fluviométrico 87540000. Fonte: (ANA, 2022). ....	25
Tabela 6 - Memória de cálculo para determinação da cota $T_r100$ .....	26
Tabela 7 - Determinação da cota pela distribuição Log-Normal.....	27



## 1 APRESENTAÇÃO



## 1 APRESENTAÇÃO

### 1.1 Informações Gerais

A **ENGEMOST Soluções em Engenharia**, empresa de engenharia sediada à Avenida Açucena, nº 2971, D401, bairro Estância Velha, na cidade de Canoas – RS, fones +55 (51) 98190-4061 e +55 (51) 99233-2134, e-mail: engemost@gmail.com inscrita no CNPJ sob o nº 32.854.775/0001-10, apresenta a Prefeitura Municipal de Arambaré/RS, a **ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART, MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS.**

Os principais elementos e datas de referência do Contrato que regem os trabalhos estão a seguir relacionados:

- Nome da obra: Ponte João Goulart
- Localização: Arambaré/RS
- Extensão: 100,95m;
- Largura: 12,80 m;
- Número do Edital de Licitação: TP 03/2022;
- Data da Homologação: 05/07/2022;
- Número do Contrato: 038/2022;
- Data de Assinatura do Contrato: 08/08/2022;
- Data da Ordem de Início dos Serviços: 08/08/2022;





## 1.2 Volumes componentes do Projeto

Os projetos da **ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS**, são apresentados nos volumes discriminados a seguir:

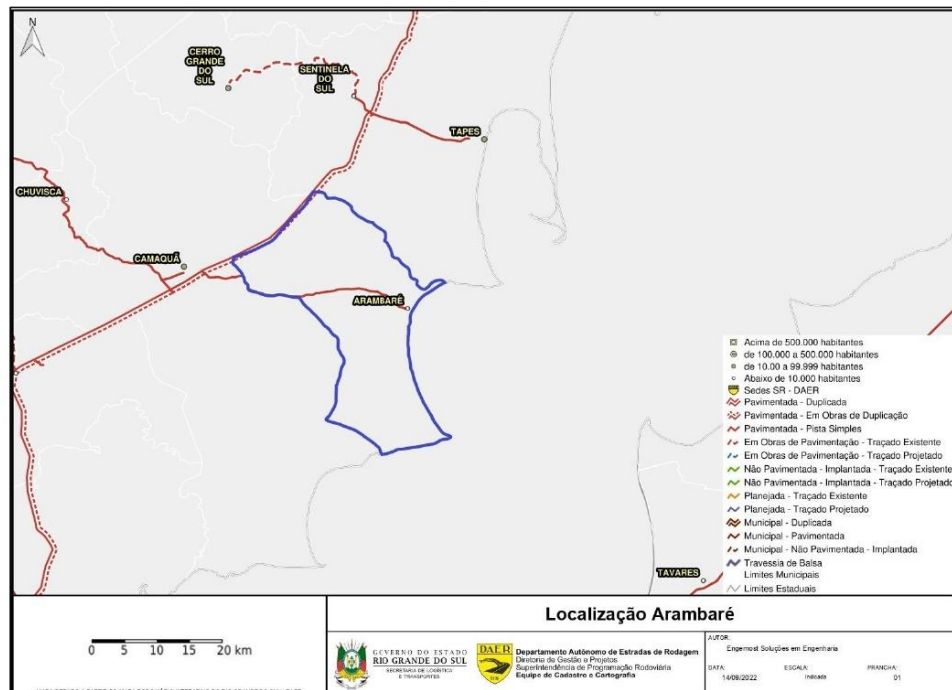
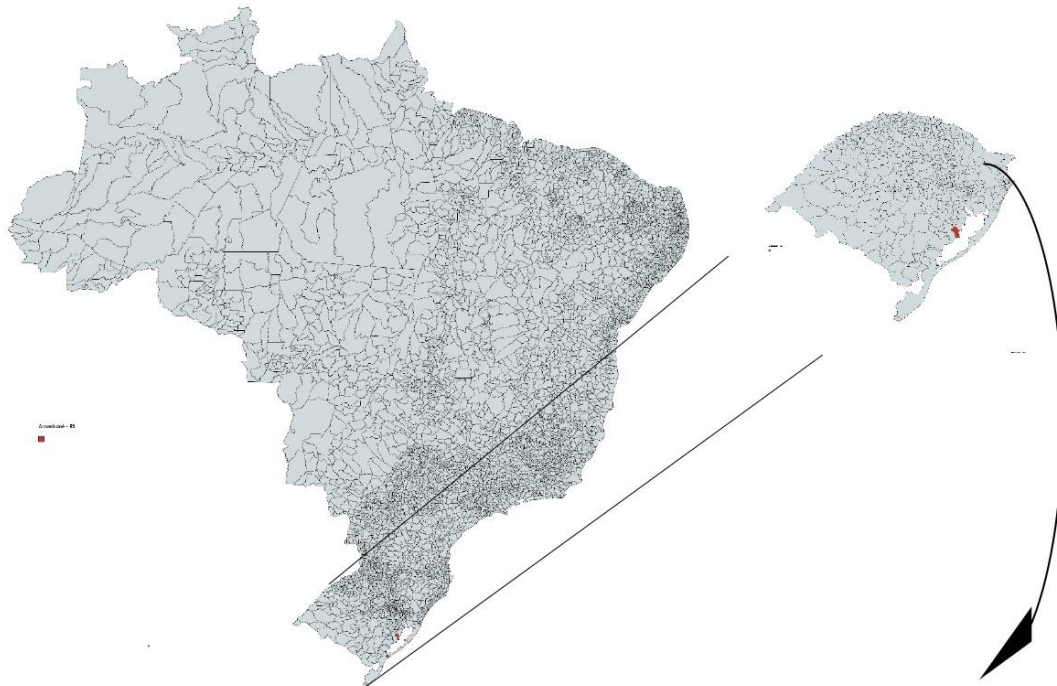
- LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO E BATIMÉTRICO
- ESTUDO GEOLÓGICO
- ESTUDO HIDROLÓGICO
- ESTUDO AMBIENTAL
- ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA
- PROJETO GEOMÉTRICO (com Anteprojeto)
- PROJETO VIÁRIO (inclui sinalização)
- PROJETO DA OBRA DE ARTE ESPECIAL
- PROJETO DE TERRAPLENAGEM (com anteprojeto)
- PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO
- PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
- ASSESSORIA NO REMANEJAMENTO DE REDES PÚBLICAS
- PROJETO DE DEMOLIÇÃO
- PLANO DE EXECUÇÃO DE OBRA
- ORÇAMENTO
- PROJETO EXECUTIVO PARA LICITAÇÃO



## 2 MAPA DE SITUAÇÃO



## 2 MAPA DE SITUAÇÃO





### 3 ESTUDO HIDROLÓGICO



### 3 ESTUDO HIDROLÓGICO

#### 3.1 Introdução

Este estudo hidrológico de Obras de Arte Especiais para a execução de projeto de engenharia para implantação de ponte sobre o Arroio Velhaco, localizada no município de Arambaré-RS, foi elaborado com base em dados coletados a campo, em vistoria de campo e informações disponibilizadas pelos órgãos oficiais e pela bibliografia especializada.

O presente estudo da bacia de contribuição do Arroio Velhaco até a ponte a ser projetada em Arambaré dimensiona a vazão com tempo de retorno ( $T_r$ ) de 100 anos. Também é apresentado o cálculo hidráulico identificando a cota de alague e a respectiva velocidade média do fluxo para tal vazão.

#### 3.2 Bacia Hidrográfica de Contribuição

A Bacia Hidrográfica do Arroio Velhaco, que contribui para a seção em estudo, está localizada a norte do município de Arambaré e prolonga-se até a porção sul do Município de Barão do Triunfo, RS. A jusante da seção sob a ponte em projeto, o Arroio Velhaco desemboca na Lagoa do Patos.

Esta bacia hidrográfica é de médio porte, com uma área de 861,97 km<sup>2</sup>, estando suas nascentes mais elevadas situadas nas altitudes próximas aos 595 metros enquanto que o exutório (local sob a projeção da ponte) está próximo à cota 0 metros. Devido a sua variação altimétrica e seu



comprimento de 61,45 km, a bacia assume uma declividade média de 0,0097 m/m.

A bacia do Arroio Velhaco sofre forte pressão antrópica desde suas porções mais a montante onde estão localizados os municípios de Barão do Triunfo e Cerro Grande do Sul, onde a agricultura e pecuária ocupam os locais menos declivosos, característicos do relevo dobrado da área. Na porção sul da bacia do Arroio Velhaco a atividade agropecuária domina a paisagem até a cidade de Arambaré.

No município de Arambaré, o Arroio Velhaco é sinuoso com significativa presença de mata ciliar junto ao trecho de montante onde está sendo projetada a ponte e caracterizado pela baixa declividade, região onde as vazões máximas frequentemente transbordam a calha do arroio e a água avança sobre o terreno, inundando as regiões mais baixas. A Figura 1 ilustra o contorno da bacia do Arroio Velhaco.

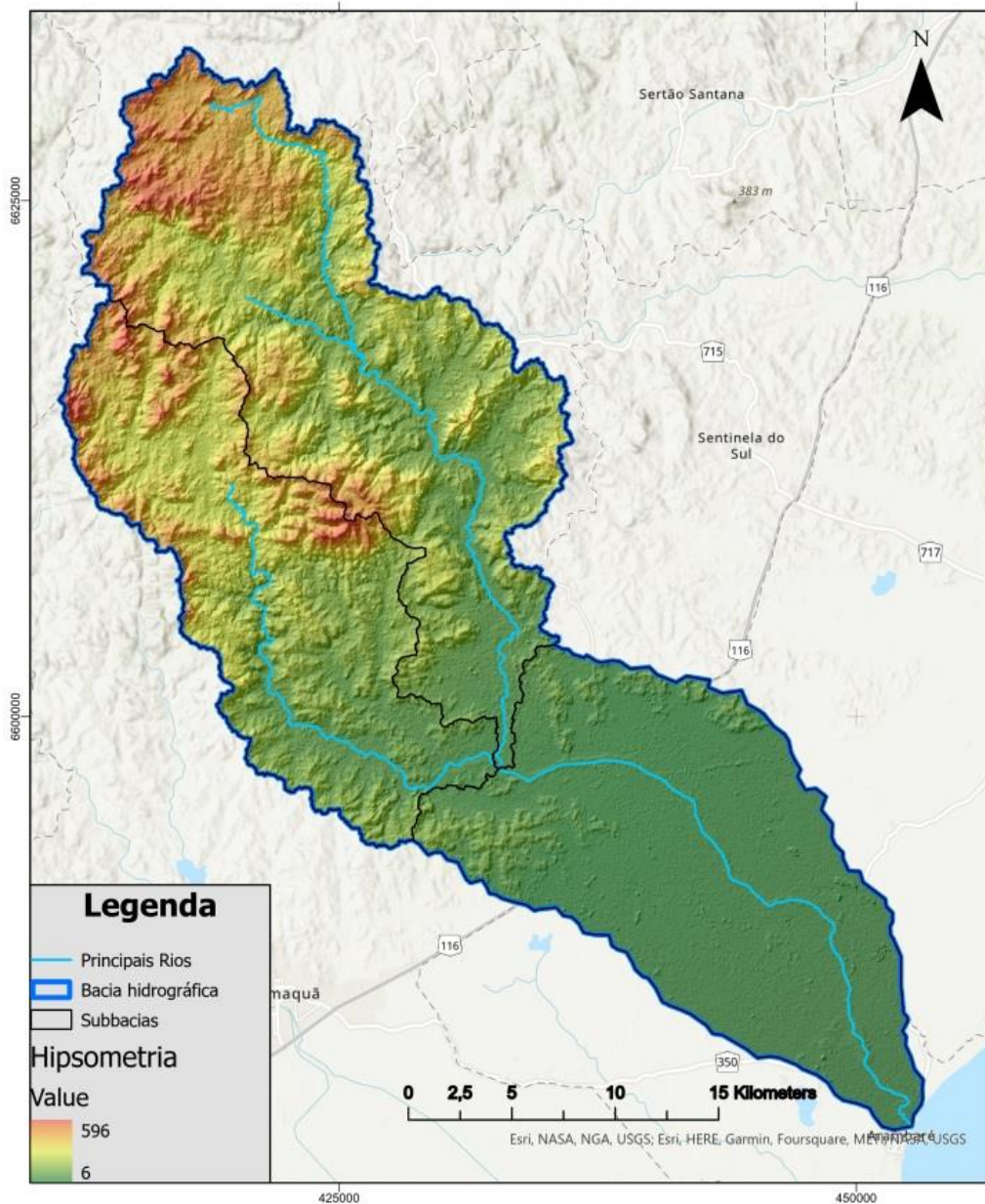


Figura 1 – Contorno da bacia hidrográfica da área em estudo.

O exutório (junto a ponte) desta bacia está localizado aproximadamente nas coordenadas 6.580.250 m(S) e 452.590 m(E) fuso 22J projeção UTM, Datum: SIRGAS 2000.





### 3.3 Preposições de Projeto

Para a obtenção da vazão de projeto no local indicado no capítulo anterior foram consideradas as seguintes informações:

- A área da bacia hidrográfica foi obtida através de geração de polígono a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) oferecido pelo ALOS-PALSAR (EARTHDATA, 2022) com o auxílio de ferramenta de geoprocessamento e utilização de software de Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- A declividade da bacia foi obtida através de cálculo a partir das elevações do MDE, enquanto que a declividade da linha d'água no trecho onde está sendo projetada a ponte foi obtida através de topografia;
- O tempo de retorno ( $T_r$ ) do estudo é de 100 anos;
- Por arbitragem de projeto, o tempo de duração da chuva é igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ) da bacia;
- A chuva de projeto para um tempo de retorno de 100 anos foi obtida a partir do estudo elaborado por Sampaio, 2011, no qual modelou as equações IDF e PDF para o Estado do Rio Grande do Sul e para a região do município de Arambaré utilizando a estação pluviométrica Fazenda da Velhaco-3051017 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e operado pela CPRM. Esta estação está localizada no município de Camaquã, na porção central da bacia junto às coordenadas geográfica de latitude de  $-30,7719^\circ$  e longitude de -



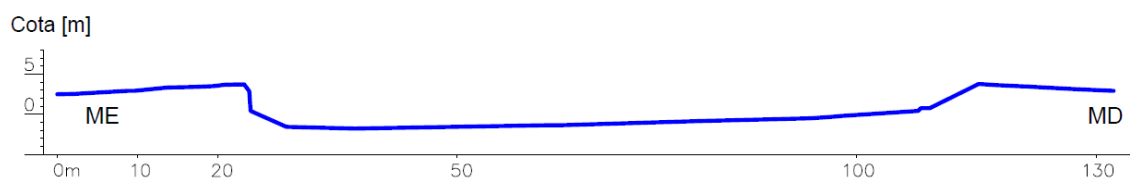


51,6603° e a uma altura de 25 metros com relação ao nível médio dos mares;

- Para a definição da cota de projeto, os dados da estação fluviométrica Arambaré-87540000 da ANA e operado pela CPRM, que registra a variação do nível da Lagoa dos Patos junto ao Município de Arambaré, foram utilizados. A estação está localizada na latitude de -30.9067° e longitude de -51.4928°.
- A partir de vistoria no local do projeto e utilizando referências consolidadas em hidráulica (CHOW, 1959; NETTO; FERNÁNDEZ, 2015), o coeficiente de rugosidade (n) de Manning para o canal apresentado foi arbitrado em  $0,035 \text{ s.m}^{-1/3}$ ;
- A partir dos levantamentos do entorno da seção em análise, ou seja, a seção sob a ponte em projeto, identificou-se a declividade do trecho do rio como sendo de  $0,000288 \text{ m/m}$ .

### 3.4 Perfil da Seção Transversal

A seção transversal do Arroio Velhaco e de suas margens ao longo do eixo longitudinal onde está sendo projetada a ponte possui a geometria indicada na Figura 2.



**Figura 2 – Perfil do Arroio Velhaco e de suas margens ao longo do eixo longitudinal na seção sob a ponte no município de Arambaré, RS. A declividade (I) da linha d'água neste trecho é de  $0,000288 \text{ m.m}^{-1}$ . Fonte: Adaptado de topografia.**



### 3.5 Determinação da Vazão de Projeto

A disponibilidade de dados hidrológicos com um histórico que permita gerar estatísticas de boa qualidade ainda é baixa no Brasil, especialmente por ser um país de proporções continentais. Neste estudo, optou-se pela utilização do método chuva-vazão para a determinação da chuva de projeto, pois não há dados fluviométricos históricos na bacia de contribuição. Por este motivo, a regionalização da vazão pelos métodos probabilísticos fica impossibilitada já que os dados de medição direta de vazão disponíveis são para bacias muito maiores ou com características distintas.

A chuva de projeto foi obtida a partir das equações de intensidade-duração-frequência (IDF) e precipitação-duração-frequência (PDF) apresentadas por Sampaio (2011) em sua tese de doutorado junto a Universidade Federal de Santa Maria. Esta equação é aplicável à região em estudo, pois os parâmetros são para a região na qual a bacia do Arroio Velhaco está inserida.

Para a determinação das equações, Sampaio (2011) desagregou chuvas de 24 horas de duração e verificou a aderência dos dados de chuvas a modelos teóricos de distribuição de probabilidade, analisando a variabilidade dos coeficientes das equações das diferentes bacias hidrográficas do RS. Para tanto, utilizou dados de precipitação disponibilizados para as diferentes localidades do Estado do Rio Grande do Sul na Agência Nacional de Águas. As equações IDF e PDF obtidas a partir do referido estudo para a região do município de Arambaré são apresentadas abaixo.



$$I = \frac{1117,17 \times Tr^{0,1464}}{(t + 8,93)^{0,7573}}$$

$$P = Tr^{0,1464} \times [0,0071 \times t + 16,7174 \times \ln(1 + 0,2292 \times t)]$$

Sendo:

- Tr = tempo de retorno (neste caso, 100 anos);
- t = tempo de duração da chuva (minutos);
- I = intensidade da chuva (mm.h<sup>-1</sup>);
- P = precipitação (mm).

Para a determinação da vazão de projeto foi utilizado o método do hidrograma unitário triangular (HUT) do Soil Conservation Service (SCS), conforme orientado por DNIT, 2005. Para o equacionamento do método foi realizada modelagem hidrológica com o auxílio do Software IPHS1 versão 2.11 desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O Software IPHS1 consiste de um programa computacional modulado que permite ao usuário, através da seleção de alguns dos modelos de uso já consagradas na literatura, construir o seu próprio modelo de forma rápida e segura. Utiliza como base a metodologia de modelagem orientada a objetos. O modelo é aplicado em processos de transformação chuva-vazão na superfície de uma bacia, em modelos de propagação de vazões em cursos de água, em derivações nos mesmos e em propagação em reservatórios. Os algoritmos do sistema foram testados, mas devem ser utilizados criteriosamente, respeitando o seu limite de aplicabilidade. Uma das restrições do modelo é não poder ser utilizado para a simulação de



escoamento em rios sujeitos a inversão de vazão (Tucci et al, 2004 e Viegas Filho et al, 2004).

A Tabela 1 apresenta os parâmetros físicos da bacia e os parâmetros hidrológicos e hidráulicos da região de estudo o qual identifica a forma de obtenção de cada um dos parâmetros.

**Tabela 1 - Parâmetros físicos da bacia e parâmetros hidrológicos e hidráulicos da região de estudo.**

<i>Parâmetros</i>	<i>Variável</i>	<i>Obtenção</i>	<i>Unidade</i>	<i>Velhaco</i>
Área de drenagem da bacia	A	Software de GIS	km <sup>2</sup>	861,97
Perímetro da bacia	P	Software de GIS	km	163,28
Comprimento da bacia	Lb	Software de GIS	km	61,45
Largura da bacia	Bb	Software de GIS	km	19,51
Comprimento do canal principal	Lcp	Software de GIS	km	87,43
Altitude máxima	Hmax	Alos-Palsar	m	596
Altitude mínima	Hmin	Topografia	m	0
Amplitude da bacia	Ha	Hmax-Hmin	m	596
Declividade da bacia	D	[Ha/(Lb*1000)]	m/m	0,0097
Tempo de concentração	tc	Kirpich Mod (DNIT, 2005)	min	1272,29
CN		SCS (Paiva, 2003)		71,5
Imax para t = tc min e Tr=100 anos	I(t,Tr)	Sampaio, 2011	mm/h	9,72
Pmax para t = tc min e Tr=100 anos	P(t,Tr)	Sampaio, 2011	mm	204,03
Coefic de rugosidade de Manning	n	Netto, 2015	s.m <sup>-1/3</sup>	0,035
Declividade do trecho	I	Topografia	m/m	0,000288
Vazão de Projeto (Tr100)	QHUT	IPHS1	m <sup>3</sup> /s	828,45

Para transformar a chuva em vazão, ou seja, avaliar o escoamento superficial causado por uma precipitação, o método utilizado neste estudo, do Soil Conservation Service (SCS), requer a determinação de parâmetros do solo que são atribuídos a um número denominado número da curva de escoamento ou simplesmente curva número (CN). O valor do CN para este estudo foi calculado em 69,6, conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2 - Determinação do CN para a bacia em estudo.**

<i>Uso do Solo</i>	<i>Área da Bacia (km²)</i>	<i>CN *</i>
Florestas e Florestamento	316,89	62
Plantações	543,30	77
Área Urbana	1,78	90
<i>Total</i>	<i>861,97</i>	<i>71,5</i>

Como pode ser localizada na Tabela 1, a vazão determinada pelo método do hidrograma unitário triangular (HUT) a partir da metodologia descrita em DNIT (2005) para o tempo de retorno de 100 anos é de 828,45 m³/s.

### 3.6 Regime Pluvial

Para a determinação do regime pluvial na Bacia do Arroio Velhaco, foi utilizado o registro histórico da estação pluviométrica Fazenda da Velhaco-3051017 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e operado pela CPRM. Esta estação disponibiliza um registro histórico de 44 anos de dados (1977 a 2021). A Figura 3 apresenta os acumulados de precipitações mensais e o registro máximo observado para o mês. A Figura 3 demonstra que a distribuição temporal das precipitações não é uniforme, pois não é possível identificar uma tendência clara de concentração pluviométrica. Fato que é corroborado quando se analisa a média mensal histórica (Figura 4). A média mensal histórica identifica que a variação média anual é de 47,6 mm entre o mês de menor média (maio) e o mês de maior média (setembro) histórica.

Mesmo que as maiores médias mensais históricas se concentrem entre os meses de junho a outubro, o comportamento estocástico das chuvas registradas na estação pluviométrica Fazenda da Velhaco-305101 não permite garantir a existência de um período mais propício para a execução das fundações. Entretanto, fica evidente pela Figura 4 que as médias mensais de menor volume estão inseridas entre os meses de março e maio. No estudo realizado por Leandro et al. (2021), foi observado que a menor média climatológica de precipitação em torno do município de Arambaré foi no mês de maio.

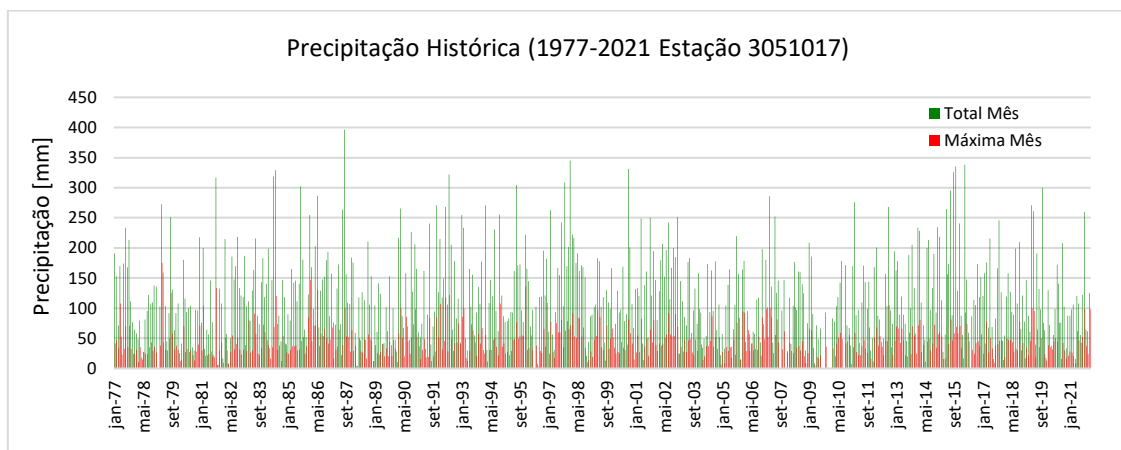


Figura 3 – Precipitação histórica da estação pluviométrica 3051017.

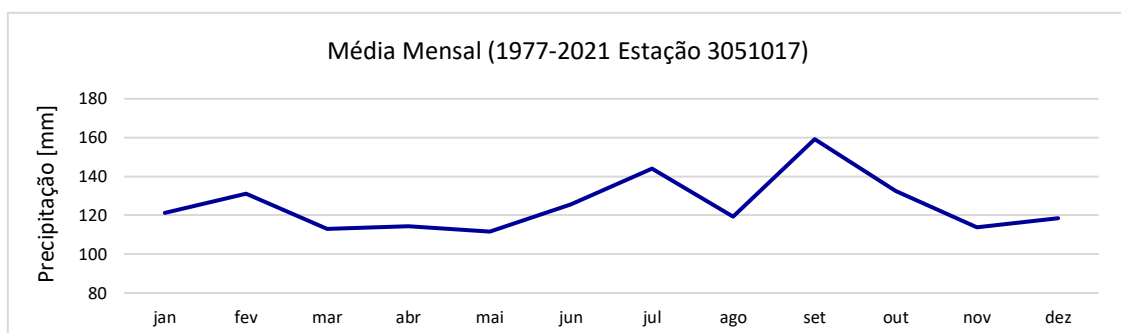


Figura 4 – Precipitação média mensal histórica da estação pluviométrica 3051017.



### 3.7 Determinação da Cota de Projeto

A perda de carga interna é similar para todos os fluidos viscosos ou para escoamentos turbulentos, a diferença está no atrito externo que as águas fluviais sofrem com o leito aluvionar ou não-aluvionar. As fórmulas de perda de carga relacionam a velocidade média do escoamento com as propriedades geométricas de uma seção, a natureza do material do leito e a declividade da linha de energia. Entre as fórmulas mais usadas está a do engenheiro Robert Manning. O maior desafio destas fórmulas é determinar o coeficiente de rugosidade do canal que, por sua vez, está atrelado a natureza do material do leito.

Para a determinação da cota de projeto foi utilizada a fórmula de Manning:  $Q = [(A \cdot R h^{2/3} \cdot I^{1/2})/n]$  para a vazão de projeto calculada. O coeficiente de rugosidade na fórmula de Manning é conhecido como coeficiente de Manning ou simplesmente " $n$ ". Para chegar até a determinação do  $n$ :

- Foi realizada vistoria nas proximidades da seção, tanto a jusante quanto a montante;
- Foram observadas as condições das margens tanto no aspecto de cobertura vegetal quanto na própria altura das margens;
- Foi observado o material aluvionar em deposição junto às margens e a largura e a altura da lâmina d'água na sua calha vazante.



As fórmulas propostas para condutos livres apenas levam a resultados satisfatórios quando a forma dos canais é estável e definida. Por isso, nem sempre elas podem ser aplicadas, com o mesmo grau de segurança, no caso de rios e cursos de águas naturais (Netto, 2015). Assim, foi comparado aos coeficientes indicados em imagens disponibilizadas na bibliográfica especializada (Netto, 2015), sendo arbitrado o valor de  $n$  como  $0,035 \text{ s.m}^{-1/3}$ .

A Tabela 3 identifica os parâmetros utilizados para a determinação da cota máxima que a vazão com tempo de retorno de 100 anos atinge o canal sob a projeção da ponte, enquanto que a Tabela 4 apresenta uma variação de vazões e das velocidades em função das cotas, bem como o sentido esperado do fluxo.

**Tabela 3 - Parâmetros para determinação da cota máxima para  $T_r=100$  anos.**

<i>Parâmetros</i>	<i>Variável</i>	<i>Unidade</i>	<i>Velhaco</i>
Vazão de projeto	Q	m <sup>3</sup> /s	828,45
Coef de rugosidade de Manning	n	s.m <sup>-1/3</sup>	0,035
Cota máxima do canal	h	m	3,76
*Área molhada	A	m <sup>2</sup>	415,05
*Perímetro molhado	Pm	m	95,98
*Raio hidráulico	Rh	m	4,32
Declividade do canal no trecho	I	m/m	0,000288

\*Valores para a cota máxima do canal.

**Tabela 4 - Cotas e respectivas vazões no Perfil.**

<i>Cota (m)</i>	<i>Q Velhaco (m<sup>3</sup>/s)</i>	<i>V Velhaco (m/s)</i>	<i>Sentido Esperado Fluxo</i>
3,76	534,25	1,29	Para jusante
3	402,00	1,16	Para jusante
2	251,33	0,98	<sup>1</sup> Para jusante
1	129,98	0,76	<sup>2</sup>
0	47,05	0,53	<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sentido para jusante, porém o nível da Lagoa dos Patos poderá interferir no sentido do escoamento, podendo reverter momentaneamente o fluxo no sentido de montante. <sup>2</sup> Nas cotas 1 e 0 metros, a Lagoa dos Patos passa a





influenciar mais preponderantemente o fluxo, ocorrendo remanso e podendo ocorrer reversão momentânea de fluxo.

Conforme demonstra a Tabela 4, a cota máxima de 3,76 metros não possui condições de escoar a vazão com tempo de retorno de 100 anos. Essa cota representa o nível máximo das ombreiras da ponte existente. Entretanto, as cotas da margem natural do Arroio Velhaco ao longo do trecho em estudo estão em 1 metro. Nessas condições, a vazão de projeto Tr100 de 828,45 m<sup>3</sup>/s extravasa a calha do Arroio Velhaco em seções muito a montante da posição da ponte. Por esse motivo, a cota de projeto será baseada na cota máxima possível da Lagoa dos Patos para um tempo de retorno de 100 anos.

### 3.7.1 Variação da Cota da Lagoa dos Patos

Os dados da variação histórica da cota da Lagoa dos Patos foram obtidos pela estação fluviométrica Arambaré-87540000 da ANA e operado pela CPRM, que registra a variação do nível junto ao Município de Arambaré. A Tabela 5 apresenta o registro histórico de 1984 a 2021, estando os valores de cota representados em centímetros acima do nível médio do mar.

**Tabela 5 - Série histórica do posto fluviométrico 87540000. Fonte: (ANA, 2022).**

n	Ano	Cota (cm)	n	Ano	Cota (cm)	n	Ano	Cota (cm)
1	2021	121	14	2008	96	27	1995	132
2	2020	134	15	2007	124	28	1994	139
3	2019	144	16	2006	83	29	1993	145
4	2018	136	17	2005	140	30	1992	177
5	2017	158	18	2004	72	31	1991	108
6	2016	110	19	2003	109	32	1990	120
7	2015	198	20	2002	162	33	1989	108
8	2014	138	21	2001	150	34	1988	130
9	2013	111	22	2000	127	35	1987	177
10	2012	105	23	1999	92	36	1986	154
11	2011	138	24	1998	140	37	1985	154



n	Ano	Cota (cm)	n	Ano	Cota (cm)	n	Ano	Cota (cm)
12	2010	125	25	1997	122	38	1984	156
13	2009	146	26	1996	93			

A partir de método probabilístico, o qual utiliza uma distribuição de frequência de eventos observados para prever eventos não conhecidos, ou seja, é possível realizar previsões de cotas máximas futuras a partir de uma série histórica. O método probabilístico utilizado neste estudo foi a Distribuição Log-Normal. De acordo com Santos (2010), recomenda-se a aplicação de métodos probabilísticos, na presença de dados fluviométricos adequados, de série histórica considerável. Na aplicação de modelos probabilísticos, quanto maior é a série, maior a segurança do modelo, uma vez que os eventos extremos estão diretamente relacionados ao período de retorno.

A Tabela 6 apresenta a memória de cálculo para a determinação das cotas históricas. A Tabela 7 apresenta as cotas determinadas pela distribuição Log-Normal para diversos tempos de retorno, incluindo Tr100 anos.

**Tabela 6 - Memória de cálculo para determinação da cota Tr100.**

n	Ano	Cota (cm)	Y=logX	n	Ano	Cota (cm)	Y=logX
1	2021	121	2,0828	20	2002	162	2,2095
2	2020	134	2,1271	21	2001	150	2,1761
3	2019	144	2,1584	22	2000	127	2,1038
4	2018	136	2,1335	23	1999	92	1,9638
5	2017	158	2,1987	24	1998	140	2,1461
6	2016	110	2,0414	25	1997	122	2,0864
7	2015	198	2,2967	26	1996	93	1,9685
8	2014	138	2,1399	27	1995	132	2,1206
9	2013	111	2,0453	28	1994	139	2,1430
10	2012	105	2,0212	29	1993	145	2,1614



n	Ano	Cota (cm)	Y=logX	n	Ano	Cota (cm)	Y=logX
11	2011	138	2,1399	30	1992	177	2,2480
12	2010	125	2,0969	31	1991	108	2,0334
13	2009	146	2,1644	32	1990	120	2,0792
14	2008	96	1,9823	33	1989	108	2,0334
15	2007	124	2,0934	34	1988	130	2,1139
16	2006	83	1,9191	35	1987	177	2,2480
17	2005	140	2,1461	36	1986	154	2,1875
18	2004	72	1,8573	37	1985	154	2,1875
19	2003	109	2,0374	38	1984	156	2,1931
						Média	2,1075
						Desvio Padrão	0,0934

Tabela 7 - Determinação da cota pela distribuição Log-Normal.

$T_R$	$K_T$	$Y_T = \bar{Y} + S_Y * K_T$	Cota de Projeto $10^{Y_T}$ (cm)
1	-3,719	1,76021	57,6
2	0,000	2,10750	128,1
5	0,842	2,18613	153,5
10	1,282	2,22721	168,7
20	1,645	2,26111	182,4
50	2,054	2,29930	199,2
100	2,326	2,32470	211,2
500	2,878	2,37625	237,8
1000	3,090	2,39605	248,9

Onde,

- $T_R$  = tempo de retorno [anos];
- $K_T$  = fator de frequência, tabelado conforme a distribuição de probabilidades em função do tempo de retorno [ $T_R$ ];
- $Y_T$  = logaritmo da cota de interesse para o tempo de retorno [ $T_R$ ];
- $\bar{Y}$  = média amostral;
- $S_Y$  = desvio padrão da amostra.

Como pode ser observado na Tabela 7, a cota determinada pelo método probabilístico da distribuição Log-Normal para o tempo de retorno



de 100 anos é de 211,2 cm. A partir desse método, identificou-se a cota mínima esperada (Tr100) para a seção em estudo em -24,5 cm.

### 3.8 Considerações Finais

Com base nos cálculos hidrológicos e hidráulicos, o perfil da seção não possui condições hidráulicas de escoar uma vazão com tempo de retorno de 100 anos. A declividade do trecho confere velocidades baixas para um escoamento de vazões máximas, com valores que não ultrapassam os 1,50 m/s.

É esperado, pela geomorfologia e topografia da bacia e do canal do Arroio Velhaco na sua porção baixa, que a vazão Tr100 (828,45 m<sup>3</sup>/s) extravase a calha principal do arroio em pontos muito a montante da seção em estudo, fazendo com que parte do volume seja escoado fora da calha principal, não atingindo a seção em análise. Portanto, a cota máxima (Tr100), junto a seção em estudo, é regada pela flutuação do nível da Lagoa dos Patos.

Não foram identificadas velocidades médias ou elevadas no fluxo junto a seção sob a ponte, porém recomenda-se cuidado na execução das ombreiras da ponte em função do aumento da cota da Lagoa dos Patos que pode vir acompanhada pela ocorrência de ventos que contribuam para a incidência de ondas localizadas.



### 3.9 Referencial Bibliográfico

CHOW, V. Te. **Open-channel hydraulics**. New York, USA: McGraw-Hill, 1959.

DNIT, (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes). **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2nd. ed. Rio de Janeiro, Brazil: DNIT, 2005.

EARTHDATA – ASF Data Search. **Alos Palsar**, 2011. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/> Consultado: Acesso em: 24 ago. 2022.

LEANDRO, D. et al. **Desastres naturais em Arambaré-RS**. Pelotas, RS:LDEA, 2021.

NETTO, J. M. de A.; FERNÁNDEZ, M. F. y. **Manual de hidráulica**. 9th. ed. São Paulo, Brazil: Edgard Blücher, 2015.

PAIVA, J. B. D de; PAIVA, E. M. C. D. de (org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre/RS: ABRH, 2003.

SAMPAIO, M. V. **Espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. UFSM/RS. 2011.

TUCCI, C. E. M, et al. **IPHS1 para Windows® manual de fundamentos**. Porto Alegre/RS. UFRGS/IPH, 2004.

VIEGAS FILHO, J. S., et al. **IPHS1 para Windows® manual do usuário**. Porto Alegre/RS. UFRGS/IPH, 2004.



## 4 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA



## 4 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número  
**12163764**

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado	
Carteira: RS187192	Profissional: ROBSON ALEX CASTRO SOARES
RNP: 2210505801	Título: Engenheiro Civil
Empresa: ENGEMOST SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA	Nr.Reg.: 238354

Contratante	
Nome: MUNICÍPIO DE ARAMBUR	E-mail:
Endereço: RUA ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180	Telefone:
Cidade: ARAMBUR	Bairro: CENTRO
	CPF/CNPJ: 90152950000124
	CEP: 96178000 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço	
Proprietário: MUNICÍPIO DE ARAMBUR	
Endereço da Obra/Serviço: RUA ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180	CPF/CNPJ: 90152950000124
Cidade: ARAMBUR	CEP: 96178000 UF: RS
Bairro: CENTRO	
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 183.443,06
Data Início: 08/08/2022	Honorários(R\$):
Prev.Fim: 08/12/2022	Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	Obras de Arte	1,00	UN
Estudo	Sondagens e Estudos Geotécnicos	1,00	UN
Estudo	Hidrologia	1,00	UN
Estudo	Topografia - Levantamento Planialtimétrico	1,00	UN
Projeto	Obras de Arte	1,00	UN
Projeto	Estradas - Projeto Geométrico	1,00	UN
Projeto	Estradas - Sinalização	1,00	UN
Projeto	Estradas - Pavimentação	1,00	UN
Projeto	Fundações Profundas	1,00	UN
Projeto	Geotecnia - Leitões/Cortes/Aterros de Estradas	1,00	UN
Projeto	Estruturas - Muros de Contenção	1,00	UN
Projeto	Drenagem	1,00	UN
Estudo	Impacto Ambiental	1,00	UN
Projeto	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	1,00	UN
Orçamento	TODAS AS ATIVIDADES	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 03/10/2022

Canoas 04/10/2022	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	ROBSON ALEX CASTRO SOARES 02052142070	MUNICÍPIO DE ARAMBUR
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



**CREA-RS**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número  
**12163764**

**Contratado**

Nr. Carteira: RS187192      Profissional: ROBSON ALEX CASTRO SOARES      E-mail: engemost@gmail.com  
Nr. RNP: 2210505801      Título: Engenheiro Civil  
Empresa: ENGEMOST SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA      Nr.Reg.: 238354

**Contratante**

Nome: MUNICÍPIO DE ARAMARÉ      E-mail:  
Endereço: RUA ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180      Telefone:      CPF/CNPJ: 90152950000124  
Cidade: ARAMARÉ      Bairro: CENTRO      CEP: 96178000      UF: RS

**RESUMO DO(S) CONTRATO(S)**

Contrato nº 038/2022 - TP nº 03/2022 - Município de Aramaré - Processo 997/2022  
-  
Objeto  
ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART  
-  
Continuação das atividades  
Projeto de Estradas - Obras complementares  
Levantamento topográfico planialtimétrico e batimétrico georeferenciado  
Projeto de Estruturas de Concreto Pré-Moldado  
Projetos de Estruturas de Concreto Protendido  
Projeto e Execução de sondagens mistas com auxílio de flutuante.  
Projeto de Estruturas Metálicas  
Vistoria de Pontes Viadutos e Elevados  
Especificação técnica de Pontes, viadutos e Elevados  
Projeto Arquitetônico  
Inspeção Pontes, viadutos e elevados  
Projeto Estradas - Estudo de Traçado  
Projeto Estradas - Projeto de Terraplenagem  
Projeto Acessos de Aproximação da Obra de Arte Especial  
Projeto de Desapropriação  
Projeto de iluminação pública  
Memorial de Cálculo de Obras de Arte Especial  
Memorial Obras de Arte Especial  
Diagnóstico Ambiental, avaliação de impactos ambientais e medidas mitigatórias  
Projeto de Demolição da Ponte existente

Canoas 04/10/2022

Local e Data

Declaro serem verdadeiras as informações acima  
ROBSON ALEX CASTRO  
SOARES: 02052142070

Profissional

De acordo

Contratante





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número  
12163794

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL  
Convênio: NÃO É CONVÊNIO Motivo: NORMAL

**Contratado**

Carteira: RS154518 Profissional: TIAGO RODRIGUES BORGES E-mail: eng.borgestiago@gmail.com  
RNP: 2205731033 Título: Engenheiro Civil  
Empresa: ENGE MOST SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA Nr.Reg.: 238354

**Contratante**

Nome: MUNICÍPIO DE ARAMBURÊ E-mail:  
Endereço: RUA ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180 Telefone: CPF/CNPJ: 90152950000124  
Cidade: ARAMBURÊ Bairro: CENTRO CEP: 96178000 UF: RS

**Identificação da Obra/Serviço**

Proprietário: MUNICÍPIO DE ARAMBURÊ  
Endereço da Obra/Serviço: Rua ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180 CPF/CNPJ: 90152950000124  
Cidade: ARAMBURÊ Bairro: CENTRO CEP: 96178000 UF: RS  
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES Vlr Contrato(RS): 183.443,06 Honorários(RS):  
Data Início: 08/08/2022 Prev.Fim: 08/12/2022 Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	Obras de Arte	1,00	UN
Estudo	Sondagens e Estudos Geotécnicos	1,00	UN
Estudo	Hidrologia	1,00	UN
Estudo	Topografia - Levantamento Planialtimétrico	1,00	UN
Projeto	Obras de Arte	1,00	UN
Projeto	Estradas - Projeto Geométrico	1,00	UN
Projeto	Estradas - Sinalização	1,00	UN
Projeto	Estradas - Pavimentação	1,00	UN
Projeto	Fundações Profundas	1,00	UN
Projeto	Geotecnia - Leitões/Cortes/Aterros de Estradas	1,00	UN
Projeto	Estruturas - Muros de Contenção	1,00	UN
Projeto	Drenagem	1,00	UN
Estudo	Impacto Ambiental	1,00	UN
Projeto	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	1,00	UN
Orçamento	TODAS AS ATIVIDADES	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 03/10/2022

Canoas 04/10/2022	Declaro serem verdadeiras as informações acima TIAGO RODRIGUES BORGES:00725427051 TIAGO RODRIGUES BORGES	De acordo MUNICÍPIO DE ARAMBURÊ
Local e Data	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número  
12163794

**Contratado**

Nr. Carteira: RS154518 Profissional: TIAGO RODRIGUES BORGES E-mail: eng.borgestiago@gmail.com  
Nr. RNP: 2205731033 Título: Engenheiro Civil  
Empresa: ENGEMOST SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA Nr.Reg.: 238354

**Contratante**

Nome: MUNICÍPIO DE ARAMARÉ E-mail:  
Endereço: RUA ORMEZINDA RAMOS LOUREIRO 180 Telefone: CPF/CNPJ: 90152950000124  
Cidade: ARAMARÉ Bairro: CENTRO CEP: 96178000 UF: RS

**RESUMO DO(S) CONTRATO(S)**

Contrato nº 038/2022 - TP nº 03/2022 - Município de Aramaré - Processo 997/2022  
-  
Objeto  
ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART  
-  
Continuação das atividades  
Projeto de Estradas - Obras complementares  
Levantamento topográfico planialtimétrico e batimétrico georeferenciado  
Projeto de Estruturas de Concreto Pré-Moldado  
Projetos de Estruturas de Concreto Protendido  
Projeto e Execução de sondagens mistas com auxílio de flutuante.  
Projeto de Estruturas Metálicas  
Vistoria de Pontes Viadutos e Elevados  
Especificação técnica de Pontes, viadutos e Elevados  
Projeto Arquitetônico  
Inspeção Pontes, viadutos e elevados  
Projeto Estradas - Estudo de Traçado  
Projeto Estradas - Projeto de Terraplenagem  
Projeto Acessos de Aproximação da Obra de Arte Especial  
Projeto de Desapropriação  
Projeto de iluminação pública  
Memorial de Cálculo de Obras de Arte Especial  
Memorial Obras de Arte Especial  
Diagnóstico Ambiental, avaliação de impactos ambientais e medidas mitigatórias  
Projeto de Demolição da Ponte existente

Canoas 04/10/2022

Local e Data

Declaro serem verdadeiras as informações acima

TIAGO RODRIGUES  
BORGES:00725427051  
Assinado de forma digital por TIAGO RODRIGUES  
BORGES:00725427051  
Dados: 2022.10.04 11:16:53 -03'00'

Profissional

De acordo

Contratante



## **5      DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA**



## 5 DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

O Eng.º Robson Alex Castro Soares e o Eng.º Tiago Rodrigues Borges, responsáveis pelos Projetos de Execução, Projeto de OAE, Projeto de Drenagem, Projeto de Sinalização, Projeto de Terraplenagem e Pavimentação, Orçamento, Especificações e Plano de Execução, e a empresa **ENGEMOST SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA.**, aqui representada pelos seus responsáveis técnicos, Eng.º Robson Soares e Eng.º Tiago Borges, declaramos que acompanhamos todas as etapas do projeto desde a concepção ao produto final do projeto executivo, e que obedecem rigorosamente às normas técnicas e instruções de serviços (IS) em vigor, etapas necessárias para a **ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART, MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS**, e assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados.

Canoas, 02 de março de 2023.

---

**Robson Soares**

Responsável Técnico – CREA-RS 187.192

---

**Tiago Borges**

Responsável Técnico – CREA-RS 154.518



## 6 TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E ENCERRAMENTO



## 6 TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E ENCERRAMENTO

Informações técnicas eventualmente obtidas durante a realização das atividades envolvidas neste memorial, como especificação, funcionamento, organização ou desempenho da empresa cliente serão tidas como confidenciais e sigilosas sempre que tal condição for solicitada.

A ENGEMOST Soluções em Engenharia apresenta a **Projeto Executivo de Engenharia – Estudo Hidrológico – Projeto de OAE**, referente a **ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS DE ENGENHARIA PARA CONSTRUÇÃO DA NOVA PONTE JOÃO GOULART, MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ/RS.**

Este relatório possui 38 páginas, incluindo esta, numeradas sequencialmente.

Canoas, 02 de março de 2023.

---

**Robson Soares**  
Responsável Técnico – CREA-RS 187.192

---

**Tiago Borges**  
Responsável Técnico – CREA-RS 154.518