



**ESTADO DE GOIÁS**

**AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES**

**DIRETORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

**GERÊNCIA DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

**ANTEPROJETO**

**RELATÓRIO DE ANTEPROJETO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PONTE SOBRE O  
RIO PARANÃ**

**RODOVIA: GO-112**

**TRECHO: SRE112EGO0062 / SRE112EGO0063, Trecho entre Nova Roma e  
Monte Alegre**

**LOCAL: Balsa Viviane**

**VOLUME 1 – RELATÓRIO DE ANTEPROJETO**

**ABRIL/2026**

## **FICHA TÉCNICA**

### **GOINFRA**

#### **PRESIDENTE**

ELIANE SIMONINI BALTAZAR

#### **DIRETOR DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

REGINALDO ROSA DA PAIXÃO

#### **GERENTE DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

PEDRO LUIZ DA SILVA NETO

#### **GESTOR DE INFRAESTRUTURA**

EDUARDO CAMPOS DAMACENA

### **EQUIPE TÉCNICA GEPAE (CONSÓRCIO GERENCIADOR DOR)**

THAYSSA DA SILVA PRATA PARUSSOLI

DENISE PEREIRA DA CUNHA

KATIANE LIMA DA SILVA

LEANDRO SILVA ALMEIDA

LUCAS SOUZA PEREIRA

MURILLO RODRIGUES LEAL DE MEDEIROS

RAFAEL BATISTA AZEVEDO

WALISSON JÚLIO DE SOUSA RODRIGUES

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 1 – Perímetro urbano mais próximo: Nova Roma-GO.....</i>                                              | <i>9</i>  |
| <i>Figura 2 – Perímetro Rio Paranã.....</i>                                                                     | <i>10</i> |
| <i>Figura 3 - Localização .....</i>                                                                             | <i>10</i> |
| <i>Figura 4 – Mapa de Situação .....</i>                                                                        | <i>11</i> |
| <i>Figura 5 –Carta Topográfica do trecho entre o Entr. GO-116 e o Perímetro Urbano de Flores de Goiás. ....</i> | <i>12</i> |
| <i>Figura 6 – Localização – Estudo Hidrológico .....</i>                                                        | <i>17</i> |
| <i>Figura 7- Relevo Bacia Rio Paranã (Geomorfologia) .....</i>                                                  | <i>19</i> |
| <i>Figura 8 - Clima Bacia Paranã .....</i>                                                                      | <i>20</i> |
| <i>Figura 9 - Uso do Solo Bacia Paranã .....</i>                                                                | <i>21</i> |
| <i>Figura 10 – Precipitação Média Anual.....</i>                                                                | <i>22</i> |
| <i>Figura 11- Precipitação Média, Máximo e Mínima Mensal.....</i>                                               | <i>23</i> |
| <i>Figura 12 – Precipitação Total e Máxima em 24 horas .....</i>                                                | <i>24</i> |
| <i>Figura 13 – Localização das Estações Pluviométrica e Fluviométrica .....</i>                                 | <i>26</i> |
| <i>Figura 14 – Mapa de Isozonas de Torrico .....</i>                                                            | <i>30</i> |
| <i>Figura 15 – Curva Precipitação .....</i>                                                                     | <i>32</i> |
| <i>Figura 16 – Intensidade Pluviométrica .....</i>                                                              | <i>32</i> |
| <i>Figura 17 – Hidrograma Triangular Sintético.....</i>                                                         | <i>36</i> |
| <i>Figura 18 – Curva do Dimensionamento Hidráulico e Gráfico Cota x A e AR 2/3 .....</i>                        | <i>51</i> |
| <i>Figura 19 – Perfil Longitudinal Eixo da Ponte.....</i>                                                       | <i>52</i> |
| <i>Figura 20 – Perfil longitudinal .....</i>                                                                    | <i>58</i> |
| <i>Figura 21 – Perfil Longitudinal Eixo da Ponte.....</i>                                                       | <i>59</i> |
| <i>Figura 22 – Seção transversal da OAE .....</i>                                                               | <i>62</i> |
| <i>Figura 23 – Seção transversal: Proposta 1 .....</i>                                                          | <i>65</i> |
| <i>Figura 24 – Seção transversal: Proposta 2 .....</i>                                                          | <i>66</i> |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 25 – Corte transversal da estrutura – Proposta 1</i> .....               | 68 |
| <i>Figura 26 – Corte longitudinal</i> .....                                        | 68 |
| <i>Figura 27 – Detalhes das longarinas</i> .....                                   | 69 |
| <i>Figura 28 – Detalhe das transversinas</i> .....                                 | 70 |
| <i>Figura 29 – Detalhe das lajes</i> .....                                         | 70 |
| <i>Figura 30 – Detalhe das travessas dos encontros</i> .....                       | 71 |
| <i>Figura 31 – Detalhe das travessas centrais</i> .....                            | 72 |
| <i>Figura 32 – Detalhe alas</i> .....                                              | 72 |
| <i>Figura 33 – Detalhe das lajes de aproximação</i> .....                          | 73 |
| <i>Figura 34 – Pilares da OAE</i> .....                                            | 74 |
| <i>Figura 35 – Drenos e pingadeira – Proposta 2</i> .....                          | 74 |
| <i>Figura 36 – Detalhe de lançamento das longarinas</i> .....                      | 75 |
| <i>Figura 37 – Carga por estaca (kgf)</i> .....                                    | 77 |
| <i>Figura 38 – Capacidade Geotécnica (Encontro 1 – SM-01) – Aoki Velloso</i> ..... | 78 |
| <i>Figura 39 – Capacidade Geotécnica (Pórtico 1 – SM-01) – Aoki Velloso</i> .....  | 79 |
| <i>Figura 40 – Capacidade Geotécnica – Antunes e Cabral</i> .....                  | 80 |
| <i>Figura 41 – Infraestrutura (encontro 1)</i> .....                               | 81 |
| <i>Figura 42 – Infraestrutura (pórtico 1)</i> .....                                | 82 |
| <i>Figura 43 – Infraestrutura (pórticos 2)</i> .....                               | 82 |
| <i>Figura 44 – Infraestrutura (pórtico 3)</i> .....                                | 83 |
| <i>Figura 45 – Infraestrutura (pórtico 4)</i> .....                                | 84 |
| <i>Figura 46 – Infraestrutura (pórtico 5)</i> .....                                | 84 |
| <i>Figura 47 – Infraestrutura (pórtico 6)</i> .....                                | 85 |
| <i>Figura 48 – Infraestrutura (encontro 2)</i> .....                               | 85 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                     |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                           | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>MAPA DE SITUAÇÃO .....</b>                                       | <b>9</b>  |
| <b>3</b> | <b>ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....</b>                                   | <b>11</b> |
| 3.1      | Mapa de situação .....                                              | 11        |
| 3.2      | Carta Topográfica .....                                             | 11        |
| 3.3      | Estudo Topográfico .....                                            | 13        |
| 3.3.1    | Planta de levantamento topográfico .....                            | 14        |
| <b>4</b> | <b>ESTUDO HIDROLÓGICO .....</b>                                     | <b>16</b> |
| 4.1      | Apresentação .....                                                  | 16        |
| 4.2      | Localização da Ponte.....                                           | 16        |
| 4.3      | Objetivo .....                                                      | 17        |
| 4.4      | Caracterização da bacia .....                                       | 18        |
| 4.4.1    | Relevo .....                                                        | 18        |
| 4.4.2    | Clima .....                                                         | 19        |
| 4.4.3    | Uso do solo .....                                                   | 20        |
| 4.4.4    | Pluviometria .....                                                  | 22        |
| 4.5      | Levantamento de dados .....                                         | 25        |
| 4.5.1    | Estação Pluviométrica.....                                          | 25        |
| 4.5.2    | Estação Fluviométrica.....                                          | 25        |
| 4.5.3    | Delimitação da bacia.....                                           | 27        |
| 4.6      | Dimensionamento das vazões .....                                    | 27        |
| 4.6.1    | Método do hidrograma unitário (HUT) - dados pluviométricos.....     | 27        |
| 4.6.2    | Cálculo das Descargas de Projeto .....                              | 33        |
| 4.6.3    | Vazão de Projeto .....                                              | 47        |
| 4.7      | Dimensionamento Hidráulico.....                                     | 47        |
| 4.7.1    | Método de Determinação da Cota Máxima de Cheia e Vão da Obra – DNIT |           |

|          |                                                                               |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b> | <b>DRENAGEM.....</b>                                                          | <b>52</b> |
| 5.1      | Drenagem superficial.....                                                     | 52        |
| 5.1.1    | Sarjeta de aterro .....                                                       | 52        |
| 5.1.2    | Valeta de proteção aterro.....                                                | 53        |
| 5.1.3    | Descidas .....                                                                | 53        |
| 5.1.4    | Dissipadores de Energia .....                                                 | 53        |
| 5.1.5    | Bueiros .....                                                                 | 53        |
| 5.1.6    | Quantitativos .....                                                           | 54        |
| 5.1.7    | Desenhos.....                                                                 | 55        |
| <b>6</b> | <b>GEOMÉTRICO .....</b>                                                       | <b>55</b> |
| 6.1      | Características operacionais.....                                             | 56        |
| 6.2      | Perfil longitudinal .....                                                     | 58        |
| 6.3      | Seção Tipo.....                                                               | 58        |
| <b>7</b> | <b>ANTEPROJETO DA OAE.....</b>                                                | <b>60</b> |
| 7.1      | Apresentação .....                                                            | 60        |
| 7.2      | Normas utilizadas .....                                                       | 61        |
| 7.3      | Considerações base de projeto .....                                           | 62        |
| 7.3.1    | Considerações de cálculo .....                                                | 62        |
| 7.4      | Análise das alternativas .....                                                | 63        |
| 7.4.1    | Proposta 1: Estrutura com cinco longarinas pré-moldadas protendidas por vão.  | 65        |
| 7.4.2    | Proposta 2: Estrutura com quatro longarinas pré-moldadas protendidas por vão. | 65        |
| 7.4.3    | Escolha da solução:.....                                                      | 66        |
| 7.5      | Memoria Descritiva da solução escolhida.....                                  | 67        |
| 7.6      | Pré-dimensionamento da solução escolhida .....                                | 69        |
| 7.6.1    | Lançamento das longarinas .....                                               | 74        |
| 7.7      | Proposta: Escolha da fundação .....                                           | 75        |

|       |                                                        |           |
|-------|--------------------------------------------------------|-----------|
| 7.7.1 | Tipologia de Fundações:.....                           | 75        |
| 7.7.2 | Pré-dimensionamento .....                              | 77        |
| 8     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                      | <b>87</b> |
| 9     | <b>ART - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA.....</b> | <b>88</b> |
| 10    | <b>TERMO DE ENCERRAMENTO .....</b>                     | <b>92</b> |

## 1 APRESENTAÇÃO

Este documento é composto pelos resultados dos estudos topográfico, hidrológico, geométrico e do estudo da obra de arte especial (OAE), reunidos com o objetivo de subsidiar o processo de tomada de decisão quanto à concepção estrutural da ponte.

O relatório apresenta soluções técnica e economicamente fundamentadas, compatíveis com as condições locais de implantação e alinhadas às diretrizes estabelecidas pela GOINFRA, fornecendo subsídios essenciais à definição do projeto executivo.

A elaboração do anteprojeto contempla a disponibilização dos seguintes volumes:

| VOLUME | TÍTULO               | FORMATO |
|--------|----------------------|---------|
| 1      | Relatório de Projeto | A4      |
| 2      | Anteprojeto          | A3      |
| 3B     | Estudos Geotécnicos  | A4      |
| 4      | Orçamento            | A4      |

## 2 MAPA DE SITUAÇÃO

A seguir, apresenta-se o mapa de situação objeto:

*Figura 1 – Perímetro urbano mais próximo: Nova Roma-GO*



A ponte está localizada na rodovia GO-112, sobre o Rio Paranã, no trecho entre Nova Roma / Monte Alegre de Goiás no perímetro urbano de Nova Roma-GO. A obra de arte especial encontra-se nas coordenadas (-13.603072°, -46.864573°). A imagem acima apresenta a identificação e a delimitação do segmento analisado.

*Figura 2 – Perímetro Rio Paranã*

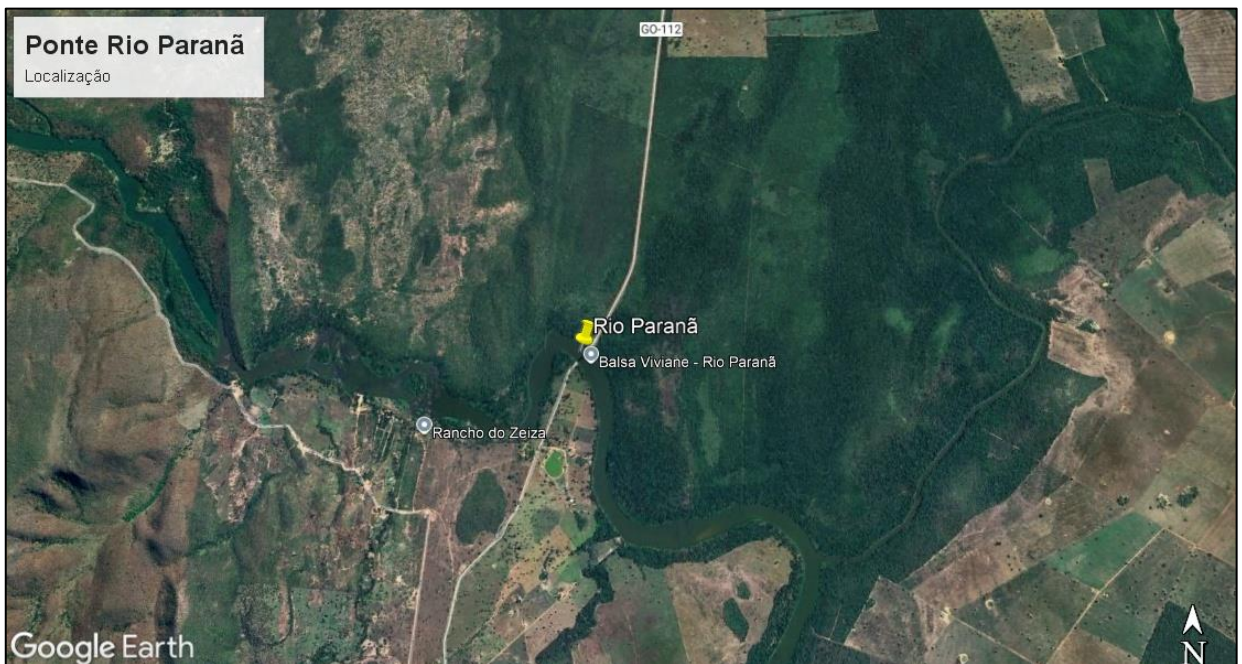
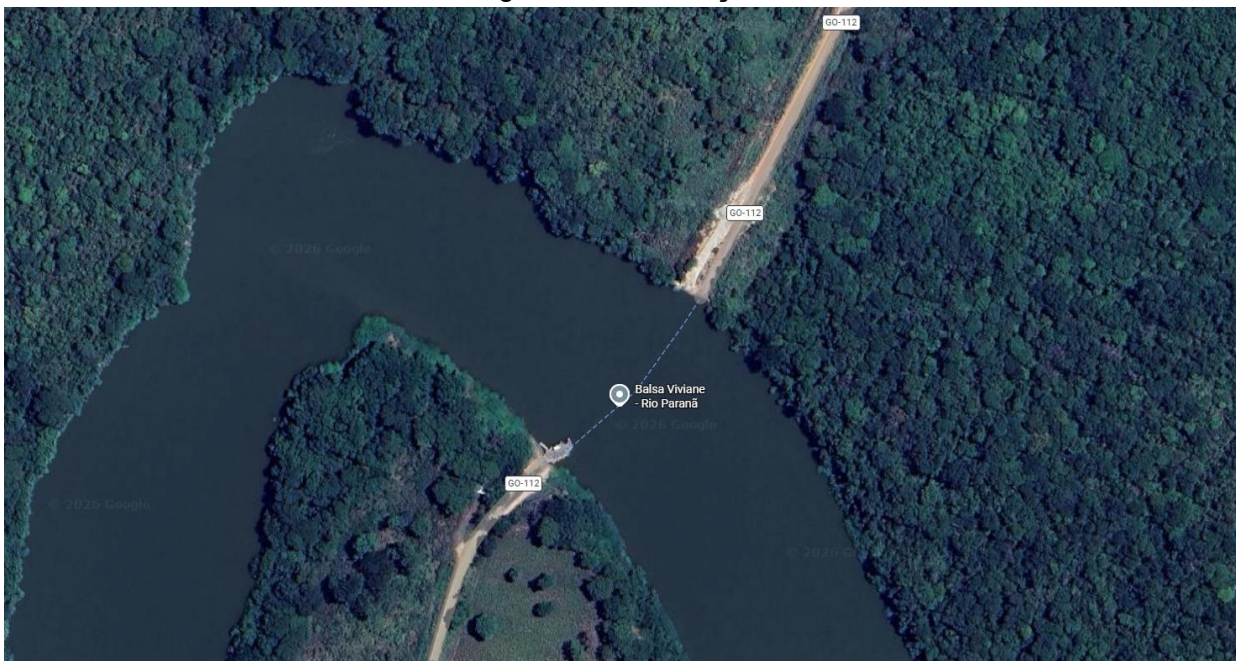


*Figura 3 - Localização*



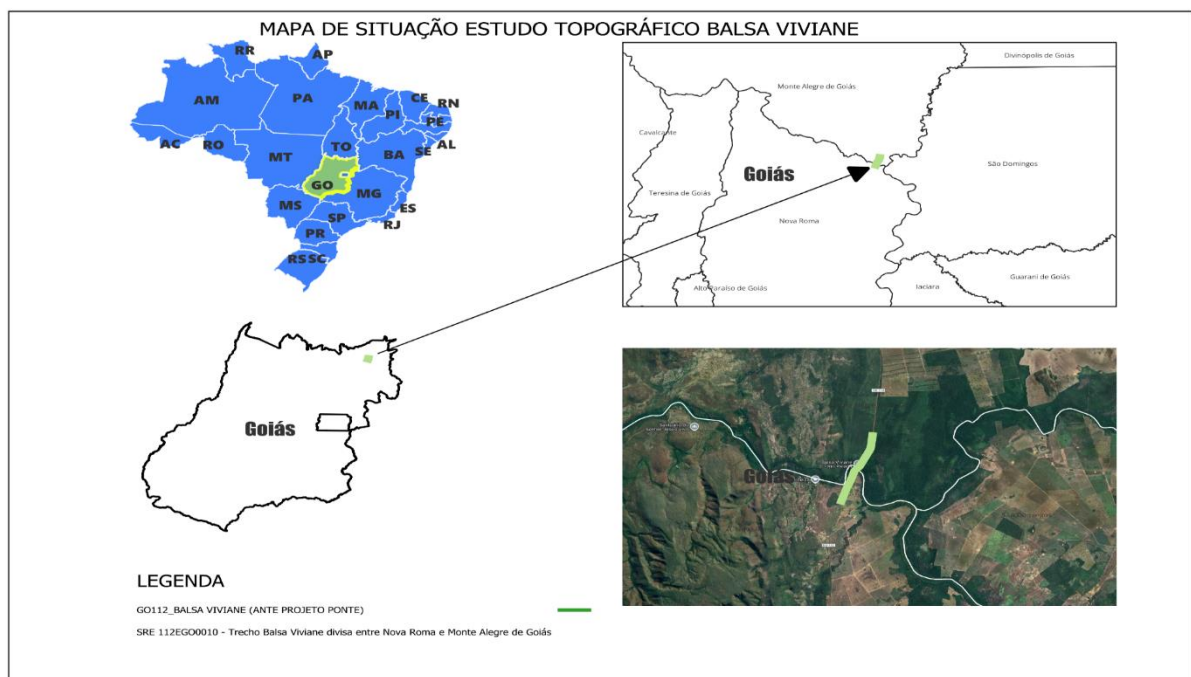
### 3 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Para os estudos topográficos estão sendo adotadas como referência as informações topográficas constantes no Estudos Topográficos desenvolvido pelo Consórcio Supervisão Goiás em Movimento SB no âmbito do Contrato nº 111/2024, contemplando os elementos necessários para subsidiar a elaboração do Anteprojeto da OAE.

#### 3.1 Mapa de situação

A seguir, apresenta-se o mapa de situação objeto deste contrato:

*Figura 4 – Mapa de Situação*



#### 3.2 Carta Topográfica

Para realização do levantamento, foram utilizados dois receptores, e um ecobatímetro, conforme descrito abaixo:

Equipamentos Utilizados:

- Um receptor TPS T20 Plus (Base);
- Um receptor TPS 95 (Rover);
- Ecobatímetro Apache 3.

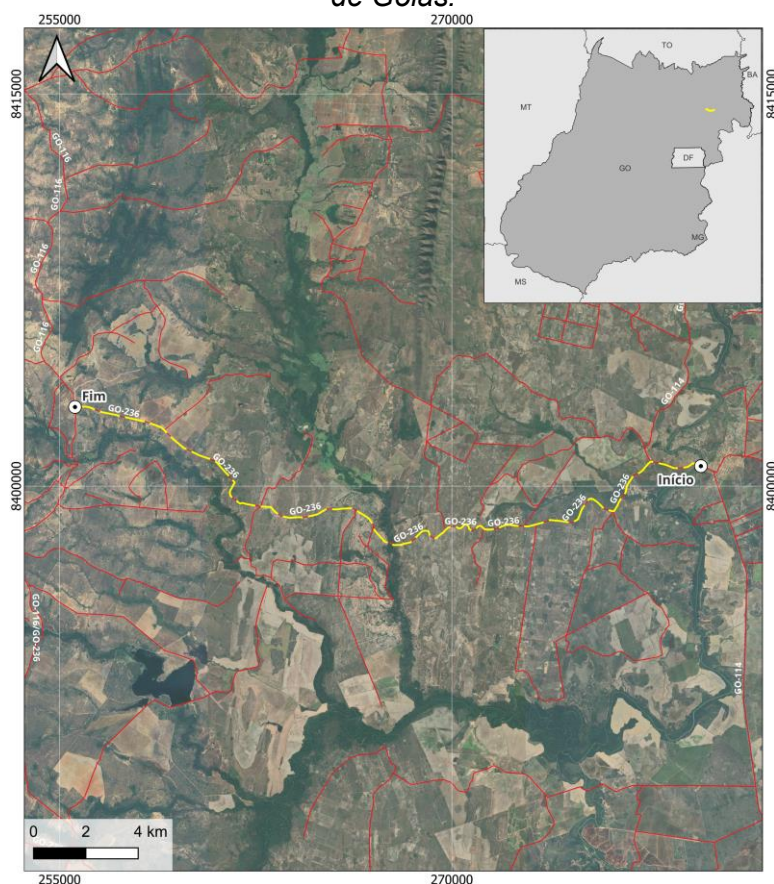
Processamento do Marco Base – M1

Para o estabelecimento do Marco Base M1, implantado nas proximidades da área de estudo, foram coletados dados GNSS em modo estático, com tempo de rastreamento adequado para garantir a precisão posicional exigida, conforme monografia anexa.

O processamento foi realizado utilizando-se como referência os marcos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC/IBGE) localizados em Uruaçu/GO e Brasília/DF, assegurando a conexão do ponto implantado ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Os dados brutos foram processados no software CHC Geomatics Office 2 (CGO2), com aplicação dos ajustes e análises de qualidade necessários, adotando-se o sistema de referência SIRGAS2000, Fuso 23S. Os relatórios de processamento e validação gerados pelo software estão anexos a este documento para conferência e comprovação da exatidão do ponto.

*Figura 5 – Carta Topográfica do trecho entre o Entr. GO-116 e o Perímetro Urbano de Flores de Goiás.*



### 3.3 Estudo Topográfico

O presente estudo apresenta os procedimentos e resultados referentes à verificação de marcos geodésicos e ao levantamento topográfico realizado na rodovia GO-112, região da Balsa Viviane, localizada no município de Nova Roma. Tendo sua travessia de aproximadamente de 120,00 metros, extensão que se levar em conta para construção da futura ponte.

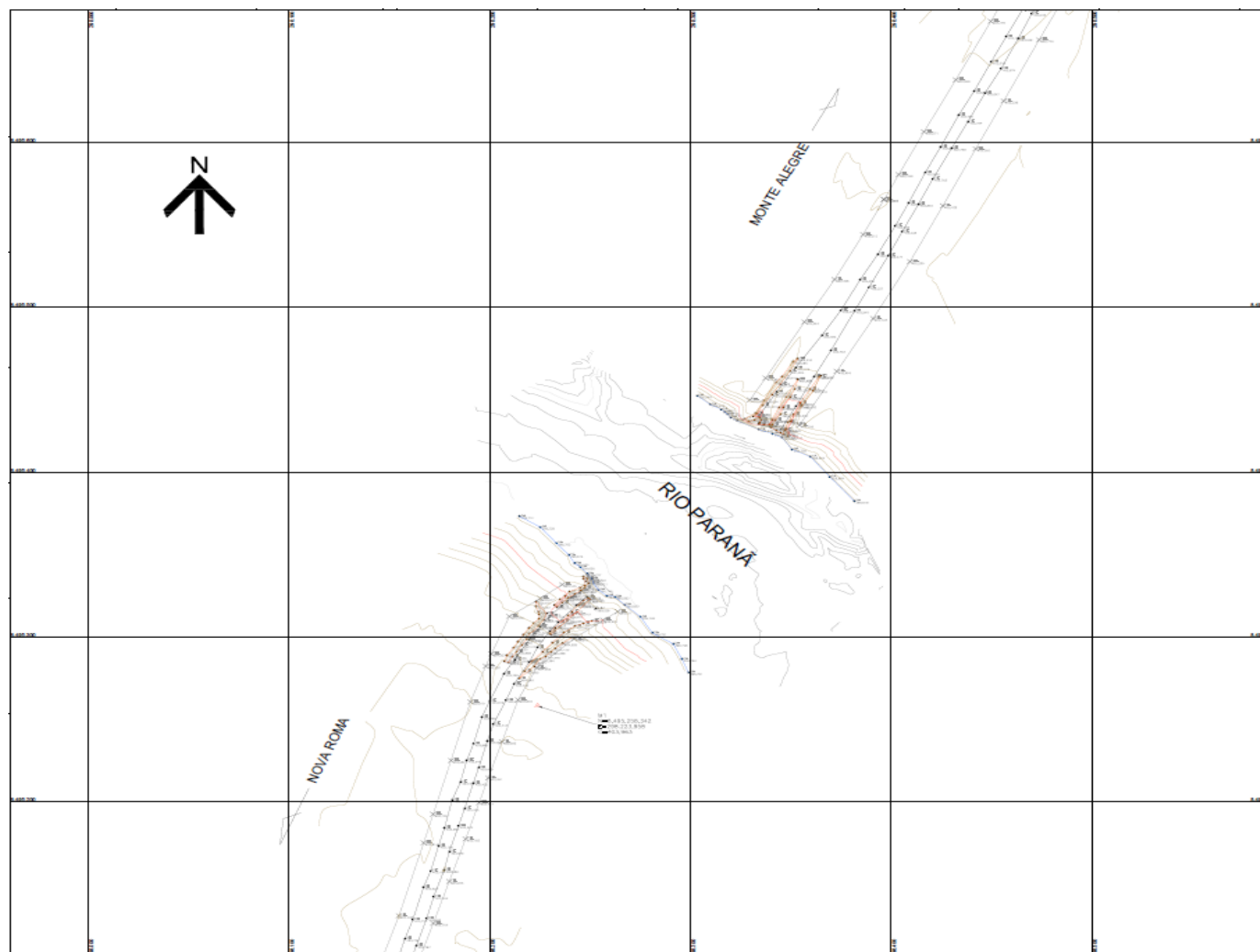
As atividades foram conduzidas com o objetivo de subsidiar o anteprojeto de implantação de uma ponte sobre o curso d'água existente no local, garantindo a obtenção de dados planialtimétricos precisos e a conferência de pontos de controle geodésico necessários para o desenvolvimento do projeto.

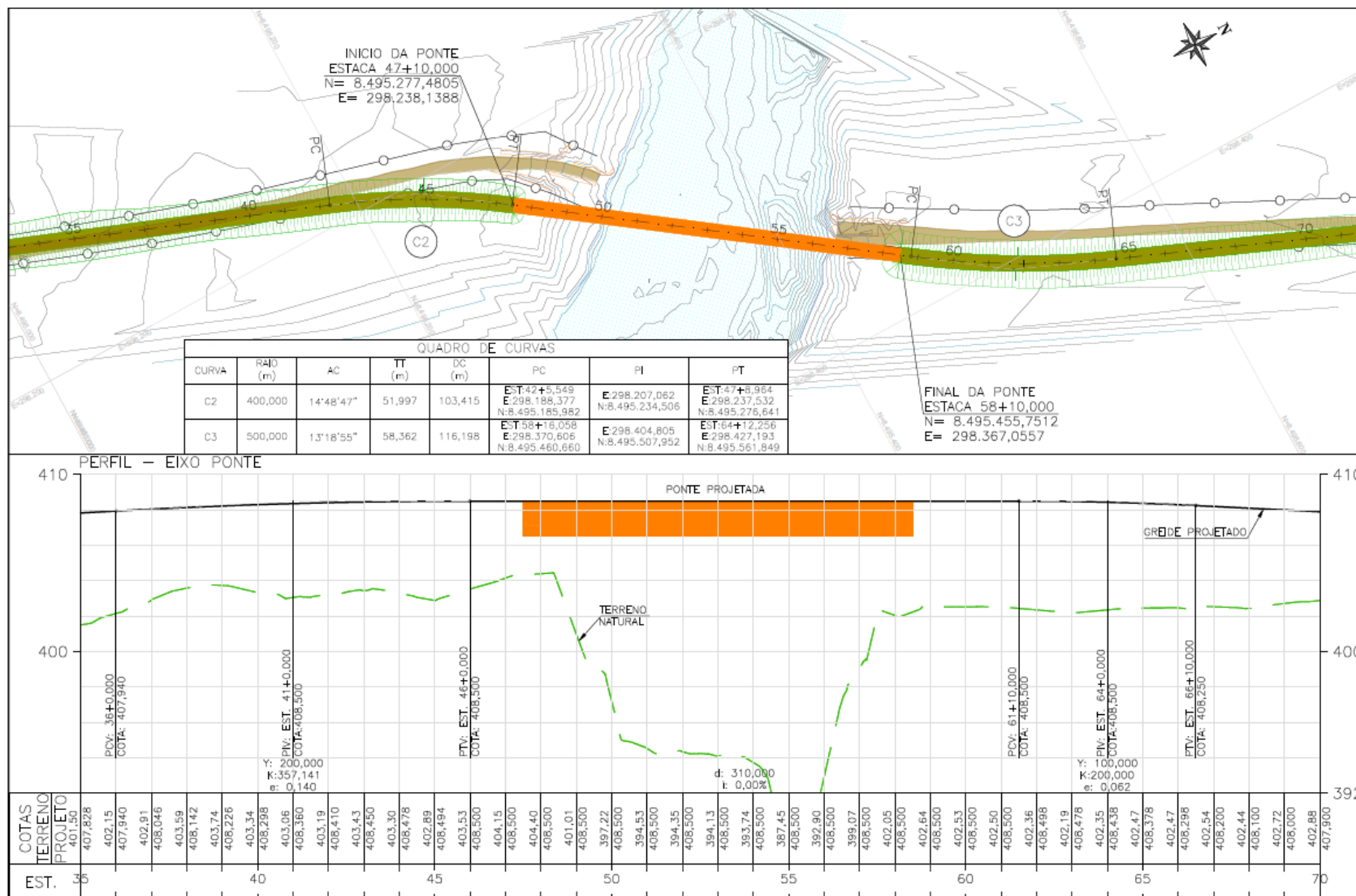
Para início das atividades foi necessário a instalação de um marco de apoio na área de estudo, devidamente processado com base em dados oriundos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, garantindo sua integridade posicional e compatibilidade com os sistemas geodésicos oficiais.

O levantamento topográfico contemplou a coleta de informações planimétricas e altimétricas indispensáveis à caracterização da área, abrangendo margens, leito do rio, acessos e demais elementos relevantes para o projeto da estrutura. Adicionalmente, foi realizada batimetria no local, com o objetivo de obter a configuração do leito submerso, fundamental para o dimensionamento da futura ponte.

Todos os trabalhos foram executados em conformidade com as diretrizes e padrões estabelecidos pela Instrução de Projeto IP-02 da GOINFRA, assegurando a qualidade e a confiabilidade dos dados obtido.

### 3.3.1 Planta de levantamento topográfico





## **4 ESTUDO HIDROLÓGICO**

Para os estudos hidrológico estão sendo adotadas como referência as informações hidrológicas desenvolvido pelo Consórcio Supervisão Goiás em Movimento SB no âmbito do Contrato nº 111/2024, contemplando os elementos necessários para subsidiar a elaboração do Anteprojeto da OAE.

### **4.1 Apresentação**

Este documento constitui o Relatório de Estudos Hidrológicos / Hidráulicos de Pontes, elaborado para fins de definição da estrutura a ser construída sobre o Rio Paranã na GO-112, entre os municípios de Nova Roma e Monte Alegre de Goiás. O relatório foi desenvolvido de acordo com as publicações em vigência disponibilizadas pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes – GOINFRA.

Foi realizada a coleta de elementos para a definição da dimensão da bacia utilizando imagens de satélites georreferenciadas. O processamento dos dados pluviométricos e fluviométricos para apresentação e conclusão do estudo hidrológico possibilitou o cálculo das vazões hidrológicas e a determinação da vazão e nível d'água calculados para a ponte.

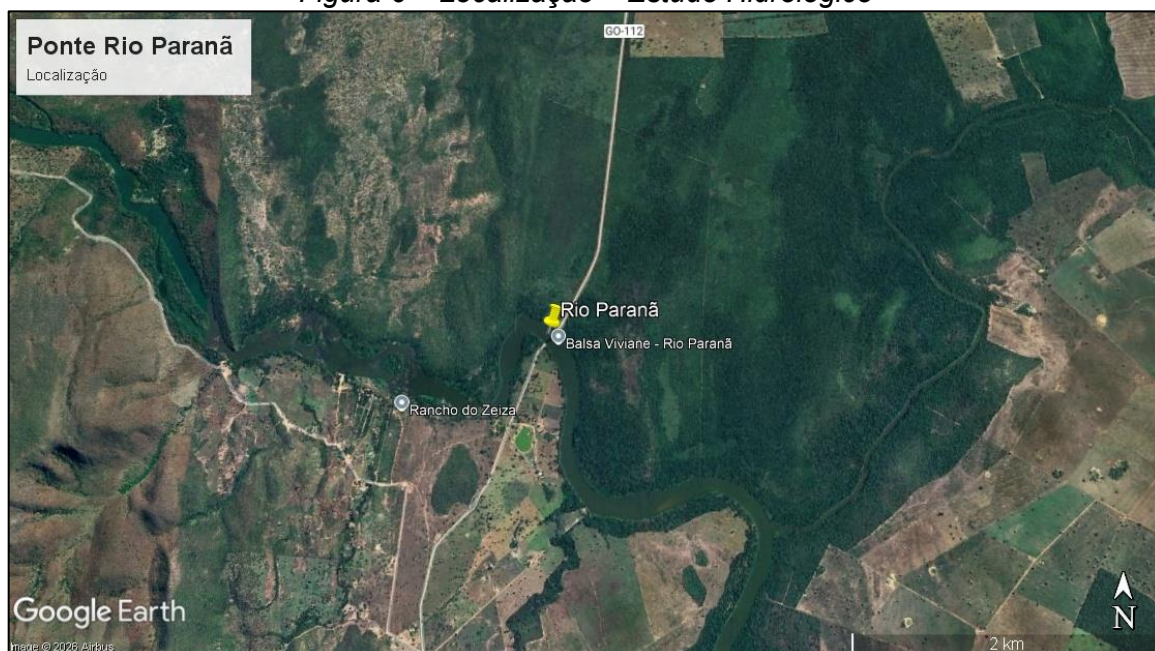
Os dados utilizados para a realização do estudo hidrológico foram:

- Imagens de Satélite;
- Dados Pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA, sendo as estações escolhidas as mais representativas para cada ponte;
- Dados Fluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA, sendo as estações escolhidas as mais representativas para cada ponte.

### **4.2 Localização da Ponte**

- Rodovia: GO-112;
- Trecho: Nova Roma / Monte Alegre de Goiás;
- Localização: 13°36'11.75"S 46°51'51.20"O;
- Balsa Viviane – Rio Paranã;
- Características Gerais: Construção (Implantação de ponte).

*Figura 6 – Localização – Estudo Hidrológico*



### 4.3 Objetivo

Este estudo tem o objetivo de definir o nível d'água calculado da ponte sobre o rio Paranã e definição das vazões máximas relacionadas, de acordo com as publicações em vigência disponibilizadas pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes – GOINFRA.

O estudo é feito seguindo todas as diretrizes e legislação vigente pelo DNIT e GOINFRA, observando os seguintes documentos:

- Instrução de Projetos Rodoviários - IP-03 2023 GOINFRA – Estudos Hidrológicos;
- Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – IPR-715 2005 DNIT;
- Instrução de Serviço - IS-203: ESTUDOS HIDROLÓGICOS – IPR-726 2006 DNIT.

## **4.4 Caracterização da bacia**

### **4.4.1 Relevo**

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranã está inserida no domínio do Planalto Central Brasileiro, apresentando relevo predominantemente suave ondulado a ondulado, com setores localizados de relevo fortemente dissecado, associados aos vales do rio Paranã e de seus principais afluentes.

As chapadas e superfícies aplainadas constituem os interflúvios predominantes, com declividades geralmente inferiores a 5%, favoráveis à implantação de infraestrutura linear. Em contrapartida, nas áreas de vale e encostas adjacentes, observam-se declividades superiores a 12%, com maior suscetibilidade a processos erosivos, exigindo medidas específicas de estabilização de taludes e controle de drenagem superficial.

Destaca-se a ocorrência de sistemas cársticos, desenvolvidos sobre litologias carbonáticas, caracterizados por dolinas, sumidouros, cavernas e drenagem subterrânea ativa. Essas áreas apresentam alta vulnerabilidade geotécnica e hidrogeológica, demandando investigações geotécnicas detalhadas (sondagens, ensaios in situ e mapeamento estrutural) para subsidiar o projeto de fundações, obras de arte especiais e dispositivos de drenagem.

A área analisada abrange diferentes formas de relevo, incluindo planícies, chapadas, patamares e planaltos, conforme ilustrado na Figura 1 - Bacia do Rio Paranã.

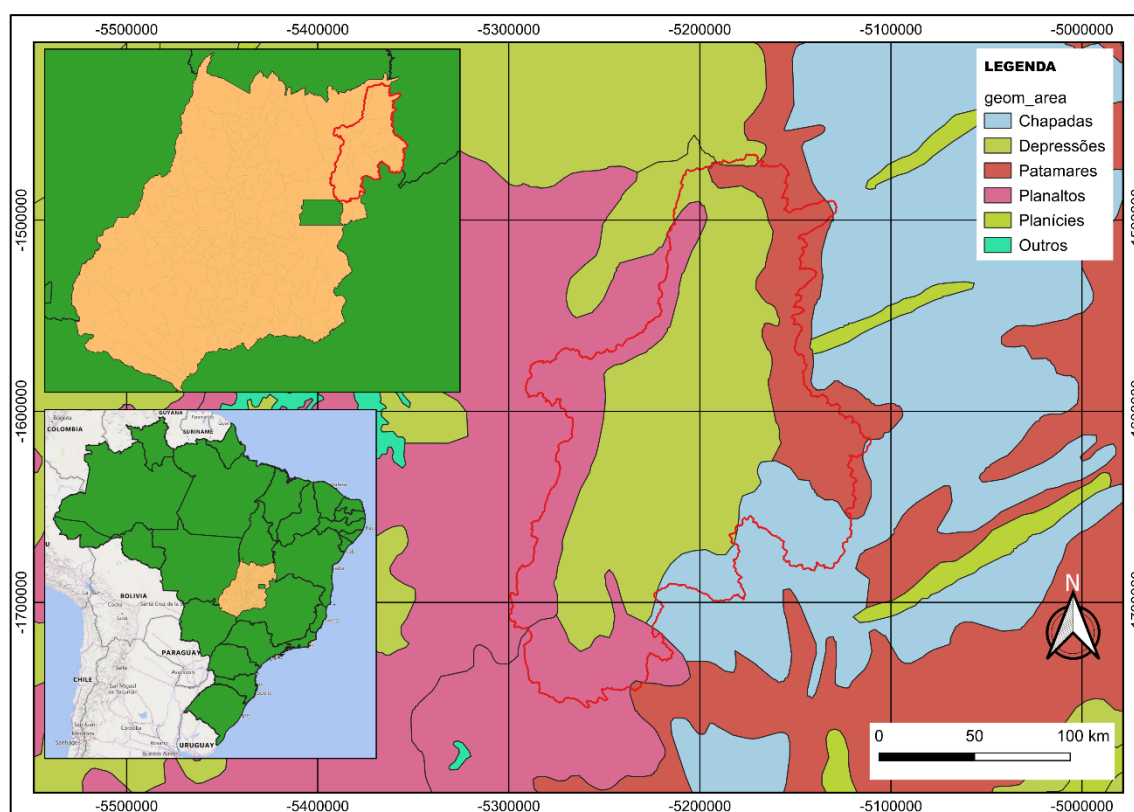
As planícies são áreas de relevo plano ou levemente ondulado, originadas por deposição recente ligada à dinâmica fluvial. Na Bacia do Rio Paranã, localizam-se nos fundos de vale e margens dos rios, entre 500 m e 650 m de altitude. Essas zonas, sujeitas a inundações e variações do lençol freático, são sensíveis em projetos de engenharia devido ao acúmulo de sedimentos finos.

As chapadas são relevos tabulares com superfícies planas e extensas, limitadas por escarpas, presentes em altitudes entre 900 m e 1.100 m. Os topos possuem baixas declividades, favorecendo uso agropecuário e implantação de infraestrutura, desde que haja atenção à drenagem.

Os patamares formam níveis intermediários do relevo, atuando como transição entre áreas altas e baixas, com altitudes médias de 700 m a 900 m, moderada declividade e maior energia do relevo. Neles, estabilidade de taludes e controle de erosão precisam ser monitorados.

Os planaltos são áreas elevadas, predominando processos erosivos, com cotas entre 800 m e 1.100 m. Englobam chapadas preservadas e regiões dissecadas com patamares e vales encaixados, tendo papel essencial no escoamento superficial e compartimentação da drenagem regional.

*Figura 7- Relevo Bacia Rio Paranã (Geomorfologia)*



#### 4.4.2 Clima

O clima da bacia é classificado como Tropical Aw, com regime pluviométrico sazonal bem definido, aspecto determinante para o dimensionamento hidráulico e a programação de obras.

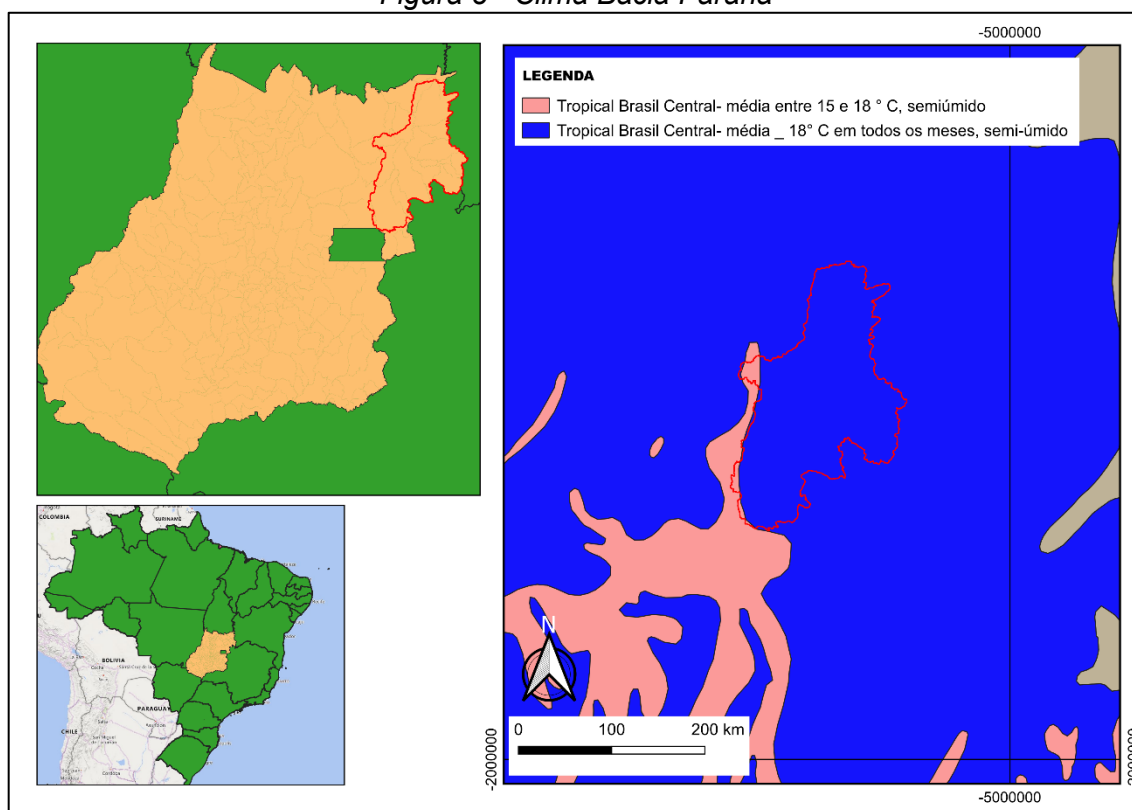
A precipitação média anual situa-se entre 1.200 mm e 1.600 mm de forma geral, com aproximadamente 80% do total concentrado entre outubro a abril. Esse

padrão resulta em picos de vazão significativos no período chuvoso, devendo ser considerados nos estudos de cheias, definição de cotas de implantação, dimensionamento de bueiros, pontes e demais dispositivos de drenagem.

Durante o período seco (maio a setembro), ocorrem vazões reduzidas e rebaixamento do nível freático, condição favorável à execução de serviços em leito e margens, porém com necessidade de controle rigoroso de poeira e estabilidade superficial dos solos expostos.

As temperaturas médias anuais variam entre 15 °C e 18 °C, conforme demonstrado Fig.2- Clima Bacia Paranã, não representando restrições térmicas relevantes às soluções construtivas, mas influenciando processos de intemperismo e comportamento dos solos tropicais.

*Figura 8 - Clima Bacia Paranã*



#### 4.4.3 Uso do solo

A ocupação do solo na Bacia do Rio Paranã é predominantemente agropecuária, com ampla presença de pastagens cultivadas e áreas de agricultura mecanizada, especialmente sobre as chapadas. Esse padrão de uso resulta, em

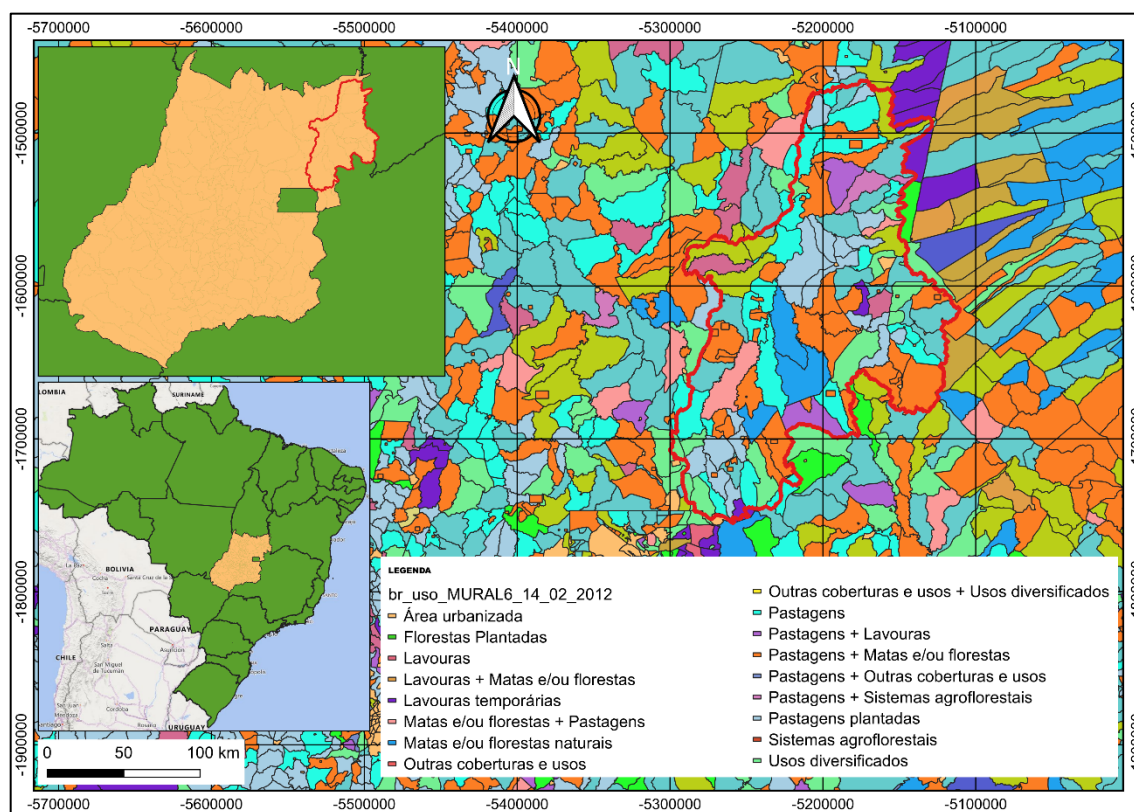
diversos trechos, em redução da cobertura vegetal nativa, aumento do escoamento superficial e potencial intensificação de processos erosivos e de assoreamento.

Os remanescentes de vegetação nativa do bioma Cerrado, incluindo Cerrado stricto sensu, Cerradão e Matas de Galeria, concentram-se principalmente ao longo dos cursos d'água e em áreas de relevo mais acidentado. As matas ciliares exercem papel essencial na proteção das margens e devem ser consideradas como áreas ambientalmente sensíveis, com restrições à intervenção direta e necessidade de medidas compensatórias quando aplicável.

Registram-se atividades minerárias pontuais, sobretudo de extração de calcário, que podem representar interferências diretas no subsolo e no regime hidrogeológico local, devendo ser compatibilizadas com o projeto executivo e com as condicionantes ambientais vigentes.

A ocupação urbana é dispersa e de baixa densidade, concentrada em núcleos urbanos de pequeno e médio porte, com interferências localizadas em sistemas viários, travessias e dispositivos de drenagem existentes.

*Figura 9 - Uso do Solo Bacia Paranã*

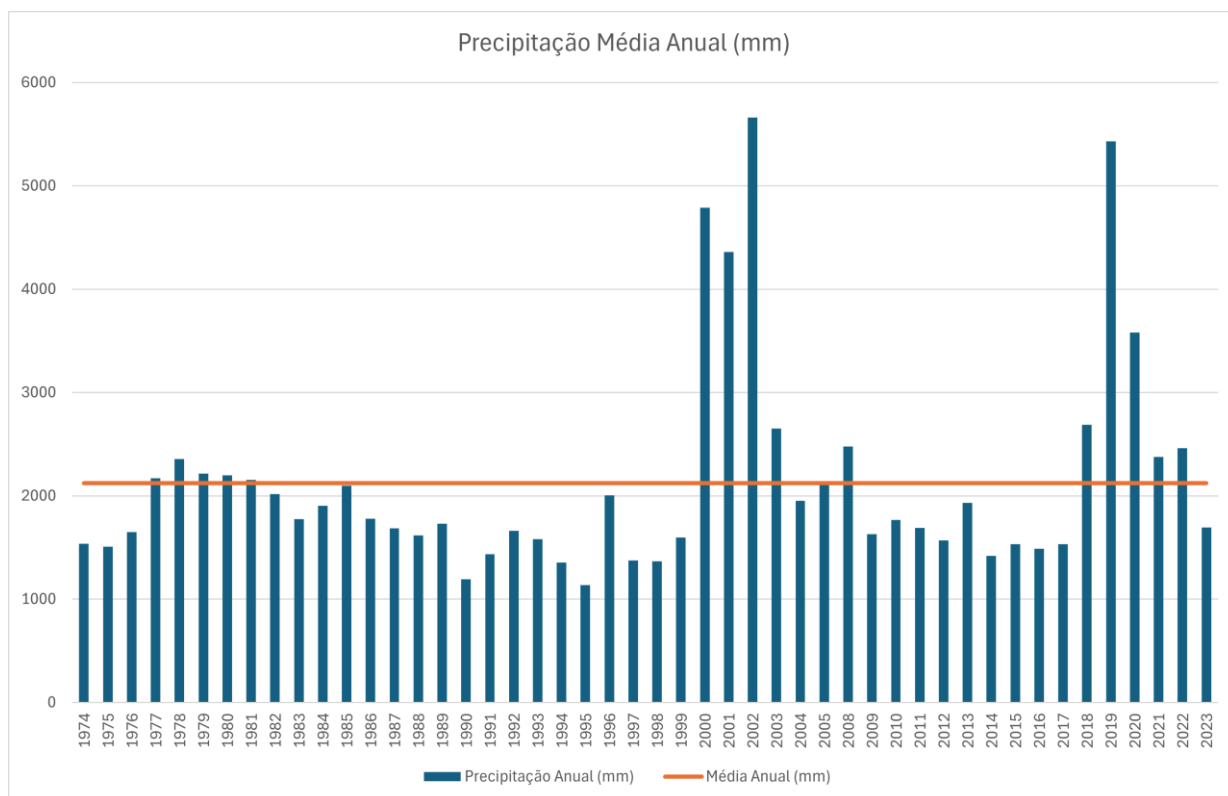


#### 4.4.4 Pluviometria

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranã apresenta regime pluviométrico tipicamente tropical sazonal, fortemente condicionado à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e de sistemas convectivos associados ao verão austral.

A precipitação média anual situa-se, de forma geral, entre 1.200 mm e 1.600 mm, com variações espaciais associadas à altitude, à compartimentação do relevo e à posição na bacia (alto, médio e baixo curso). Com o estudo da estação representativa da região de estudo verificou-se uma precipitação média de 2.200, sendo as maiores precipitações ocorridas nos anos: 2000 (4.789,50 mm), 2001 (4.361,00 mm), 2002 (5.660,50 mm), 2003 (2.652,20 mm), 2008 (2.477,80 mm), 2018 (2.685,70 mm), 2019 (5.431,00 mm), 2020 (3.578,70 mm), 2021 (2.374,20mm), 2022 (2.461,70 mm).

*Figura 10 – Precipitação Média Anual*



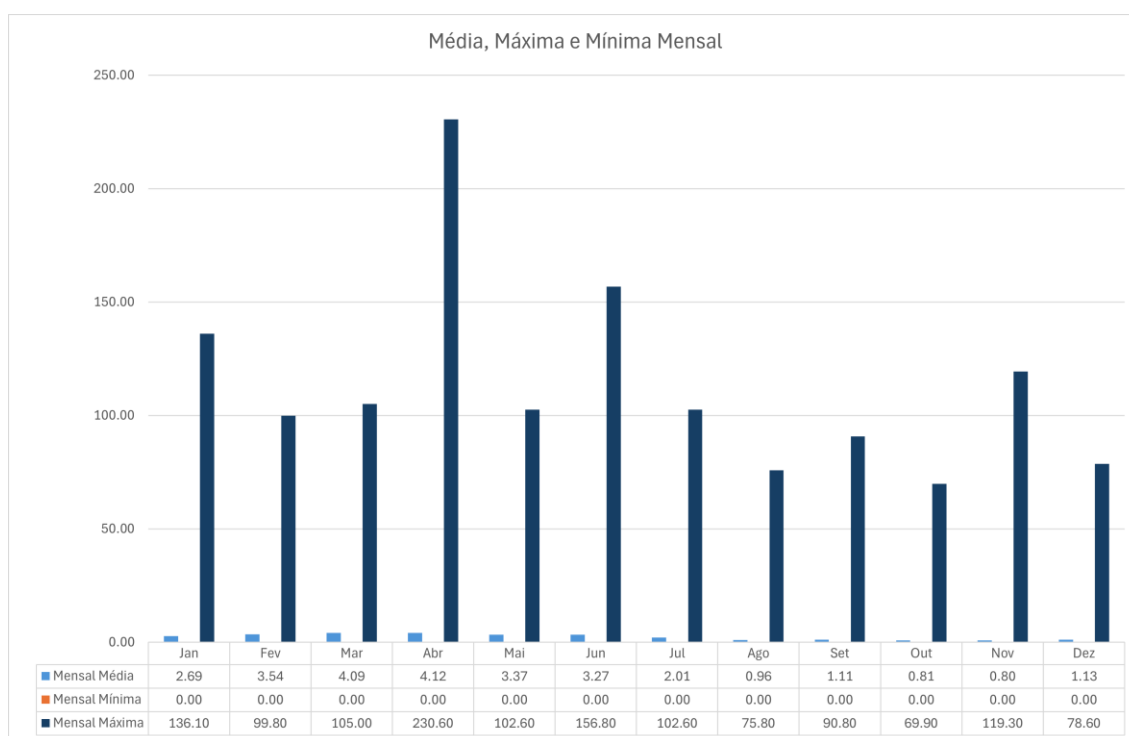
A distribuição das chuvas ao longo do ano é altamente concentrada, caracterizando dois períodos bem definidos:

- Período chuvoso: de outubro a abril, responsável por aproximadamente 75% a 85% do total anual;
- Período seco: de maio a setembro, com índices pluviométricos mensais reduzidos e ocorrência frequente de estiagens prolongadas.

De forma típica, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro concentram os maiores volumes mensais, com totais frequentemente superiores a 100 mm/mês, podendo ocorrer eventos extremos de curta duração e alta intensidade.

Durante o período seco, os totais mensais geralmente permanecem inferiores a 50 mm, sendo comuns meses com precipitação próxima de zero, o que influencia diretamente as vazões mínimas e o rebaixamento do nível freático.

*Figura 11- Precipitação Média, Máximo e Mínimo Mensal*



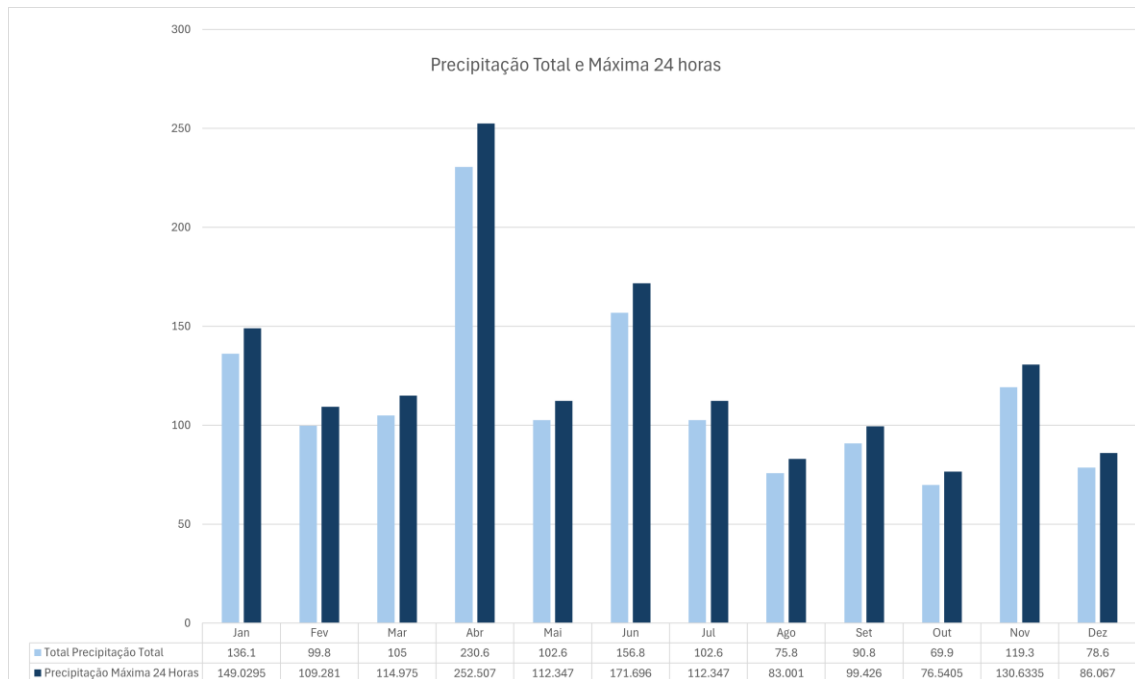
As chuvas predominantes na bacia são do tipo convectivo, caracterizadas por:

- alta intensidade;
- curta duração;
- distribuição espacial irregular.

Essas características favorecem:

- elevados picos de vazão instantânea;
- aumento do escoamento superficial direto;
- intensificação de processos de erosão laminar, ravinamento e transporte sólido.

*Figura 12 – Precipitação Total e Máxima em 24 horas*



O regime pluviométrico da Bacia do Rio Paranã implica:

- resposta hidrológica rápida em sub-bacias com baixa infiltração e uso agropecuário intensivo;
- acentuada diferença entre vazões máximas e mínimas, com cheias concentradas no verão e estiagens severas no inverno;
- necessidade de adoção de períodos de retorno compatíveis com a importância da obra, considerando a frequência de eventos intensos;
- atenção especial ao transporte de sedimentos, diretamente relacionado à ocorrência de chuvas intensas sobre solos expostos.

## 4.5 Levantamento de dados

### 4.5.1 Estação Pluviométrica

Para o estudo das precipitações pluviométricas utiliza-se os dados da Estação Meteorológica mais representativa para a região da bacia hidrográfica, sendo que os dados foram coletados junto à ANA (Agência Nacional de Águas).

Ao acessar o mapa do site hidroweb da ANA (Agência Nacional de Águas), é possível verificar e identificar as estações pluviométricas mais adequadas para cada ponte do presente estudo. A seguir são apresentadas as principais informações da estação selecionada:

*Tabela 1 – Dados Básicos da Estação Pluviométrica*

| <b>DADOS DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SELECIONADA</b> |                            |               |              |              |             |              |
|---------------------------------------------------|----------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>CÓDIGO</b>                                     | <b>NOME DA<br/>ESTAÇÃO</b> | <b>RIO</b>    | <b>RESP.</b> | <b>OPER.</b> | <b>LAT.</b> | <b>LONG.</b> |
| 1.346.004                                         | CAMPOS<br>BELOS            | RIO<br>PARANÁ | ANA          | SGB-<br>CPRM | -13.0367    | -46.7769     |

### 4.5.2 Estação Fluviométrica

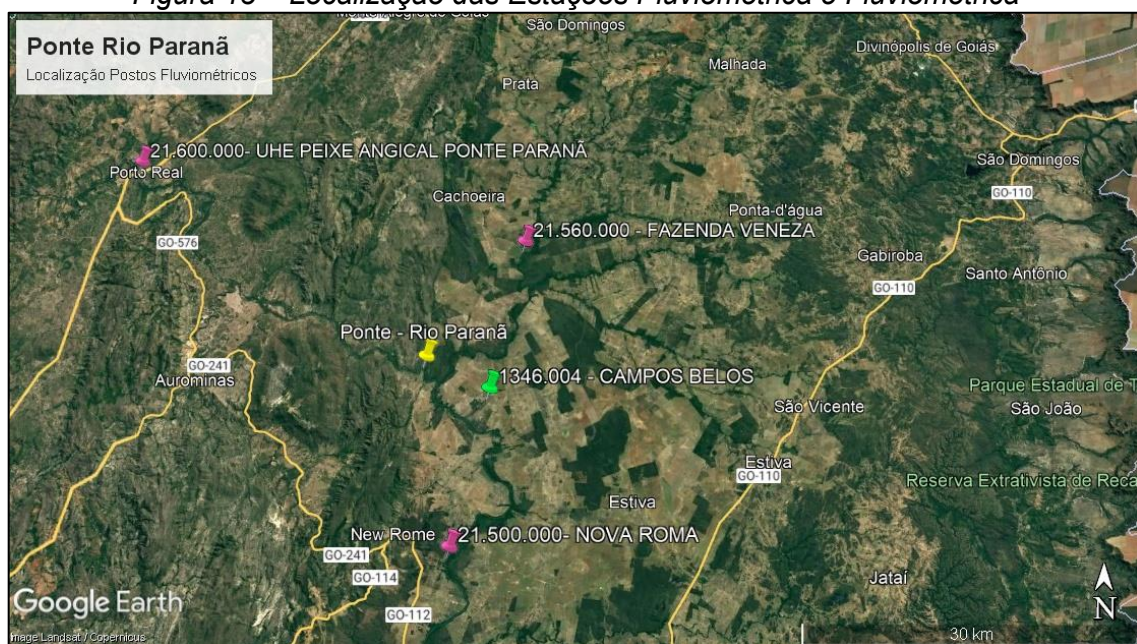
Para o dimensionamento de pontes sempre deve-se verificar a disponibilidade de dados de estações fluviométricas na bacia hidrográfica do curso d'água em estudo ou em bacias hidrográficas próximas que apresentem características semelhantes, utilizando a transferência de dados entre bacias.

Para este estudo os dados fluviométricos disponíveis junto à ANA (Agência Nacional de Águas) estão indicados no quadro a seguir:

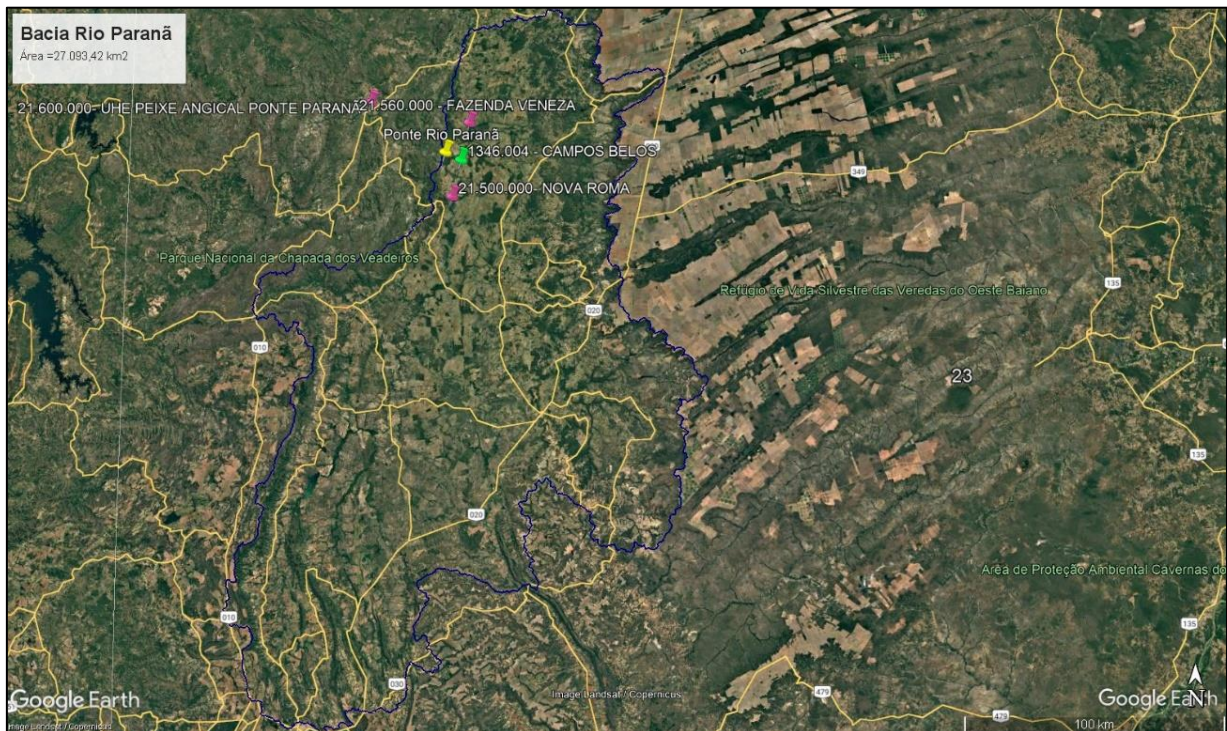
*Tabela 2 – Dados Básicos da Estação Fluviométrica*

| DADOS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA SELECIONADA |                                |                  |       |            |          |          |
|--------------------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------------|----------|----------|
| CÓDIGO                                     | NOME DA ESTAÇÃO                | RIO              | RESP. | OPER.      | LAT.     | LONG.    |
| 21.560.000                                 | FAZENDA VENEZA                 | RIO SÃO DOMINGOS | ANA   | SGB-CPRM   | -13,4986 | -46,7803 |
| 21.500.000                                 | NOVA ROMA (FAZ.SUCURI)         | RIO PARANÃ       | ANA   | SGB-CPRM   | -13,7625 | -46,8375 |
| 21.600.000                                 | UHE PEIXE ANGICAL PONTE PARANÃ | RIO PARANÃ       | ANA   | ENER PEIXE | -13,4250 | -47,1383 |

*Figura 13 – Localização das Estações Pluviométrica e Fluviométrica*



### 4.5.3 Delimitação da bacia



### 4.6 Dimensionamento das vazões

A IP-03 (GOINFRA) determina que caso se disponha de leituras fluviométricas que permitam a avaliação das descargas através de suas curvas-chave ou de outros elementos informativos que conduzam a uma apreciação ao longo do tempo, será efetivada a comparação da descarga determinada através do método do hidrograma com a obtida a partir dos elementos informativos. Será adotado, nesses casos, o maior dos valores assim determinados., de modo a garantir a segurança da obra.

Foram então elaborados os estudos dos dados de pluviometria que serão comparados com os dados de fluviométrica disponíveis.

#### 4.6.1 Método do hidrograma unitário (HUT) - dados pluviométricos

Com base no processamento de dados realizado em ambiente GIS, a bacia hidráulica da seção de interesse possui uma área de 27.093,42 Km². Em posse

dessa informação, a IP-03 da GOINFRA indica a utilização do método HUT, específico para áreas superiores a 10km<sup>2</sup>.

#### **4.6.1.1 Análise probabilística das precipitações**

Com os dados coletados de chuvas diárias da estação pluviométrica selecionada, foi elaborado o estudo para a determinação das alturas para diferentes períodos de recorrência e diferentes durações. A metodologia empregada foi o método da "Probabilidade Extrema de Gumbel". Para isto, escolheu-se a maior altura de chuva em cada ano de série de máximas anuais. Para tempos de duração menores que um dia, fizeram-se correlações com o Método das Isozonas.

Os cálculos que fornecem as relações entre a precipitação máxima, período de retorno e probabilidade de ocorrência para a estação pluviométrica selecionada foram calculados, sendo apresentados abaixo:

**Tabela 3 – Estação Pluviométrica Selecionada**

| TRATAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS |                         |                 |                                           |        |           |                |                 |                     |        |         |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------------|--------|-----------|----------------|-----------------|---------------------|--------|---------|
| Código da Estação:1346004           | Campos Belos            |                 |                                           | P-Pm   | (P-Pm)2   | P=100(1-m/n+1) | Tr= 1/100-P*100 | Variável Reduzida Y | Y-Yn   | (Y-Yn)2 |
| Ano de ocorrência                   | Precipitações mm (1dia) | Número de ordem | Precipitações em ordem decrescente (m3/s) |        |           |                |                 |                     |        |         |
| 1974                                | 66,2                    | 1               | 230,60                                    | 142,85 | 20.405,83 | 98,00          | 50,00           | 3,90                | 3,354  | 11,248  |
| 1975                                | 89,4                    | 2               | 136,10                                    | 48,35  | 2.337,62  | 96,00          | 25,00           | 3,20                | 2,650  | 7,025   |
| 1976                                | 75                      | 3               | 135,80                                    | 48,05  | 2.308,70  | 94,00          | 16,67           | 2,78                | 2,235  | 4,993   |
| 1977                                | 100,2                   | 4               | 119,30                                    | 31,55  | 995,34    | 92,00          | 12,50           | 2,48                | 1,936  | 3,749   |
| 1978                                | 100,4                   | 5               | 105,00                                    | 17,25  | 297,53    | 90,00          | 10,00           | 2,25                | 1,702  | 2,898   |
| 1979                                | 135,8                   | 6               | 104,30                                    | 16,55  | 273,87    | 88,00          | 8,33            | 2,06                | 1,509  | 2,277   |
| 1980                                | 89,4                    | 7               | 102,60                                    | 14,85  | 220,49    | 86,00          | 7,14            | 1,89                | 1,344  | 1,805   |
| 1981                                | 95,6                    | 8               | 102,60                                    | 14,85  | 220,49    | 84,00          | 6,25            | 1,75                | 1,199  | 1,437   |
| 1982                                | 102,6                   | 9               | 101,00                                    | 13,25  | 175,54    | 82,00          | 5,56            | 1,62                | 1,069  | 1,143   |
| 1983                                | 87,2                    | 10              | 100,80                                    | 13,05  | 170,28    | 80,00          | 5,00            | 1,50                | 0,952  | 0,906   |
| 1984                                | 101                     | 11              | 100,40                                    | 12,65  | 160,00    | 78,00          | 4,55            | 1,39                | 0,844  | 0,713   |
| 1985                                | 77,6                    | 12              | 100,20                                    | 12,45  | 154,98    | 76,00          | 4,17            | 1,29                | 0,745  | 0,555   |
| 1986                                | 102,6                   | 13              | 96,80                                     | 9,05   | 81,88     | 74,00          | 3,85            | 1,20                | 0,652  | 0,425   |
| 1987                                | 75,2                    | 14              | 95,60                                     | 7,85   | 61,61     | 72,00          | 3,57            | 1,11                | 0,565  | 0,319   |
| 1988                                | 100,8                   | 15              | 93,20                                     | 5,45   | 29,69     | 70,00          | 3,33            | 1,03                | 0,483  | 0,233   |
| 1989                                | 105                     | 16              | 93,00                                     | 5,25   | 27,55     | 68,00          | 3,13            | 0,95                | 0,405  | 0,164   |
| 1990                                | 45,2                    | 17              | 90,80                                     | 3,05   | 9,30      | 66,00          | 2,94            | 0,88                | 0,330  | 0,109   |
| 1991                                | 75,6                    | 18              | 89,40                                     | 1,65   | 2,72      | 64,00          | 2,78            | 0,81                | 0,259  | 0,067   |
| 1993                                | 80,8                    | 19              | 89,40                                     | 1,65   | 2,72      | 62,00          | 2,63            | 0,74                | 0,190  | 0,036   |
| 1994                                | 76                      | 20              | 87,20                                     | -0,55  | 0,30      | 60,00          | 2,50            | 0,67                | 0,124  | 0,015   |
| 1995                                | 57,8                    | 21              | 86,30                                     | -1,45  | 2,11      | 58,00          | 2,38            | 0,61                | 0,059  | 0,004   |
| 1996                                | 93                      | 22              | 85,60                                     | -2,15  | 4,63      | 56,00          | 2,27            | 0,55                | -0,003 | 0,000   |
| 1997                                | 75,8                    | 23              | 83,10                                     | -4,65  | 21,63     | 54,00          | 2,17            | 0,48                | -0,064 | 0,004   |
| 1998                                | 93,2                    | 24              | 82,00                                     | -5,75  | 33,07     | 52,00          | 2,08            | 0,42                | -0,123 | 0,015   |
| 1999                                | 79,8                    | 25              | 81,90                                     | -5,85  | 34,23     | 50,00          | 2,00            | 0,37                | -0,182 | 0,033   |
| 2000                                | 72,8                    | 26              | 80,80                                     | -6,95  | 48,32     | 48,00          | 1,92            | 0,31                | -0,239 | 0,057   |
| 2001                                | 90,8                    | 27              | 80,20                                     | -7,55  | 57,02     | 46,00          | 1,85            | 0,25                | -0,295 | 0,087   |
| 2002                                | 57,2                    | 28              | 79,80                                     | -7,95  | 63,22     | 44,00          | 1,79            | 0,20                | -0,351 | 0,123   |
| 2003                                | 64,8                    | 29              | 78,40                                     | -9,35  | 87,44     | 42,00          | 1,72            | 0,14                | -0,406 | 0,165   |
| 2004                                | 85,6                    | 30              | 77,60                                     | -10,15 | 103,04    | 40,00          | 1,67            | 0,09                | -0,461 | 0,212   |
| 2005                                | 86,3                    | 31              | 77,00                                     | -10,75 | 115,58    | 38,00          | 1,61            | 0,03                | -0,515 | 0,265   |
| 2007                                | 68,4                    | 32              | 77,00                                     | -10,75 | 115,58    | 36,00          | 1,56            | -0,02               | -0,570 | 0,324   |
| 2008                                | 77                      | 33              | 77,00                                     | -10,75 | 115,58    | 34,00          | 1,52            | -0,08               | -0,624 | 0,389   |
| 2009                                | 83,1                    | 34              | 76,00                                     | -11,75 | 138,09    | 32,00          | 1,47            | -0,13               | -0,679 | 0,461   |
| 2010                                | 63,9                    | 35              | 75,80                                     | -11,95 | 142,83    | 30,00          | 1,43            | -0,19               | -0,734 | 0,538   |
| 2011                                | 61,2                    | 36              | 75,60                                     | -12,15 | 147,65    | 28,00          | 1,39            | -0,24               | -0,789 | 0,623   |
| 2012                                | 80,2                    | 37              | 75,30                                     | -12,45 | 155,03    | 26,00          | 1,35            | -0,30               | -0,846 | 0,716   |
| 2013                                | 136,1                   | 38              | 75,20                                     | -12,55 | 157,53    | 24,00          | 1,32            | -0,36               | -0,904 | 0,817   |
| 2014                                | 82                      | 39              | 75,00                                     | -12,75 | 162,59    | 22,00          | 1,28            | -0,41               | -0,963 | 0,927   |
| 2015                                | 230,6                   | 40              | 72,80                                     | -14,95 | 223,53    | 20,00          | 1,25            | -0,48               | -1,024 | 1,049   |
| 2016                                | 81,9                    | 41              | 68,60                                     | -19,15 | 366,76    | 18,00          | 1,22            | -0,54               | -1,087 | 1,182   |
| 2017                                | 68,6                    | 42              | 68,40                                     | -19,35 | 374,46    | 16,00          | 1,19            | -0,61               | -1,154 | 1,331   |
| 2018                                | 75,3                    | 43              | 66,20                                     | -21,55 | 464,45    | 14,00          | 1,16            | -0,68               | -1,224 | 1,499   |
| 2019                                | 96,8                    | 44              | 64,80                                     | -22,95 | 526,75    | 12,00          | 1,14            | -0,75               | -1,300 | 1,689   |
| 2020                                | 104,3                   | 45              | 63,90                                     | -23,85 | 568,87    | 10,00          | 1,11            | -0,83               | -1,382 | 1,910   |
| 2021                                | 78,4                    | 46              | 61,20                                     | -26,55 | 704,96    | 8,00           | 1,09            | -0,93               | -1,475 | 2,175   |
| 2022                                | 77                      | 47              | 57,80                                     | -29,95 | 897,06    | 6,00           | 1,06            | -1,03               | -1,583 | 2,504   |
| 2023                                | 119,3                   | 48              | 57,20                                     | -30,55 | 933,36    | 4,00           | 1,04            | -1,17               | -1,717 | 2,949   |
| 2024                                | 77                      | 49              | 45,20                                     | -42,55 | 1.810,59  | 2,00           | 1,02            | -1,36               | -1,912 | 3,656   |

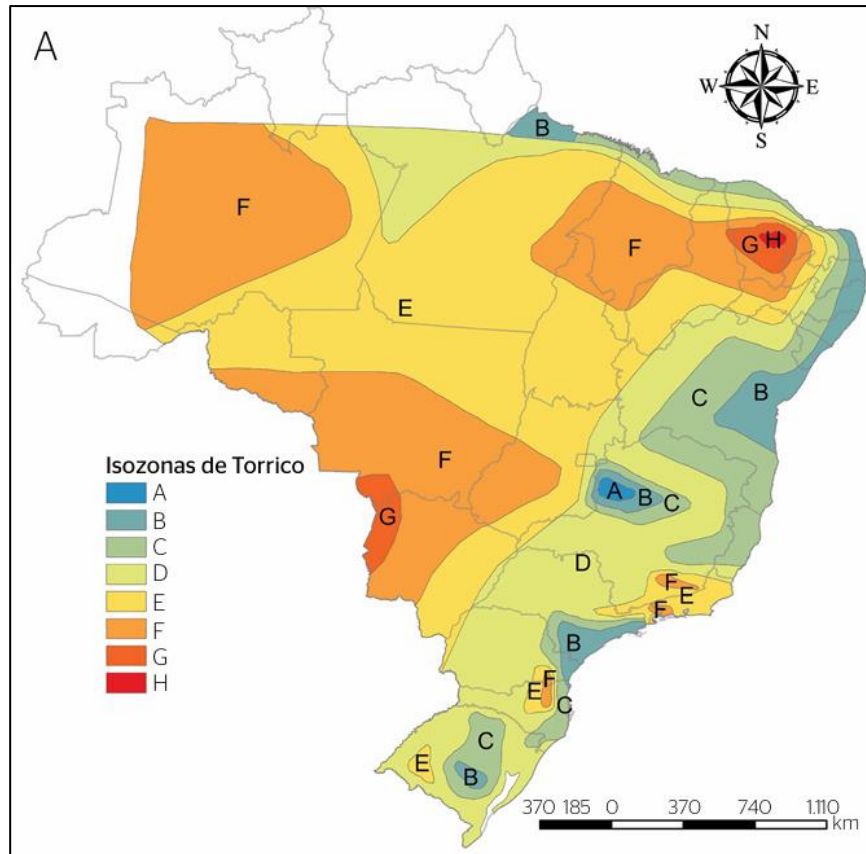
| P 24 horas | P 1 hora    | P 0,1 hora  | k     |
|------------|-------------|-------------|-------|
| 200,59     | 73,82384058 | 18,31857086 | 3,460 |
| 182,58     | 67,86367472 | 18,67501614 | 2,864 |
| 164,44     | 61,7216766  | 16,81953231 | 2,263 |
| 150,91     | 57,05522256 | 15,43522929 | 1,815 |
| 139,99     | 53,18262355 | 14,31839865 | 1,454 |
| 120,63     | 46,27078041 | 12,33887478 | 0,813 |

A partir do estudo estatístico calcula-se a chuva de um dia para o posto em estudo, no tempo de recorrência previsto. Converte-se esta chuva de um dia em chuva de 24 horas, multiplicando-se esta pelo coeficiente 1,095, que é a relação 24 horas / 1 dia.

A seguir, determina-se no mapa apresentado a isozona correspondente à região de projeto. Em nosso estudo foi utilizada a isozona "F". Após ter-se

determinado a isozona, fixam-se para ela as porcentagens correspondentes a 6 minutos e 1 hora.

*Figura 14 – Mapa de Isozonas de Torrico*



Pode-se assim obter valores de precipitação (em mm) para a duração de 1 hora e 6 minutos para os tempos de recorrência considerados.

| ZONA                     | TEMPO DE RECORRÊNCIA    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |              |
|--------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                          | 1 HORA / 24 HORAS CHUVA |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 6 min - 24 h |
|                          | 5                       | 10     | 15     | 20     | 25     | 30     | 50     | 100    | 1000   | 10000  | 5-50   | 100          |
| Referencia para PROCH >> | 2                       | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13           |
| A                        | 36,200                  | 35,800 | 35,600 | 35,500 | 35,400 | 35,300 | 35,000 | 34,700 | 33,600 | 32,500 | 7,000  | 6,300        |
| B                        | 38,100                  | 37,800 | 37,500 | 37,400 | 37,300 | 37,200 | 36,900 | 36,600 | 35,400 | 34,300 | 8,400  | 7,500        |
| C                        | 40,100                  | 39,700 | 39,500 | 39,300 | 39,200 | 39,100 | 38,800 | 38,400 | 37,200 | 36,000 | 9,800  | 8,800        |
| D                        | 42,000                  | 41,600 | 41,400 | 41,200 | 41,100 | 41,000 | 40,700 | 40,300 | 39,000 | 37,800 | 11,200 | 10,000       |
| E                        | 44,000                  | 43,600 | 43,300 | 43,200 | 43,000 | 42,900 | 42,600 | 42,200 | 40,900 | 39,600 | 12,600 | 11,200       |
| F                        | 46,000                  | 45,500 | 45,300 | 45,100 | 44,900 | 44,800 | 44,500 | 44,100 | 42,700 | 41,300 | 13,900 | 12,400       |
| G                        | 47,900                  | 47,400 | 47,200 | 47,000 | 46,800 | 46,700 | 46,400 | 45,900 | 44,500 | 43,100 | 15,400 | 13,700       |
| H                        | 49,900                  | 49,400 | 49,100 | 48,900 | 48,800 | 48,600 | 48,300 | 47,800 | 46,300 | 44,800 | 16,700 | 14,900       |

Para cada tempo de recorrência considerado, tendo as alturas de precipitação para duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, marcam-se estes valores no papel de probabilidade (Hershfield e Wilson) e ligando-se os pontos

marcados, obtém-se a altura de chuva para qualquer tempo de duração entre 6 minutos e 24 horas.

A seguir, são apresentadas as tabelas e o gráfico contendo as relações entre alturas de chuva, tempos de duração e tempo de recorrência, para a estação selecionada.

| VALORES DE K (WEISE E REID) |                      |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                             | TEMPO DE RECORRENCIA |       |       |       |       |       |
| NÚMERO DE EVENTOS           | 5                    | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   |
| 49                          | 0,813                | 1,454 | 1,815 | 2,263 | 2,864 | 3,460 |

A seguir, são apresentadas as tabelas e o gráfico contendo as relações entre alturas de chuva, tempos de duração e tempo de recorrência, para a estação selecionada.

| FÓRMULA DE VEM TE CHOW - $PR=P_{med}+d*K$ |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TEMPO DE RECORRENCIA                      | 5      | 10     | 15     | 25     | 50     | 100    |
| Precipitação 1 DIA - PR (mm)              | 110,17 | 127,84 | 137,81 | 150,17 | 166,74 | 183,19 |

| VALORES DE PRECIPITAÇÃO (mm) |                      |         |         |         |         |         |
|------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                              | TEMPO DE RECORRENCIA |         |         |         |         |         |
| DURAÇÃO DA CHUVA             | 5                    | 10      | 15      | 25      | 50      | 100     |
| 24 h                         | 120,635              | 139,988 | 150,907 | 164,441 | 182,582 | 200,588 |
| 1 h                          | 46,271               | 53,183  | 57,055  | 61,722  | 67,864  | 73,824  |
| 6 min                        | 12,339               | 14,318  | 15,435  | 16,820  | 18,675  | 18,319  |

**Figura 15 – Curva Precipitação**

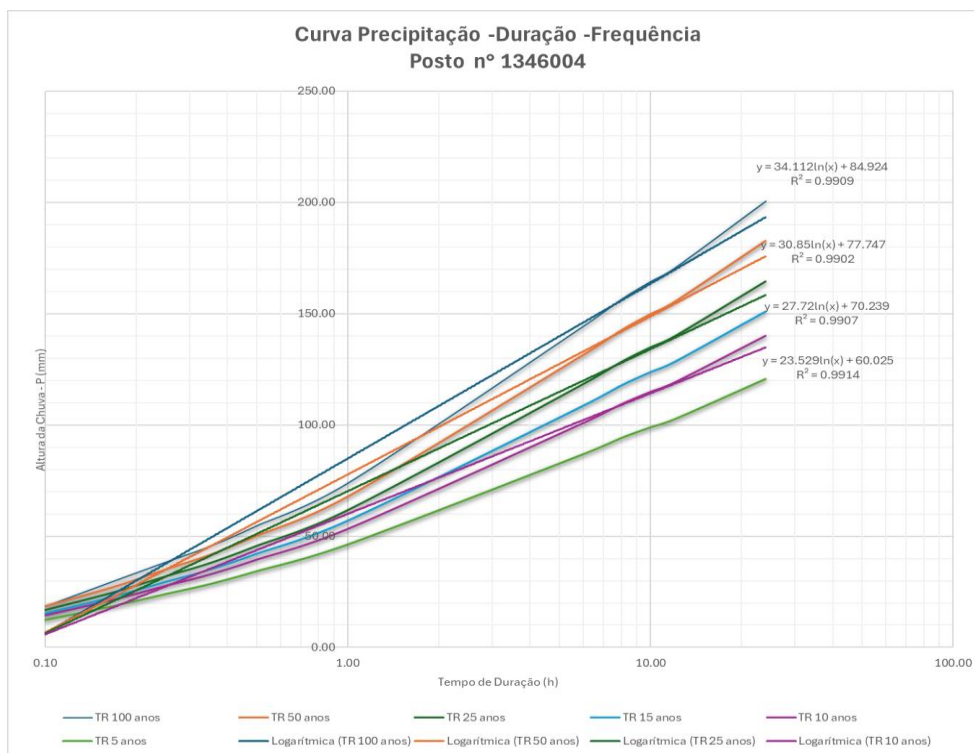
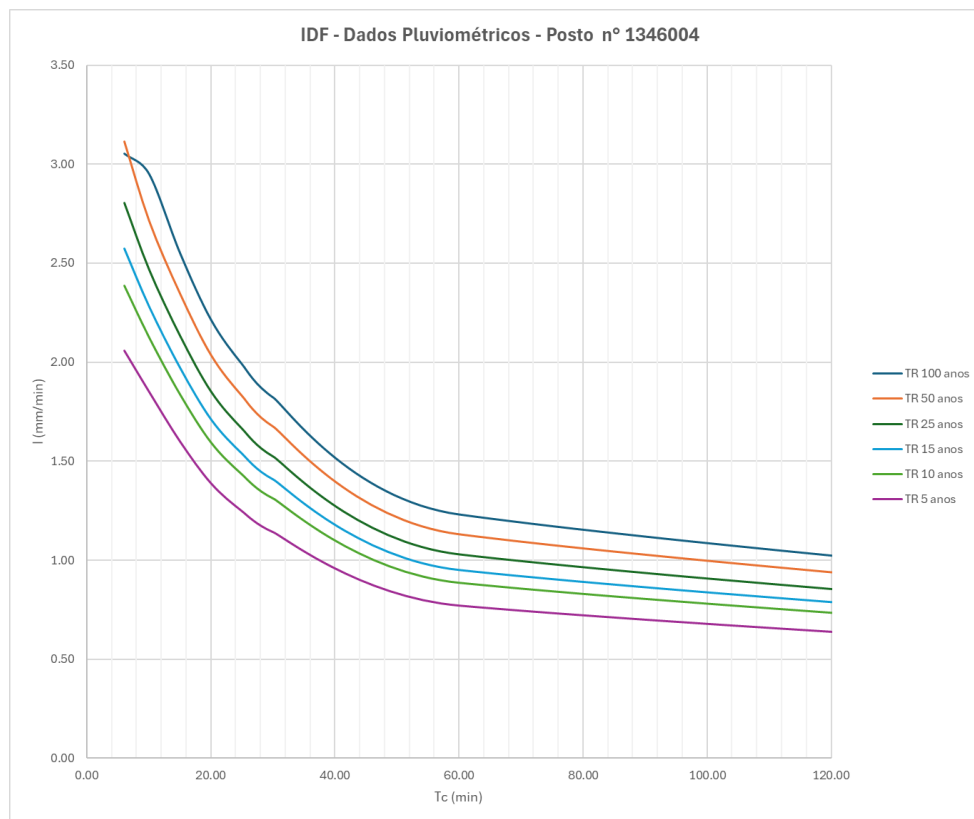


**Figura 16 – Intensidade Pluviométrica**



#### 4.6.2 Cálculo das Descargas de Projeto

- Com Períodos de Recorrência

O período retorno utilizado na determinação da vazão de projeto e, conseqüentemente, no dimensionamento dos dispositivos de drenagem, foram adotados conforme o tipo de obra.

*Tabela 4 – Métodos empregados conforme obras adotadas*

| PERÍODOS DE RECORRÊNCIA                |                           |
|----------------------------------------|---------------------------|
| Tipo de Obra                           | Tempo de Recorrência (TR) |
| OAE - Obras de Arte Especiais (Pontes) | 100 anos                  |

Para as obras de arte corrente foi adotado o critério de dimensionamento como escoamento livre, tendo em vista tratar-se de obras novas.

- Cálculo do Tempo de Concentração

O cálculo do tempo de concentração foi realizado através da fórmula de KIRPICH MODIFICADA, por ser considerada mais representativa:

$$T_c = 0,59 \left( \frac{L^2}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

- T<sub>c</sub> = tempo de concentração, em horas;
- L = comprimento do talvegue, em quilômetros;
- H = declividade do talvegue em %;
- $(H = 100 * (\Delta H / L1))$
- Sendo:
- ΔH – desnível do talvegue em metros
- L1 – comprimento do talvegue em metros
- Coeficiente de Escoamento Superficial

Para a determinação do coeficiente, foram levadas em consideração as características geotopográficas das bacias, declividade e recobrimento vegetal, forma e dimensões dos talwegues, porosidade e permeabilidade dos solos e utilização pretendida para as áreas de montante.

A determinação das condições físicas de permeabilidade dos solos e das características da cobertura vegetal, necessárias para o estabelecimento dos coeficientes de escoamento superficial, foi feita a partir da análise da bibliografia e cartografia técnica disponível.

**Tabela 5 - Coeficiente de Deflúvio ou Escoamento Superficial (run-off)**

| Condições de superfície                | Orografia | Plano       |    | Ondulado  |    | Montanhoso  |    |
|----------------------------------------|-----------|-------------|----|-----------|----|-------------|----|
|                                        |           | C           | CN | C         | CN | C           | CN |
| Áreas urbanizadas, Cerrados, pastagens | A         | 0,1         | 50 | 0,2       | 55 | 0,30        | 65 |
|                                        | B         | 0,2         | 55 | 0,3       | 60 | 0,4         | 70 |
|                                        | C         | 0,4         | 60 | 0,6       | 65 | 0,6         | 75 |
|                                        | D         | 0,60 - 0,80 | 70 | 0,60-0,90 | 75 | 0,60 - 1,00 | 80 |
| Cerrados, pastagens e matas ralas      | A         | 0,2         | 45 | 0,3       | 50 | 0,4         | 60 |
|                                        | B         | 0,25        | 50 | 0,35      | 55 | 0,45        | 65 |
|                                        | C         | 0,3         | 60 | 0,4       | 60 | 0,5         | 70 |
|                                        | D         | 0,4         | 65 | 0,5       | 70 | 0,6         | 75 |
| Culturas e pastagens Terraceadas       | A         | 0,1         | 35 | 0,3       | 45 | 0,4         | 50 |
|                                        | B         | 0,2         | 40 | 0,35      | 50 | 0,45        | 55 |
|                                        | C         | 0,3         | 50 | 0,4       | 60 | 0,5         | 60 |
|                                        | D         | 0,4         | 60 | 0,5       | 65 | 0,6         | 70 |
| Culturas Terraceadas                   | A         | 0,1         | 30 | 0,2       | 40 | 0,3         | 50 |
|                                        | B         | 0,15        | 40 | 0,3       | 50 | 0,4         | 55 |
|                                        | C         | 0,2         | 50 | 0,4       | 55 | 0,5         | 60 |
|                                        | D         | 0,4         | 60 | 0,5       | 65 | 0,6         | 70 |

Para as bacias em estudo será definido por meio da declividade do curso d'água principal o tipo de relevo, conforme tabelas de declividade determinadas na IP-03.

**Tabela 6 - Relevos em função das declividades**

| CLASSES DE RELEVO |                                       | CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO SEGUNDO A INCLINAÇÃO MÉDIA DAS VERTENTES |            |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|
| Declividade       | Classe                                | Tipo de relevo                                                   | Inclinação |
| 0 - 3%            | Relevo plano                          | Plano                                                            | 0 a 2%     |
| 3 - 6 %           | Relevo suave ondulado                 | Levemente ondulado                                               | 2 a 5%     |
| 6 - 12%           | Relevo ondulado                       | Ondulado                                                         | 5 a 10%    |
| 12 - 20%          | Relevo forte ondulado                 | Muito ondulado                                                   | 10 a 20%   |
| 20 - 40%          | Relevo forte ondulado mais montanhoso | Montanhoso                                                       | 20 a 50%   |
| 40 - 60%          | Relevo montanhoso                     | Muito montanhoso                                                 | 50 a 100%  |
| > 60%             | Fortemente montanhoso                 | Escarpado                                                        | > 100%     |

E através da análise de uso e ocupação do solo para a região da bacia será considerado a orografia para a superfície.

Conforme já citado anteriormente para a determinação do CN, foram levadas em consideração as características físicas da bacia, declividade e recobrimento vegetal, forma e dimensões dos talwegues, porosidade e permeabilidade dos solos e utilização pretendida para as áreas de montante.

- Métodos e Parâmetros para a Determinação da Vazão de Projeto

A determinação das vazões de projeto foi definida em função das áreas de contribuição das bacias hidrográficas com metodologia diferenciada conforme a seguir definidas:

*Tabela 7 - Métodos para determinação da vazão*

|                                                       |                                                               |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>I – Método Racional</b>                            | <b>Bacias até 5,0 Km<sup>2</sup></b>                          |
| <b>II– Método Racional Corrigido</b>                  | <b>Bacias entre 5,0 Km<sup>2</sup> e 10,0 Km<sup>2</sup></b>  |
| <b>III– Método do Hidrograma Triangular Sintético</b> | <b>Bacias entre 10,0 Km<sup>2</sup> e 20,0 Km<sup>2</sup></b> |
| <b>IV– Método do Hidrograma Unitário</b>              | <b>Bacias acima de 20,0 Km<sup>2</sup></b>                    |

#### I – Método Racional

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

- 
- Q= descarga de projeto, em m<sup>3</sup>/s;
- C= coeficiente de deflúvio;
- I = intensidade da precipitação mm/h;
- A = área de bacia drenada, em km<sup>2</sup>;

#### II – Método Racional corrigido

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \times \sigma$$

- Q = descarga de projeto, em m<sup>3</sup>/s;
- C = coeficiente de deflúvio;
- I = intensidade da precipitação mm/h;
- A = área de bacia drenada, em km<sup>2</sup>;
- $\sigma$  = coeficiente de retardo, adimensional, expresso pela fórmula:

$$\sigma = A^{-0,1}$$

### III – Método do Hidrograma Triangular Sintético

Para bacias intermediárias, com áreas entre 10 e 20 km<sup>2</sup>, as descargas de projeto são calculadas utilizando o Método do Hidrograma Sintético Triangular, que considera um hidrograma com uma única ordenada. A precipitação efetiva é derivada da curva "CN" apropriada para a bacia e da precipitação real correspondente ao tempo de concentração da bacia.

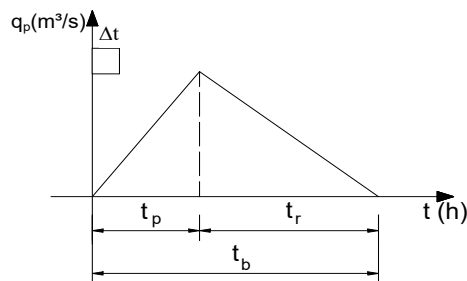


*Figura 17 – Hidrograma Triangular Sintético*

$$Q_p = \frac{0,208 \times A \times P_e}{t_p}$$

Sendo:

- Q<sub>p</sub> = descarga de projeto, em m<sup>3</sup>/s;
- 0,208 = fator adimensional de conversão de unidades;
- A = área da bacia drenada, em km<sup>2</sup>;

- $P_e$  = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm);
- $t_p$  = tempo de pico, em horas. Obtido a partir do valor do  $t_c$  (tempo de concentração, através da equação:
- $t_p = \sqrt{t_c} + 0,6t_c$

A precipitação efetiva ( $P_e$ ) é obtida com base na fórmula proposta pelo "US Soil Conservation Service", ajustada ao sistema métrico:

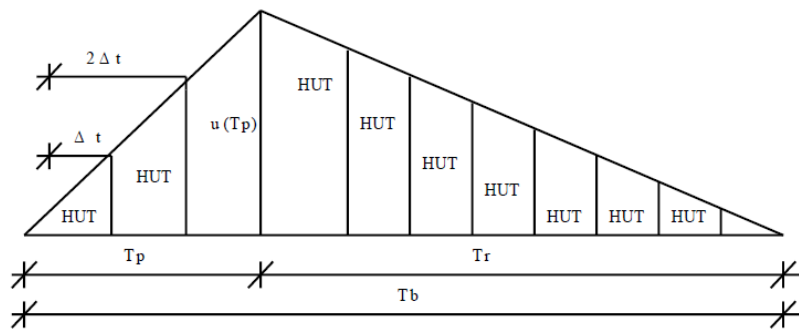
$$P_e = \frac{\left(P - \frac{5080}{CN} + 50,80\right)^2}{P + \left(\frac{20320}{CN} - 203,2\right)}$$

Onde:

- $P$  = precipitação para uma duração ( $D$ ) em *mm*;
- $D$  = Duração da precipitação (h), determinada pela fórmula  $D = 2\sqrt{t_c}$ ;
- $t_c$  = tempo de concentração (horas);
- $CN$  = "Curve number" (número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solo-vegetação);
- 

#### IV – Método do Hidrograma Triangular Unitário (HTU)

Para as bacias hidrográficas de maior porte, em geral afluentes, com áreas superiores a 20km<sup>2</sup>, as descargas de projeto serão determinadas através do Método do Hidrograma Unitário Triangular. No entanto os procedimentos do uso da metodologia do HUT deverão variar em função do tempo de concentração da bacia, conforme a seguir:



Cálculo de Tempo de Pico ( $T_p$ ), tempo de ascensão do hidrograma, (h):

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \times T_c$$

Sendo:

- $\Delta t$  = duração de chuva unitária, em horas.
- $T_c$  = tempo de concentração, em horas

Observação:

- Quando o tempo de concentração da bacia for inferior a 24 horas, a descarga de PROJETO será calculada com a composição de hidrogramas resultante da adoção de quatro hidrogramas parciais com duração  $\Delta t$ :

$$\Delta t = \frac{T_c}{4} ; T_c \text{ em horas}$$

- Quando o tempo de concentração da bacia for superior a 24 horas, serão definidos hidrogramas parciais com duração unitária de 6 horas, considerando-se na definição da descarga o número inteiro de hidrogramas:

$$\Delta t = \frac{T_c}{6} ; T_c \text{ em horas}$$

Cálculo de Tempo de Retorno ( $T_r$ ):

$Tr = 1,67 \times Tp$ , em horas

Cálculo de Tempo de Base ( $Tb$ ):

$Tb = 2,67 \times Tp$ ; em horas

Para o cálculo da descarga de pontos do HUT, utiliza-se a fórmula:

$$\mu(Tp) = \frac{2,08 \times A}{Tp}$$

Onde:

- $\mu(Tp)$  = descarga de pico unitária, referente a uma chuva efetiva  $P_{ei}$  igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário  $\Delta t$ ,  $m^3/s/cm$ ;
- $A$  = área da bacia, em  $km^2$ ;
- $Tp$  = tempo do pico, em horas;
- $\mu(Tp)$  = descarga de pico unitária, referente a uma chuva efetiva  $P_{ei}$  igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário  $\Delta t$ ,  $m^3/s/cm$ ;
- $A$  = área da bacia, em  $km^2$ ;
- $Tp$  = tempo do pico, em horas;
- 

Para o cálculo do excesso de precipitação, utilizam-se as seguintes expressões:

$$P_m = P_i \times (1,0 - 0,10 \times \log \frac{A}{25})$$

Onde:

- $P_m$  = precipitação média (mm);
- $Cr$  (coeficiente de redução) =  $(1,0 - 0,10 \log A/25)$ , segundo Jaime Taborga;
- $A$  = área da bacia em  $km^2$ ;

- $P_i$  = precipitação em mm,  $P_i = f(T_R; T_c)$  obtida no gráfico de precipitações;

$$P_{ei} = \frac{\left[ P_m - \left( \frac{5080}{CN} \right) - 50,8 \right]^2}{P_m + \frac{20320}{CN} - 203,2}$$

Sendo:

- $P_{ei}$  = chuva efetiva, em mm;
- CN = complexo solo – vegetação ou número de deflúvio;
- $P_m$  = precipitação média, em mm;

Para cálculo das chuvas efetivas ( $\Delta q_i$ ) parciais os tempos ( $T_i$ ), faz-se por simples diferença:

$$\Delta q_i = P_{ei} - P(e_i - i)$$

Para obtenção do HUT, usam-se as seguintes fórmulas:

$$HUT = \frac{\mu(T_p) \times T_i}{T_p} ; T_i \leq T_p \text{ ou}$$

$$HUT = \frac{\mu(T_p) \times (T_b - T_i)}{T_r} ; T_i \geq T_p$$

A seguir são apresentadas as tabelas de cálculo dos Hidrogramas Unitários das Bacias, conforme dados levantados:

Tabela 8 – Planilha de Dimensionamento - HUT

| Planilha de Dimensionamento - HUT  |         |                                                           |          |          |           |         |        |        |        |        |        |                                |       |          |                            |                    |              |
|------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|-------|----------|----------------------------|--------------------|--------------|
| ESTUDO HIDROLÓGICO                 |         |                                                           |          |          |           |         |        |        |        |        |        |                                |       |          |                            |                    |              |
| Hidrograma Unitário                |         |                                                           |          |          |           |         |        |        |        |        |        |                                |       |          |                            |                    |              |
| LOCALIZAÇÃO :                      |         | 13°36'11.75"S 46°51'51.20"O                               |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO DE RECORRÊNCIA :         |       | 100 anos |                            | Obra Projetada     |              |
| VIA :                              |         | Rodovia: GO-112, Trecho: Nova Roma/ Monte Alegre de Goiás |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TIPO DE SOLO (CN) :            |       | 55       |                            | PONTE DE CONCRETO  |              |
| CURSO D'ÁGUA :                     |         | Rio Paraná                                                |          |          |           |         |        |        |        |        |        | t :                            |       | 207,82   |                            | Velocidade         |              |
| ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (km²) :       |         | 27.093,00                                                 |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO DE CONCENTRAÇÃO Tc (h) : |       | 107,56   |                            | N SE APLI. -       |              |
| COMP. DO TALVEGUE (km) :           |         | 250,00                                                    |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO UNITÁRIO Tu (h) : Δt :   |       | 17,93    |                            | Declividade máxima |              |
| DESNÍVEL (m) :                     |         | 1272,00                                                   |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO DE PICO Tp (h) :         |       | 73,50    |                            | N SE APLI. -       |              |
| DECLIVIDADE DO TALV. EFETIVA (%) : |         | 0,084                                                     |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO DE BASE Tb (h) :         |       | 196,24   |                            | Funcionamento      |              |
| CLASSES DO RELEVO:                 |         | Relevo Plano                                              |          |          |           |         |        |        |        |        |        | TEMPO DE RETORNO Tr (h) :      |       | 122,74   |                            | Canal              |              |
| TIPO DE RELEVO:                    |         | Plano                                                     |          |          |           |         |        |        |        |        |        | μ(Tp) (m³/s/cm) :              |       | 766,72   |                            | N SE APLI. -       |              |
| BACIA:                             |         | Bacia Paraná                                              |          |          |           |         |        |        |        |        |        | HUT: (m³/s) :                  |       | 187,01   |                            |                    |              |
| Tu (h)                             | Pi (cm) | Pm (cm)                                                   | Pei (cm) | DPe (cm) | D q (HUT) | 2,53    | 0,87   | 0,54   | 0,40   | 0,32   | 0,27   | 0,23                           | 0,20  | 0,18     |                            |                    |              |
| 0                                  | 0       | 0                                                         | 0        | 0        | 0,00      | 0,00    | 0,00   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 0                  |              |
| 17,93                              | 18,34   | 12,77                                                     | 2,53     | 2,53     | 187,01    | 472,25  | 0,00   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 472,3              |              |
| 35,85                              | 20,70   | 14,42                                                     | 3,39     | 0,87     | 374,01    | 944,51  | 162,24 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 1106,7             |              |
| 53,78                              | 22,09   | 15,38                                                     | 3,94     | 0,54     | 561,02    | 1416,76 | 324,47 | 101,85 | 0      | 0      | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 1843,1             |              |
| 71,71                              | 23,07   | 16,07                                                     | 4,34     | 0,40     | 748,02    | 1889,01 | 486,71 | 203,71 | 75,07  | 0      | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 2654,5             |              |
| 89,63                              | 23,83   | 16,60                                                     | 4,66     | 0,32     | 665,94    | 1681,73 | 648,95 | 305,56 | 150,13 | 59,72  | 0      | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 2846,1             |              |
| 107,56                             | 24,45   | 17,03                                                     | 4,92     | 0,27     | 553,96    | 1398,94 | 577,74 | 407,42 | 225,20 | 119,44 | 49,72  | 0                              | 0     | 0        | 0                          | 2778,5             |              |
| 125,49                             | 24,98   | 17,40                                                     | 5,15     | 0,23     | 441,98    | 1116,16 | 480,59 | 362,71 | 300,26 | 179,16 | 99,43  | 42,66                          | 0     | 0        | 0                          | 2581,0             |              |
| 143,41                             | 25,43   | 17,71                                                     | 5,35     | 0,20     | 330,00    | 833,37  | 383,44 | 301,72 | 267,31 | 238,88 | 149,15 | 85,31                          | 37,40 | 0        | 0                          | 2296,6             |              |
| 161,34                             | 25,83   | 17,99                                                     | 5,53     | 0,18     | 218,02    | 550,58  | 286,29 | 240,73 | 222,36 | 212,67 | 198,87 | 127,97                         | 74,79 | 33,32    | 0                          | 1947,6             |              |
|                                    |         |                                                           |          |          |           |         |        |        |        |        |        |                                |       |          | Vazão de Projeto (máxima): |                    | 2846,09 m³/s |

\*Obs. Pi = precipitação em mm, Pi = f (TR; Tc) obtida no gráfico de precipitações

Perfil Longitudinal - Curso d'água

| Pontos                  | Cotas | Distâncias por trecho (Li) | Distâncias acumulada | Distâncias (km) | ΔHn (m) | ΔLn (km) | Sn (m/m) |
|-------------------------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------|---------|----------|----------|
| Ponto (Crista)          | 1670  |                            | 0,00                 | 0,00            | 0,00    | 0,00     | 0,00     |
| 1                       | 729   | 25000,00                   | 25000,00             | 25,00           | 941,00  | 25,00    | 0,0376   |
| 2                       | 451   | 105000,00                  | 130000,00            | 130,00          | 278,00  | 105,00   | 0,0026   |
| 3                       | 438   | 600000,00                  | 190000,00            | 190,00          | 13,00   | 60,00    | 0,0002   |
| 4                       | 420   | 350000,00                  | 225000,00            | 225,00          | 18,00   | 35,00    | 0,0005   |
| Exutório (último ponto) | 398   | 250000,00                  | 250000,00            | 250,00          | 22,00   | 25,00    | 0,0009   |

|             |             |
|-------------|-------------|
| Declividade | 0,00084 m/m |
| Efetiva:    | 0,00000 m/m |
|             | 0,08388 %   |

Seq:  $\left( \frac{L}{\sqrt{s_1} + \sqrt{s_2} + \sqrt{s_3} + \sqrt{s_4} + \sqrt{s_n}} \right)^2 = \text{Declividade m/m}$

Logo, para a obtenção da vazão de projeto para um tempo de retorno de 100 anos (TR100), o resultado é a vazão de 2.846,09 m³/s.

Para a determinação efetiva de uma vazão, poderá ser empregado o método de relação das áreas de contribuição, desde que possua dados significativos de uma estação fluviométrica na própria bacia hidráulica ou uma em bacia próxima em que apresenta semelhanças em suas características e que aplique as devidas estatísticas.

Para este método estatístico não é recomendado uma relação maior que dois e nem menor que um e meio entre as áreas. Vale ressaltar que a aplicação desta metodologia é recomendável para períodos de recorrência de até 100 anos, pois neste caso qualquer lei de distribuição é satisfatória, pois normalmente os resultados diferem pouco entre si.

Para este tipo de associação (Vazões e bacias de uma estação, para vazões e bacia de um ponto de estudo/interesse) deverá se aplicar a distribuição probabilística matricial de Gumbel a fim de encontrar a maior probabilidade para um período de retorno específico. Desta forma, aplicando a distribuição conforme as tabelas a seguir teremos as vazões correspondente a 100 anos (Tempo de Recorrência para Obra de Arte Especiais) para estação selecionada.

Tabela 9 – Vazão TR 100 – Estação Fazenda Veneza

| TRATAMENTO DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS |             |                 |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|---------|-----------|----------------|-----------------|---------------------|--------|---------|
| Código da Estação:21560000          |             | Fazenda Veneza  |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
|                                     |             |                 |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
| LANÇAMENTO DE DADOS                 |             |                 |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
| Ano de ocorrência                   | Vazões m³/s | Número de ordem | Vazões em ordem decrescente (m3/s) | Q-Qm    | (Q-Qm)2   | P=100(1-m/n+1) | Tr= 1/100-P*100 | Variável Reduzida Y | Y-Yn   | (Y-Yn)2 |
| 1976                                | 140,44      | 1               | 378,01                             | 162,00  | 26.244,17 | 97,87          | 47,00           | 3,84                | 3,293  | 10,841  |
| 1977                                | 194,60      | 2               | 340,01                             | 123,98  | 15.371,64 | 95,74          | 23,50           | 3,14                | 2,589  | 6,701   |
| 1978                                | 247,05      | 3               | 334,20                             | 118,17  | 13.964,61 | 93,62          | 15,67           | 2,72                | 2,172  | 4,717   |
| 1979                                | 303,39      | 4               | 322,71                             | 106,68  | 11.379,76 | 91,49          | 11,75           | 2,42                | 1,873  | 3,508   |
| 1980                                | 269,42      | 5               | 321,89                             | 105,86  | 11.205,90 | 89,36          | 9,40            | 2,18                | 1,638  | 2,684   |
| 1981                                | 269,42      | 6               | 310,74                             | 94,71   | 8.970,07  | 87,23          | 7,83            | 1,99                | 1,444  | 2,085   |
| 1982                                | 266,65      | 7               | 303,39                             | 87,36   | 7.632,13  | 85,11          | 6,71            | 1,82                | 1,278  | 1,633   |
| 1983                                | 279,92      | 8               | 290,58                             | 74,55   | 5.557,14  | 82,98          | 5,88            | 1,68                | 1,132  | 1,282   |
| 1984                                | 206,58      | 9               | 290,20                             | 74,16   | 5.500,32  | 80,85          | 5,22            | 1,55                | 1,002  | 1,003   |
| 1985                                | 283,46      | 10              | 288,90                             | 72,87   | 5.309,84  | 78,72          | 4,70            | 1,43                | 0,884  | 0,781   |
| 1986                                | 212,89      | 11              | 284,17                             | 68,13   | 4.642,34  | 76,60          | 4,27            | 1,32                | 0,775  | 0,601   |
| 1987                                | 208,46      | 12              | 283,81                             | 67,78   | 4.593,85  | 74,47          | 3,92            | 1,22                | 0,675  | 0,455   |
| 1988                                | 322,71      | 13              | 283,46                             | 67,43   | 4.546,23  | 72,34          | 3,62            | 1,13                | 0,581  | 0,337   |
| 1989                                | 340,01      | 14              | 279,92                             | 63,89   | 4.082,06  | 70,21          | 3,36            | 1,04                | 0,493  | 0,243   |
| 1993                                | 284,17      | 15              | 272,21                             | 56,17   | 3.155,62  | 68,09          | 3,13            | 0,96                | 0,409  | 0,167   |
| 1994                                | 272,21      | 16              | 269,42                             | 53,39   | 2.850,46  | 65,96          | 2,94            | 0,88                | 0,330  | 0,109   |
| 1995                                | 165,06      | 17              | 269,42                             | 53,39   | 2.850,46  | 63,83          | 2,76            | 0,80                | 0,254  | 0,065   |
| 1996                                | 88,25       | 18              | 267,99                             | 51,96   | 2.699,48  | 61,70          | 2,61            | 0,73                | 0,181  | 0,033   |
| 1997                                | 378,03      | 19              | 266,65                             | 50,62   | 2.561,93  | 59,57          | 2,47            | 0,66                | 0,111  | 0,012   |
| 1998                                | 171,43      | 20              | 247,05                             | 31,02   | 962,33    | 57,45          | 2,35            | 0,59                | 0,043  | 0,002   |
| 1999                                | 283,81      | 21              | 212,89                             | -3,15   | 9,89      | 55,32          | 2,24            | 0,52                | -0,023 | 0,001   |
| 2000                                | 210,38      | 22              | 212,89                             | -3,15   | 9,89      | 53,19          | 2,14            | 0,46                | -0,087 | 0,008   |
| 2001                                | 135,69      | 23              | 210,38                             | -5,65   | 31,98     | 51,06          | 2,04            | 0,40                | -0,149 | 0,022   |
| 2002                                | 143,95      | 24              | 208,46                             | -7,57   | 57,31     | 48,94          | 1,96            | 0,34                | -0,211 | 0,044   |
| 2003                                | 135,69      | 25              | 206,58                             | -9,46   | 89,42     | 46,81          | 1,88            | 0,28                | -0,271 | 0,074   |
| 2004                                | 267,99      | 26              | 195,22                             | -20,81  | 433,02    | 44,68          | 1,81            | 0,22                | -0,331 | 0,109   |
| 2005                                | 334,20      | 27              | 194,60                             | -21,43  | 459,13    | 42,55          | 1,74            | 0,16                | -0,389 | 0,152   |
| 2006                                | 157,20      | 28              | 177,61                             | -38,42  | 1.476,19  | 40,43          | 1,68            | 0,10                | -0,448 | 0,200   |
| 2008                                | 147,19      | 29              | 177,60                             | -38,43  | 1.476,97  | 38,30          | 1,62            | 0,04                | -0,506 | 0,256   |
| 2009                                | 111,32      | 30              | 177,00                             | -39,03  | 1.523,45  | 36,17          | 1,57            | -0,02               | -0,564 | 0,318   |
| 2010                                | 177,61      | 31              | 171,43                             | -44,60  | 1.988,98  | 34,04          | 1,52            | -0,07               | -0,621 | 0,386   |
| 2011                                | 168,21      | 32              | 168,21                             | -47,82  | 2.286,82  | 31,91          | 1,47            | -0,13               | -0,680 | 0,462   |
| 2012                                | 321,89      | 33              | 165,06                             | -50,98  | 2.598,53  | 29,79          | 1,42            | -0,19               | -0,738 | 0,545   |
| 2013                                | 310,74      | 34              | 157,20                             | -58,83  | 3.461,24  | 27,66          | 1,38            | -0,25               | -0,798 | 0,636   |
| 2014                                | 195,22      | 35              | 147,19                             | -68,84  | 4.738,61  | 25,53          | 1,34            | -0,31               | -0,858 | 0,736   |
| 2015                                | 66,42       | 36              | 143,95                             | -72,09  | 5.196,33  | 23,40          | 1,31            | -0,37               | -0,920 | 0,846   |
| 2016                                | 111,16      | 37              | 140,44                             | -75,59  | 5.713,34  | 21,28          | 1,27            | -0,44               | -0,983 | 0,967   |
| 2017                                | 177,00      | 38              | 135,69                             | -80,34  | 6.455,18  | 19,15          | 1,24            | -0,50               | -1,049 | 1,101   |
| 2018                                | 129,16      | 39              | 135,69                             | -80,34  | 6.455,18  | 17,02          | 1,21            | -0,57               | -1,118 | 1,250   |
| 2019                                | 177,60      | 40              | 129,16                             | -86,87  | 7.546,63  | 14,89          | 1,18            | -0,64               | -1,191 | 1,418   |
| 2020                                | 288,90      | 41              | 126,06                             | -89,98  | 8.095,55  | 12,77          | 1,15            | -0,72               | -1,269 | 1,610   |
| 2021                                | 62,25       | 42              | 111,32                             | -104,71 | 10.964,32 | 10,64          | 1,12            | -0,81               | -1,354 | 1,832   |
| 2022                                | 290,58      | 43              | 111,16                             | -104,87 | 10.998,00 | 8,51           | 1,09            | -0,90               | -1,449 | 2,098   |
| 2023                                | 212,89      | 44              | 88,25                              | -127,78 | 16.327,57 | 6,38           | 1,07            | -1,01               | -1,559 | 2,430   |
| 2024                                | 290,20      | 45              | 66,42                              | -149,61 | 22.383,56 | 4,26           | 1,04            | -1,15               | -1,696 | 2,878   |
| 2025                                | 126,06      | 46              | 62,25                              | -153,78 | 23.648,71 | 2,13           | 1,02            | -1,35               | -1,895 | 3,591   |

|            |         |
|------------|---------|
| Qm         | 216,031 |
| Yn (media) | 0,547   |
| n          | 46      |
| desvio P   | 80,070  |
| desvio Yn  | 1,166   |

|                 |              |       |
|-----------------|--------------|-------|
| Tr= 1/100-P*100 | Vazão (m³/s) | k     |
| 100             | 494,27       | 3,475 |

Tabela 10 – Vazão TR 100 – Nova Roma

| TRATAMENTO DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS |             |                 |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|---------|-----------|----------------|-----------------|---------------------|--------|---------|
| Código da Estação:21560000          |             | Fazenda Veneza  |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
| LANÇAMENTO DE DADOS                 |             |                 |                                    |         |           |                |                 |                     |        |         |
| Ano de ocorrência                   | Vazões m³/s | Número de ordem | Vazões em ordem decrescente (m³/s) | Q-Qm    | (Q-Qm)2   | P=100(1-m/n+1) | Tr= 1/100-P*100 | Variável Reduzida Y | Y-Yn   | (Y-Yn)2 |
| 1976                                | 140,44      | 1               | 378,91                             | 162,00  | 26.244,17 | 97,87          | 47,00           | 3,84                | 3,293  | 10,841  |
| 1977                                | 194,60      | 2               | 340,01                             | 123,98  | 15.371,64 | 95,74          | 23,50           | 3,14                | 2,589  | 6,701   |
| 1978                                | 247,05      | 3               | 334,20                             | 118,17  | 13.964,61 | 93,62          | 15,67           | 2,72                | 2,172  | 4,717   |
| 1979                                | 303,39      | 4               | 322,71                             | 106,68  | 11.379,76 | 91,49          | 11,75           | 2,42                | 1,873  | 3,508   |
| 1980                                | 269,42      | 5               | 321,89                             | 105,86  | 11.205,90 | 89,36          | 9,40            | 2,18                | 1,638  | 2,684   |
| 1981                                | 269,42      | 6               | 310,74                             | 94,71   | 8.970,07  | 87,23          | 7,83            | 1,99                | 1,444  | 2,085   |
| 1982                                | 266,65      | 7               | 303,39                             | 87,36   | 7.632,13  | 85,11          | 6,71            | 1,82                | 1,278  | 1,633   |
| 1983                                | 279,92      | 8               | 290,58                             | 74,55   | 5.557,14  | 82,98          | 5,88            | 1,68                | 1,132  | 1,282   |
| 1984                                | 206,58      | 9               | 290,20                             | 74,16   | 5.500,32  | 80,85          | 5,22            | 1,55                | 1,002  | 1,003   |
| 1985                                | 283,46      | 10              | 288,90                             | 72,87   | 5.309,84  | 78,72          | 4,70            | 1,43                | 0,884  | 0,781   |
| 1986                                | 212,89      | 11              | 284,17                             | 68,13   | 4.642,34  | 76,60          | 4,27            | 1,32                | 0,775  | 0,601   |
| 1987                                | 208,46      | 12              | 283,81                             | 67,78   | 4.593,85  | 74,47          | 3,92            | 1,22                | 0,675  | 0,455   |
| 1988                                | 322,71      | 13              | 283,46                             | 67,43   | 4.546,23  | 72,34          | 3,62            | 1,13                | 0,581  | 0,337   |
| 1989                                | 340,01      | 14              | 279,92                             | 63,89   | 4.082,06  | 70,21          | 3,36            | 1,04                | 0,493  | 0,243   |
| 1993                                | 284,17      | 15              | 272,21                             | 56,17   | 3.155,62  | 68,09          | 3,13            | 0,96                | 0,409  | 0,167   |
| 1994                                | 272,21      | 16              | 269,42                             | 53,39   | 2.850,46  | 65,96          | 2,94            | 0,88                | 0,330  | 0,109   |
| 1995                                | 165,06      | 17              | 269,42                             | 53,39   | 2.850,46  | 63,83          | 2,76            | 0,80                | 0,254  | 0,065   |
| 1996                                | 88,25       | 18              | 267,99                             | 51,96   | 2.699,48  | 61,70          | 2,61            | 0,73                | 0,181  | 0,033   |
| 1997                                | 378,03      | 19              | 266,65                             | 50,62   | 2.561,93  | 59,57          | 2,47            | 0,66                | 0,111  | 0,012   |
| 1998                                | 171,43      | 20              | 247,05                             | 31,02   | 962,33    | 57,45          | 2,35            | 0,59                | 0,043  | 0,002   |
| 1999                                | 283,81      | 21              | 212,89                             | -3,15   | 9,89      | 55,32          | 2,24            | 0,52                | -0,023 | 0,001   |
| 2000                                | 210,38      | 22              | 212,89                             | -3,15   | 9,89      | 53,19          | 2,14            | 0,46                | -0,087 | 0,008   |
| 2001                                | 135,69      | 23              | 210,38                             | -5,65   | 31,98     | 51,06          | 2,04            | 0,40                | -0,149 | 0,022   |
| 2002                                | 143,95      | 24              | 208,46                             | -7,57   | 57,31     | 48,94          | 1,96            | 0,34                | -0,211 | 0,044   |
| 2003                                | 135,69      | 25              | 206,58                             | -9,46   | 89,42     | 46,81          | 1,88            | 0,28                | -0,271 | 0,074   |
| 2004                                | 267,99      | 26              | 195,22                             | -20,81  | 433,02    | 44,68          | 1,81            | 0,22                | -0,331 | 0,109   |
| 2005                                | 334,20      | 27              | 194,60                             | -21,43  | 459,13    | 42,55          | 1,74            | 0,16                | -0,389 | 0,152   |
| 2006                                | 157,20      | 28              | 177,61                             | -38,42  | 1.476,19  | 40,43          | 1,68            | 0,10                | -0,448 | 0,200   |
| 2008                                | 147,19      | 29              | 177,60                             | -38,43  | 1.476,97  | 38,30          | 1,62            | 0,04                | -0,506 | 0,256   |
| 2009                                | 111,32      | 30              | 177,00                             | -39,03  | 1.523,45  | 36,17          | 1,57            | -0,02               | -0,564 | 0,318   |
| 2010                                | 177,61      | 31              | 171,43                             | -44,60  | 1.988,98  | 34,04          | 1,52            | -0,07               | -0,621 | 0,386   |
| 2011                                | 168,21      | 32              | 168,21                             | -47,82  | 2.286,82  | 31,91          | 1,47            | -0,13               | -0,680 | 0,462   |
| 2012                                | 321,89      | 33              | 165,06                             | -50,98  | 2.598,53  | 29,79          | 1,42            | -0,19               | -0,738 | 0,545   |
| 2013                                | 310,74      | 34              | 157,20                             | -58,83  | 3.461,24  | 27,66          | 1,38            | -0,25               | -0,798 | 0,636   |
| 2014                                | 195,22      | 35              | 147,19                             | -68,84  | 4.738,61  | 25,53          | 1,34            | -0,31               | -0,858 | 0,736   |
| 2015                                | 66,42       | 36              | 143,95                             | -72,09  | 5.196,33  | 23,40          | 1,31            | -0,37               | -0,920 | 0,846   |
| 2016                                | 111,16      | 37              | 140,44                             | -75,59  | 5.713,34  | 21,28          | 1,27            | -0,44               | -0,983 | 0,967   |
| 2017                                | 177,00      | 38              | 135,69                             | -80,34  | 6.455,18  | 19,15          | 1,24            | -0,50               | -1,049 | 1,101   |
| 2018                                | 129,16      | 39              | 135,69                             | -80,34  | 6.455,18  | 17,02          | 1,21            | -0,57               | -1,118 | 1,250   |
| 2019                                | 177,60      | 40              | 129,16                             | -86,87  | 7.546,63  | 14,89          | 1,18            | -0,64               | -1,191 | 1,418   |
| 2020                                | 288,90      | 41              | 126,06                             | -89,98  | 8.095,55  | 12,77          | 1,15            | -0,72               | -1,269 | 1,610   |
| 2021                                | 62,25       | 42              | 111,32                             | -104,71 | 10.964,32 | 10,64          | 1,12            | -0,81               | -1,354 | 1,832   |
| 2022                                | 290,58      | 43              | 111,16                             | -104,87 | 10.998,00 | 8,51           | 1,09            | -0,90               | -1,449 | 2,098   |
| 2023                                | 212,89      | 44              | 88,25                              | -127,78 | 16.327,57 | 6,38           | 1,07            | -1,01               | -1,559 | 2,430   |
| 2024                                | 290,20      | 45              | 66,42                              | -149,61 | 22.383,56 | 4,26           | 1,04            | -1,15               | -1,696 | 2,878   |
| 2025                                | 126,06      | 46              | 62,25                              | -153,78 | 23.648,71 | 2,13           | 1,02            | -1,35               | -1,895 | 3,591   |

|            |         |
|------------|---------|
| Qm         | 216,031 |
| Yn (media) | 0,547   |
| n          | 46      |
| desvio P   | 80,070  |
| desvio Yn  | 1,166   |

|                 |              |       |
|-----------------|--------------|-------|
| Tr= 1/100-P*100 | Vazão (m³/S) | k     |
| 100             | 494,27       | 3,475 |

Tabela 11 – Vazão TR 100 – Estação UHE Peixe Angical

| TRATAMENTO DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS |             |                 |                                    |          |              |                |                 |                     |        |         |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------------|----------|--------------|----------------|-----------------|---------------------|--------|---------|
| Código da Estação:21500000          |             | Nova Roma       |                                    |          |              |                |                 |                     |        |         |
|                                     |             |                 |                                    |          |              |                |                 |                     |        |         |
| LANÇAMENTO DE DADOS                 |             |                 |                                    |          |              |                |                 |                     |        |         |
| Ano de ocorrência                   | Vazões m³/s | Número de ordem | Vazões em ordem decrescente (m3/s) | Q-Qm     | (Q-Qm)2      | P=100(1-m/n+1) | Tr= 1/100-P*100 | Variável Reduzida Y | Y-Yn   | (Y-Yn)2 |
| 1970                                | 324,60      | 1               | 3443,71                            | 2.363,71 | 5.587.145,69 | 98,21          | 56,00           | 4,02                | 3,466  | 12,013  |
| 1971                                | 932,31      | 2               | 3390,84                            | 2.311,13 | 5.341.343,99 | 96,43          | 28,00           | 3,31                | 2,764  | 7,638   |
| 1972                                | 2300,93     | 3               | 2300,93                            | 1.221,22 | 1.491.369,21 | 94,64          | 18,67           | 2,90                | 2,349  | 5,517   |
| 1973                                | 1397,46     | 4               | 1823,91                            | 744,20   | 553.834,81   | 92,86          | 14,00           | 2,60                | 2,052  | 4,210   |
| 1974                                | 1468,11     | 5               | 1731,54                            | 651,83   | 424.885,59   | 91,07          | 11,20           | 2,37                | 1,819  | 3,309   |
| 1975                                | 473,62      | 6               | 1728,39                            | 648,68   | 420.784,29   | 89,29          | 9,33            | 2,18                | 1,627  | 2,647   |
| 1976                                | 653,24      | 7               | 1647,13                            | 567,42   | 321.967,59   | 87,50          | 8,00            | 2,01                | 1,463  | 2,140   |
| 1977                                | 1157,68     | 8               | 1616,26                            | 536,55   | 287.887,49   | 85,71          | 7,00            | 1,87                | 1,319  | 1,741   |
| 1978                                | 1647,13     | 9               | 1549,10                            | 469,39   | 220.327,71   | 83,93          | 6,22            | 1,74                | 1,191  | 1,419   |
| 1979                                | 1527,95     | 10              | 1527,95                            | 448,24   | 200.920,34   | 82,14          | 5,60            | 1,63                | 1,076  | 1,157   |
| 1980                                | 1731,54     | 11              | 1468,11                            | 388,40   | 150.855,25   | 80,36          | 5,09            | 1,52                | 0,970  | 0,940   |
| 1981                                | 927,29      | 12              | 1447,37                            | 367,66   | 135.176,66   | 78,57          | 4,67            | 1,42                | 0,872  | 0,760   |
| 1982                                | 1090,34     | 13              | 1397,46                            | 317,75   | 100.966,83   | 76,79          | 4,31            | 1,33                | 0,781  | 0,610   |
| 1983                                | 1447,37     | 14              | 1345,32                            | 265,61   | 70.549,09    | 75,00          | 4,00            | 1,25                | 0,695  | 0,484   |
| 1984                                | 760,05      | 15              | 1296,74                            | 217,03   | 47.100,67    | 73,21          | 3,73            | 1,17                | 0,615  | 0,378   |
| 1985                                | 1218,16     | 16              | 1237,63                            | 157,92   | 24.939,70    | 71,43          | 3,50            | 1,09                | 0,539  | 0,290   |
| 1986                                | 1237,63     | 17              | 1234,84                            | 155,13   | 24.066,49    | 69,64          | 3,29            | 1,02                | 0,466  | 0,217   |
| 1987                                | 848,22      | 18              | 1229,27                            | 149,56   | 22.368,85    | 67,86          | 3,11            | 0,95                | 0,397  | 0,158   |
| 1988                                | 1616,26     | 19              | 1218,16                            | 138,45   | 19.167,40    | 66,07          | 2,95            | 0,88                | 0,330  | 0,109   |
| 1989                                | 3390,84     | 20              | 1201,55                            | 121,84   | 14.845,57    | 64,29          | 2,80            | 0,82                | 0,266  | 0,071   |
| 1990                                | 3443,42     | 21              | 1179,54                            | 99,83    | 9.966,68     | 62,50          | 2,67            | 0,76                | 0,205  | 0,042   |
| 1991                                | 875,11      | 22              | 1157,68                            | 77,97    | 6.079,85     | 60,71          | 2,55            | 0,70                | 0,145  | 0,021   |
| 1992                                | 1234,84     | 23              | 1090,34                            | 10,63    | 113,00       | 58,93          | 2,43            | 0,64                | 0,087  | 0,008   |
| 1993                                | 1014,09     | 24              | 1014,09                            | -65,62   | 4.306,41     | 57,14          | 2,33            | 0,58                | 0,030  | 0,001   |
| 1994                                | 1179,54     | 25              | 998,56                             | -81,15   | 6.584,72     | 55,36          | 2,24            | 0,53                | -0,025 | 0,001   |
| 1995                                | 616,08      | 26              | 934,83                             | -144,88  | 20.989,99    | 53,57          | 2,15            | 0,47                | -0,079 | 0,006   |
| 1996                                | 340,14      | 27              | 932,31                             | -147,40  | 21.725,32    | 51,79          | 2,07            | 0,42                | -0,132 | 0,017   |
| 1997                                | 1296,74     | 28              | 927,29                             | -152,42  | 23.232,50    | 50,00          | 2,00            | 0,37                | -0,184 | 0,034   |
| 1998                                | 607,45      | 29              | 917,26                             | -162,45  | 26.388,77    | 48,21          | 1,93            | 0,32                | -0,235 | 0,055   |
| 1999                                | 998,56      | 30              | 902,30                             | -177,41  | 31.474,03    | 46,43          | 1,87            | 0,26                | -0,286 | 0,082   |
| 2000                                | 902,30      | 31              | 875,11                             | -204,60  | 41.862,15    | 44,64          | 1,81            | 0,22                | -0,335 | 0,112   |
| 2001                                | 934,83      | 32              | 859,77                             | -219,94  | 48.375,15    | 42,86          | 1,75            | 0,17                | -0,385 | 0,148   |
| 2002                                | 746,08      | 33              | 848,22                             | -231,49  | 53.588,46    | 41,07          | 1,70            | 0,12                | -0,434 | 0,188   |
| 2003                                | 917,26      | 34              | 821,64                             | -258,07  | 66.599,72    | 39,29          | 1,65            | 0,07                | -0,482 | 0,233   |
| 2004                                | 1728,39     | 35              | 800,12                             | -279,59  | 78.170,13    | 37,50          | 1,60            | 0,02                | -0,531 | 0,282   |
| 2005                                | 1823,91     | 36              | 760,05                             | -319,66  | 102.183,80   | 35,71          | 1,56            | -0,03               | -0,580 | 0,336   |
| 2006                                | 800,12      | 37              | 753,63                             | -326,08  | 106.325,76   | 33,93          | 1,51            | -0,08               | -0,628 | 0,395   |
| 2008                                | 590,33      | 38              | 746,08                             | -333,62  | 111.305,32   | 32,14          | 1,47            | -0,13               | -0,677 | 0,458   |
| 2009                                | 644,42      | 39              | 659,88                             | -419,83  | 176.257,83   | 30,36          | 1,44            | -0,18               | -0,726 | 0,527   |
| 2010                                | 423,57      | 40              | 653,24                             | -426,47  | 181.877,19   | 28,57          | 1,40            | -0,23               | -0,776 | 0,602   |
| 2011                                | 529,78      | 41              | 653,24                             | -426,47  | 181.877,19   | 26,79          | 1,37            | -0,28               | -0,826 | 0,682   |
| 2012                                | 1229,27     | 42              | 644,42                             | -435,29  | 189.473,65   | 25,00          | 1,33            | -0,33               | -0,877 | 0,769   |
| 2013                                | 653,24      | 43              | 616,08                             | -463,63  | 214.952,05   | 23,21          | 1,30            | -0,38               | -0,929 | 0,863   |
| 2014                                | 659,88      | 44              | 607,45                             | -472,26  | 223.028,77   | 21,43          | 1,27            | -0,43               | -0,983 | 0,965   |
| 2015                                | 355,93      | 45              | 590,33                             | -489,38  | 239.492,70   | 19,64          | 1,24            | -0,49               | -1,037 | 1,076   |
| 2016                                | 469,70      | 46              | 586,08                             | -493,63  | 243.672,77   | 17,86          | 1,22            | -0,54               | -1,094 | 1,198   |
| 2017                                | 525,69      | 47              | 575,50                             | -504,21  | 254.226,93   | 16,07          | 1,19            | -0,60               | -1,154 | 1,331   |
| 2018                                | 821,64      | 48              | 529,78                             | -549,93  | 302.421,48   | 14,29          | 1,17            | -0,67               | -1,216 | 1,479   |
| 2019                                | 575,50      | 49              | 525,69                             | -554,02  | 308.937,29   | 12,50          | 1,14            | -0,73               | -1,283 | 1,645   |
| 2020                                | 1549,10     | 50              | 473,62                             | -606,08  | 367.338,20   | 10,71          | 1,12            | -0,80               | -1,354 | 1,833   |
| 2021                                | 1345,32     | 51              | 469,70                             | -610,01  | 372.111,24   | 8,93           | 1,10            | -0,88               | -1,433 | 2,052   |
| 2022                                | 1201,55     | 52              | 423,57                             | -656,14  | 430.519,20   | 7,14           | 1,08            | -0,97               | -1,521 | 2,313   |
| 2023                                | 586,08      | 53              | 355,93                             | -723,78  | 523.856,35   | 5,36           | 1,06            | -1,07               | -1,624 | 2,638   |
| 2024                                | 859,77      | 54              | 340,14                             | -739,57  | 546.962,63   | 3,57           | 1,04            | -1,20               | -1,754 | 3,077   |
| 2025                                | 753,63      | 55              | 324,60                             | -755,11  | 570.184,49   | 1,79           | 1,02            | -1,39               | -1,943 | 3,775   |

|            |           |
|------------|-----------|
| Qm         | 1.079,709 |
| Yn (media) | 0,550     |
| n          | 55        |
| desvio P   | 631,649   |
| desvio Yn  | 1,179     |

| Tr= 1/100-P*100 | Vazão (m³/s) | k     |
|-----------------|--------------|-------|
| 100             | 3249,45      | 3,435 |

Para a determinação efetiva de uma vazão, poderá ser empregado o método de relação das áreas de contribuição, a saber:

*Tabela 12 – Vazão TR 100 – Estação UHE Peixe Angical*

| Resumo das Vazões Calculadas |                   |            |                             |                  |                                 |
|------------------------------|-------------------|------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------|
|                              | Item              | Código     | Área de Drenagem da Estação | Relação de Áreas | Distancia ao Ponto de Interesse |
| Fluviometria                 | Fazenda Veneza    | 21.560.000 | 2.840,00                    | 0,10             | 14,88 km                        |
|                              | Nova Roma         | 21.500.000 | 22.600,00                   | 0,83             | 17,76 km                        |
|                              | UHE Peixe Angical | 21.600.000 | 29.600,00                   | 1,09             | 35,71 km                        |

Não é recomendada a utilização de estações com relação entre as áreas maior que 2 e menor que 0,5. É importante destacar também que quanto maior a distância entre o ponto de controle e o local da intervenção, maior é a imprecisão da transposição dos dados.

Analisando os dados das estações consideradas, foi escolhida a Estação UHE Peixe Angical, q0ue atende às melhores premissas de segurança.

Assim, para a transposição de dados, o DNIT recomenda (ver página 29 do Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem) que a relação entre as áreas das bacias da estação escolhida e do local da nova ponte seja elevada ao expoente 0,75 para tempos de recorrência próximos de 100 anos, sendo utilizada a seguinte equação:

$$\frac{Q_{EUHE}}{Q_{PONTE}} = \left( \frac{A_{EUHE}}{A_{PONTE}} \right)^{0,75}$$

Sendo:

- $Q_{EUHE}$  – Vazão da Estação UHE Peixe Angical Ponte Paranã para o tempo de recorrência de 100 anos (m³/s);
- $Q_{PONTE}$  – Vazão no local da ponte para o tempo de recorrência de 100 anos (m³/s);
- $A_{EUHE}$  – Área da bacia de contribuição da Estação UHE Peixe Angical Ponte Paranã (km²).

$A_{PONTE}$  – Área da bacia de contribuição no local da ponte (km²).

Substituindo-se os elementos da equação pelos dados de vazão, área da bacia de contribuição da Estação UHE Peixe Angical Ponte Paranã e a área de contribuição no local da ponte, obtém-se a vazão de dimensionamento da ponte, para a recorrência de 100 anos, conforme apresentado a seguir:

### Vazão máxima estimada (TR-100) – Rio Paranã

|                    |                 |      |                                            |
|--------------------|-----------------|------|--------------------------------------------|
| Q <sub>EUHE</sub>  | 5165,67         | m³/s |                                            |
| A <sub>EUHE</sub>  | 29.600,00       | km²  | Área drenada da Estação Fluviométrica      |
| A <sub>PONTE</sub> | 27.093,42       | km²  | Área da seção em estudo (Rio Meia Ponte)   |
| Q <sub>PONTE</sub> | <b>4.833,99</b> |      | <b>*TR=100 anos para a seção em Estudo</b> |

A vazão de projeto para um tempo de retorno de 100 anos (TR100), realizado pelo método estatístico dos dados fluviométricos resultou em uma vazão de 4.833,99 m³/s.

#### 4.6.3 Vazão de Projeto

Tendo em vista o estudo da fluviometria e pluviometria disponíveis, a vazão de projeto na seção de interesse será de **4.833,99 m³/s**, referente ao estudo fluviométrico, uma vez que foi o valor maior dos estudos realizados, conforme demonstrado na tabela a seguir:

*Tabela 13 – Vazão TR 100 – Estação UHE Peixe Angical*

| Resumo das Vazões Calculadas |                      |            |               |
|------------------------------|----------------------|------------|---------------|
| Método                       | Estação Hidrológica  | Código     | Vazão         |
| Pluviometria                 | Estação Campos Belos | 1.346.004  | 2.846,09 m³/s |
| Fluviometria                 | UHE Peixe Angical    | 21.600.000 | 4.833,99 m³/s |

#### 4.7 Dimensionamento Hidráulico

O Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT estabelece qual é o procedimento necessário para o cálculo da lâmina d'água resultante. Em resumo, para este projeto foram analisadas diversas lâminas d'água na seção transversal de cada ponte e calculada a vazão imposta a elas.

Para este método, inicialmente devem ser obtidos os seguintes elementos:

- Descarga do projeto, obtida pelos estudos hidrológicos, levando em conta o tempo de recorrência adotado e os métodos de cálculo recomendados para o caso, **de preferência os estatísticos, sempre que possível;**

- Declividade do leito do rio, ou do seu gradiente, determinada entre dois pontos distantes no mínimo de 200m, sendo um a montante e outro a jusante do eixo da rodovia, do qual devem distar 100m cada um. **Por se tratar de um estudo para Anteprojeto, a declividade adotada para a ponte foi definida por meio de um modelo digital de terreno obtido pelos softwares Google Earth Pro e Qgis;**
- Levantamento de seções normais ao curso do rio no local de sua travessia pelo eixo da rodovia a montante e jusante. **Por se tratar de um estudo para Anteprojeto foi considerada uma seção simplificada para a ponte com base na largura do rio, obtida por meio da análise de imagens do software Google Earth Pro;**
- Fixação do coeficiente de Manning para os cursos d 'água. Para estudo da ponte foi definido o coeficiente em caráter de estudo prévio por meio das tabelas fornecidas pelo manual de drenagem do DNIT constante de Apêndice B. **Para este estudo foi definido um coeficiente médio entre 0,025 e 0,06 de n=0,045 conforme indicado na tabela abaixo:**

*Tabela 14 – Coeficiente de Rugosidade*

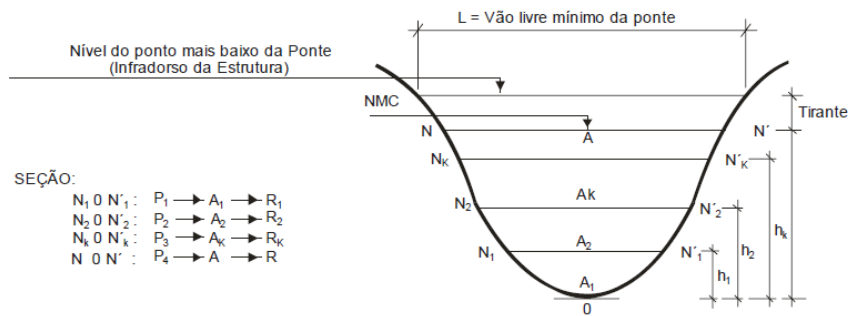
**Tabela 33 - Valores dos coeficientes de rugosidade n para cursos d'água natural**  
**- Arroios Maiores –**  
**Largura à superfície no estágio de inundação maior que 30,00m**  
*( O valor de n é menor que aqueles para arroios menores de características equivalentes uma vez que as margens são relativamente menos influentes)*

|                                        |       |       |
|----------------------------------------|-------|-------|
| Seção regular sem matações ou arbustos | 0,025 | 0,060 |
| Seção irregular e não trabalhada       | 0,035 | 0,100 |

#### **4.7.1 Método de Determinação da Cota Máxima de Cheia e Vão da Obra – DNIT**

Cada altura “h” do nível d'água corresponde uma área molhada (Am), um perímetro molhado (Pm) e em consequência, raio hidráulico (Rh) e a velocidade (V), que são relacionados através da fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$



Conforme exposto, o cálculo da lâmina d'água é obtido através da equação de manning para vazões, conforme a equação a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} \times Am \times Rh^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Onde:

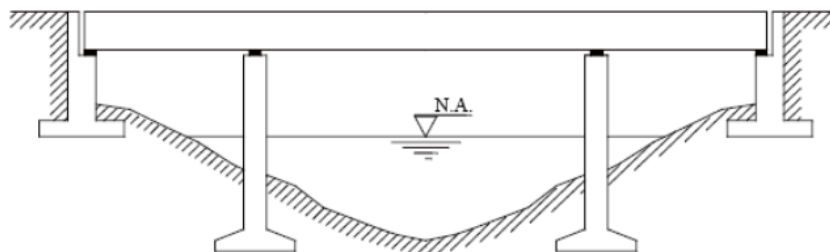
**n:** Coeficiente de Rugosidade

**Am:** Área molhada

**Rh:** Raio Hidráulico

**I:** Declividade média do canal

Nesta análise foi considerado intervalos de 50cm entre lâminas d'água, até que se encontre um valor aproximado da vazão de projeto definida no estudo hidrológico. Com base no NA.máx é determinado o vão livre mínimo e o nível do ponto mais baixo da ponte.



#### 4.7.1.1 Ponte Rio Paranã

Como o curso d'água no ponto da seção de interesse apresenta regime torrencial e com possibilidade de transporte superficial de vegetação densa, a folga mínima a face inferior da superestrutura deve ser de 2,0 metros.

**Tabela 15 – Verificação Hidráulica**

| VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA |        |                       |                   |                     |            |                  |              |                  |                               |
|------------------------|--------|-----------------------|-------------------|---------------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| Cota                   | y [m]  | PERÍMETRO MOLHADO [m] | ÁREA MOLHADA [m²] | RAIO HIDRÁULICO [m] | RUGOSIDADE | INCLINAÇÃO [m/m] | VAZÃO [m³/s] | VELOCIDADE [m/s] | $Am \cdot Rh^{2/3} / l^{0,5}$ |
| 395,00                 | 6,864  | 112,17870             | 247,14            | 2,20311             | 0,035      | 0,00046          | 256,48       | 1,038            | 418,44                        |
| 396,00                 | 7,864  | 122,15740             | 361,78            | 2,96159             | 0,035      | 0,00046          | 457,31       | 1,264            | 746,10                        |
| 397,00                 | 8,864  | 129,87950             | 485,00            | 3,73424             | 0,035      | 0,00046          | 715,53       | 1,475            | 1.167,38                      |
| 398,00                 | 9,864  | 138,03460             | 615,85            | 4,46157             | 0,035      | 0,00046          | 1.023,02     | 1,661            | 1.669,05                      |
| 399,00                 | 10,864 | 149,43090             | 756,11            | 5,05991             | 0,035      | 0,00046          | 1.365,93     | 1,807            | 2.228,49                      |
| 400,00                 | 11,864 | 164,44040             | 909,28            | 5,52957             | 0,035      | 0,00046          | 1.742,78     | 1,917            | 2.843,33                      |
| 401,00                 | 12,864 | 185,21190             | 1080,23           | 5,83238             | 0,035      | 0,00046          | 2.145,34     | 1,986            | 3.500,09                      |
| 402,00                 | 13,864 | 198,70740             | 1268,73           | 6,38489             | 0,035      | 0,00046          | 2.676,41     | 2,110            | 4.366,53                      |
| 403,00                 | 14,864 | 208,36210             | 1469,75           | 7,05383             | 0,035      | 0,00046          | 3.313,43     | 2,254            | 5.405,81                      |
| 404,00                 | 15,864 | 211,96770             | 1674,88           | 7,90156             | 0,035      | 0,00046          | 4.072,63     | 2,432            | 6.644,44                      |
| 404,50                 | 16,864 | 213,77000             | 1778,00           | 8,31735             | 0,035      | 0,00046          | 4.473,75     | 2,516            | 7.298,86                      |
| 404,93                 | 17,294 | 215,32080             | 1868,33           | 8,67698             | 0,035      | 0,00046          | 4.835,60     | 2,588            | 7.889,22                      |
| 405,00                 | 17,364 | 215,57320             | 1883,00           | 8,73486             | 0,035      | 0,00046          | 4.895,21     | 2,600            | 7.986,46                      |

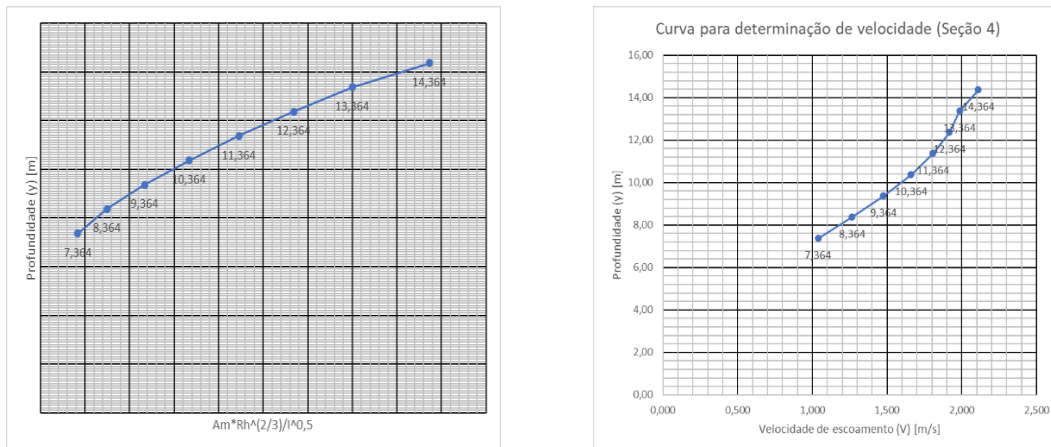
$Q_{projeto} = 4833,99 \text{ m}^3/\text{s}$

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Largura do Rio (m)       |        |
|                          |        |
| Declividade estimada (%) |        |
| 0,046                    |        |
| desnível                 | 0,06   |
| comprimento              | 130,37 |

| y [m]    | VAZÃO [m³/s] |
|----------|--------------|
| 404,500  | 4.473,75     |
| x        | 4.833,99     |
| 405,000  | 4.895,21     |
| N.A. máx | 404,93       |

Variando-se, então, os valores da lâmina entre os praticamente aconselháveis, traçam-se duas curvas referidas a dois eixos cartesianos. No eixo das abcissas, marcam-se os valores de  $AxRh^{2/3}$  e  $V$ . No eixo das ordenadas, os valores de  $h$  acima especificados. Na sequência estão apresentadas as figuras contendo as curvas utilizadas na determinação dos elementos de dimensionamento da ponte sobre o Rio Paranã (velocidade e cota).

Figura 18 – Curva do Dimensionamento Hidráulico e Gráfico Cota x A e AR 2/3



Da curva  $A \times Rh^{2/3}$ , temos como resultado a Cota de Máxima Enchente Calculada (M.E.C.100) igual a 404,93m. Replicando esta cota na curva  $V$ , temos que a velocidade do Rio Paranã na seção em estudo é igual a 2,59m/s.

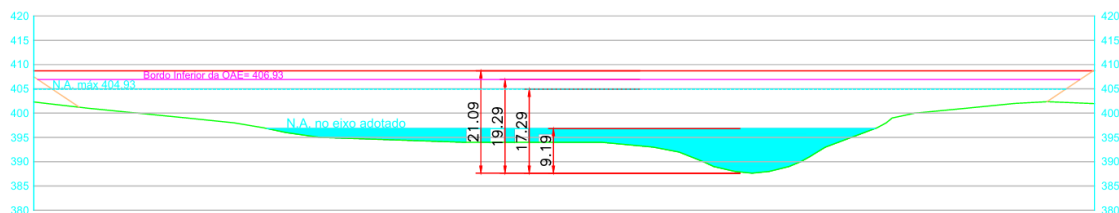
#### 4.7.1.1.1 Definição da Cota da Ponte sobre Rio Paranã

A fixação da cota inferior da superestrutura da ponte a ser implantada na GO-112 sobre o Rio Paranã foi realizada com base nos seguintes valores: cota de máxima enchente calculada e bordo livre.

Devido à importância da obra a ser executada, foi adotado um bordo livre de 2,00m, conforme recomendação do manual de drenagem do DNIT. A cota inferior da superestrutura deverá se manter acima de **406,930m**, no ponto mais baixo da estrutura, garantindo que a ponte terá uma seção de vazão suficiente para escoar o deflúvio de projeto, mesmo nas chuvas mais intensas.

Na sequência foi apresentada a figura mostrando a seção da ponte representando o vão livre e as cotas mencionadas anteriormente.

*Figura 19 – Perfil Longitudinal Eixo da Ponte*



## 5 DRENAGEM

A drenagem de rodovias constitui elemento essencial para a durabilidade do pavimento, a estabilidade dos aterros e a segurança do tráfego, tendo como finalidade disciplinar o escoamento superficial e subterrâneo das águas pluviais. No contexto das Obras de Arte Especiais, o sistema de drenagem assume papel ainda mais relevante, sobretudo nas regiões de transição entre aterro e estrutura.

O encabeçamento de ponte corresponde ao conjunto de dispositivos implantados nas extremidades da estrutura, destinados a promover a adequada transição hidráulica e estrutural entre a rodovia e a ponte, garantindo o correto direcionamento das águas, prevenindo processos erosivos, infiltrações e patologias que possam comprometer o desempenho e a vida útil da obra.

### 5.1 Drenagem superficial

O Projeto de Drenagem Superficial tem por objetivo definir os dispositivos para captar e conduzir adequadamente as águas superficiais, de modo a preservar a estrutura da rodovia possibilitando sua operação durante as precipitações mais intensas.

Os trabalhos desenvolvidos abordaram, basicamente, o pré-dimensionamento, adequado para a fase de anteprojeto, dos seguintes dispositivos:

#### 5.1.1 Sarjeta de aterro

Dispositivos de drenagem superficial implantados ao longo do bordo da plataforma, especialmente em trechos em aterro, com a finalidade de coletar e conduzir as águas pluviais provenientes da pista e dos acostamentos. Têm como

objetivo evitar o escoamento desordenado sobre o talude, prevenindo processos erosivos e garantindo a integridade do maciço.

#### **5.1.2 Valeta de proteção aterro**

Canal escavado, geralmente localizado no pé do talude de aterro, destinado a interceptar e conduzir as águas superficiais provenientes das áreas adjacentes ou das descidas d'água. Sua função principal é impedir que o fluxo hídrico atinja diretamente o talude, reduzindo riscos de erosão e carreamento de material.

#### **5.1.3 Descidas**

Estruturas implantadas nos taludes com a finalidade de conduzir, de forma controlada, as águas coletadas pelas sarjetas até o terreno natural ou dispositivos de drenagem a jusante. Podem ser revestidas em concreto, alvenaria, enrocamento ou outros materiais, sendo dimensionadas para evitar erosão e garantir a estabilidade do talude.

#### **5.1.4 Dissipadores de Energia**

Estruturas localizadas, em geral, na saída das descidas d'água ou de dispositivos de drenagem, destinadas a reduzir a velocidade do fluxo hídrico antes de seu lançamento no terreno natural ou em corpos receptores. Sua função é minimizar o potencial erosivo da água, promovendo a dissipação da energia cinética por meio de bacias de dissipação, colchões reno, enrocamentos ou outros sistemas adequados.

#### **5.1.5 Bueiros**

A execução de bueiros no trecho analisado tem como objetivo assegurar a adequada drenagem transversal da via, permitindo o escoamento controlado das águas superficiais e subsuperficiais interceptadas pelo aterro. Implantados conforme critérios hidrológicos, topográficos e geotécnicos de projeto, esses dispositivos evitam o acúmulo de água a montante, reduzindo a carga hidráulica e prevenindo a saturação do maciço.

Além disso, os bueiros desempenham papel fundamental na proteção da estrutura do aterro, minimizando riscos de erosão, instabilidade e colapso da via. Sua execução, incluindo dispositivos de entrada e saída com proteção contra

erosão, contribui para a durabilidade da infraestrutura, garantindo maior segurança operacional e aumento da vida útil da rodovia.

Segue abaixo a planilha com as estruturas a serem implantadas e suas respectivas localizações:

| TIPO        | Localização |
|-------------|-------------|
| BSTC 1,20   | 19+10,00    |
| BSTC 1,50   | 35+0,00     |
| BSTC 1,20   | 41+0,00     |
| BSTC 1,20   | 45+5,00     |
| BSTC 1,50 m | 63+0,00     |
| BSTC 1,20 m | 68+0,00     |

#### 5.1.6 Quantitativos

*Tabela 16 – Quantitativos do Sistema de Drenagem*

| Descrição do dispositivo | Quantitativo |
|--------------------------|--------------|
| STC 80-15                | 2240 m       |
| VPAC 120-30              | 1190 m       |
| DAD 02                   | 115,20 m     |
| DES 04                   | 10 un        |
| BSTC 1,20 m              | 92,89 m      |
| BSTC 1,50 m              | 54,96 m      |
| Boca BSTC 1,20 m         | 8 un         |
| Boca BSTC 1,50 m         | 4 un         |

### 5.1.7 Desenhos

Apresenta-se na prancha de implantação do Anteprojeto de OAE (Obra de Arte Especial).

## 6 GEOMÉTRICO

Para os estudos geométricos estão sendo adotadas como referência as informações constantes no Projeto Geométricos desenvolvido pelo Consórcio Supervisão Goiás em Movimento SB no âmbito do Contrato nº 111/2024, contemplando os elementos necessários para subsidiar a elaboração do Anteprojeto da OAE.

A elaboração do projeto foi iniciada a partir do lançamento da diretriz existente levantamentos topográficos realizados em campo e do projeto da OAE, sem que houvesse prejuízo de aspecto de segurança, obtendo-se um projeto em conformidade com as instruções do órgão.

Após a definição do eixo existente, passou-se ao desenvolvimento e análise em planta e perfil, adotando-se os seguintes procedimentos:

- Importação dos dados topográficos (coordenadas e cotas) para o software AutoCAD Civil 3D
- Lançamento da diretriz do traçado existente em planta na escala 1:1, gerada pelos serviços de exploração das tangentes;
- Definição das curvas horizontais e verticais pelo processo analítico, através do software AutoCAD Civil 3D;
- Cálculo do estaqueamento do eixo de projeto também através do software AutoCAD Civil 3D.

Este trecho atravessa uma região considerada montanhosa de um modo geral, entretanto o segmento de projeto se enquadra em região plana devido às correções geométricas para encabeçamento da OAE.

O projeto obedeceu aos seguintes Documentos de Referência:

- DNIT- IPR-726 - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Escopos básicos / Instruções de Serviço) - 2006;
- GOINFRA IP-08/2018 - Instrução para Projeto Geométrico;
- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – (DNER-1999);
- DNIT- IPR-742 – Manual de Implantação Básica de Rodovias.

## 6.1 Características operacionais

Os parâmetros geométricos adotados no projeto foram definidos integralmente com base na **IP-08/2018 – Projeto Geométrico de Rodovias da GOINFRA**, considerando a rodovia como **Classe III**, em relevo predominantemente montanhoso.

Quanto ao enquadramento da rodovia em estudo segundo a classe de projeto, o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) destaca, em seu item 3.2.2 – Classes de Projeto, que o processo de classificação de uma rodovia não deve se basear exclusivamente em critérios de ordem técnica. Devem ser considerados, de forma integrada, outros fatores relevantes, como programas específicos, condições particulares de desenvolvimento regional, entre outros aspectos.

O Manual inicia a classificação pelas rodovias de Classe 0 (vias expressas) e, na sequência, aborda as rodovias de Classe I (I-A, correspondente a pista dupla, e I-B, referente a pista simples com elevado padrão geométrico), Classe II (pista simples), Classe III (pista simples) e Classe IV (pista simples).

*Tabela 17 – Classes e características de Projeto*

| CLASSE | CARACTERÍSTICAS                                      | CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA                                                                                                                                                                                                    |
|--------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0      | Elevado padrão técnico, com controle total de acesso | Adotada quando os volumes de tráfego previstos para o horizonte de projeto correspondem a níveis de serviço inferiores a “C” em terreno plano ou levemente ondulado e inferior a “D” em terreno fortemente ondulado ou montanhoso (*) |
| IA     | Pista dupla com controle parcial de acesso           | Adotada quando os volumes de tráfego previstos para o horizonte de projeto correspondem a níveis de serviço inferiores a “C” em uma via de pista simples (*)                                                                          |
| IB     | Pista simples                                        | Adotada para volume bidirecional do horizonte de projeto de 200 veículos/hora ou volume diário médio bidirecional de 1400 veículos mistos                                                                                             |
| II     | Pista simples                                        | Adotada para volume diário médio bidirecional do horizonte de projeto entre 700 e 1400 veículos mistos                                                                                                                                |
| III    | Pista simples                                        | Adotada para volume diário médio bidirecional do horizonte de projeto entre 300 e 700 veículos mistos                                                                                                                                 |
| IV     | Pista simples                                        | Adotada para volume diário médio bidirecional do horizonte de projeto inferior a 300 veículos mistos                                                                                                                                  |

Os parâmetros geométricos adotados no desenvolvimento do presente projeto foram definidos com base nas diretrizes estabelecidas pela **IP-08 – Projeto Geométrico de Rodovias da GOINFRA**, considerando a classificação funcional da via e as características do relevo predominante ao longo do trecho.

Foram adotadas velocidades diretrizes compatíveis com as condições de terreno, servindo como referência para a definição dos elementos geométricos horizontais e verticais, bem como para os critérios de visibilidade e conforto operacional.

No que se refere à geometria em planta, os raios mínimos das curvas horizontais foram definidos em função da velocidade diretriz de 40 km/h e da classificação da rodovia como Classe III, adotando-se o valor mínimo de 40 m. Considerou-se ainda a superelevação máxima de 8%, conforme preconizado na IP-08 – Projeto Geométrico da GOINFRA. Tais parâmetros asseguram condições adequadas de segurança e estabilidade veicular, especialmente em trechos com maior sinuosidade.

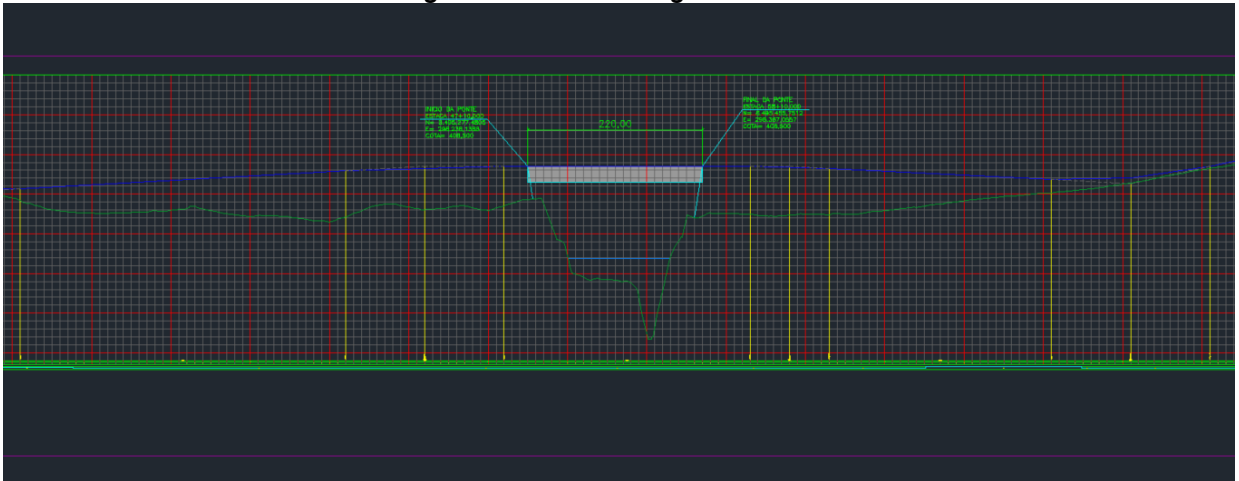
Em perfil longitudinal, foram respeitados os limites de rampa máxima, variando conforme o tipo de relevo, assegurando a trafegabilidade e o

desempenho operacional dos veículos. As curvas verticais foram dimensionadas a partir dos valores mínimos do parâmetro K, tanto para curvas convexas quanto côncavas, atendendo aos critérios de visibilidade de parada e conforto dos usuários.

As distâncias mínimas de visibilidade, tanto de parada quanto de ultrapassagem, foram adotadas conforme os valores normativos, garantindo condições seguras de operação ao longo de todo o traçado.

## 6.2 Perfil longitudinal

*Figura 20 – Perfil longitudinal*



## 6.3 Seção Tipo

Quanto às dimensões da seção transversal, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Largura da faixa de rolamento = 3,50 m;
- Largura do acostamento externo = 1,00 m;
- Talude de corte: 1/1;
- Talude de aterro: 1/1,5.

Figura 21 – Perfil Longitudinal Eixo da Ponte



Dessa forma, os parâmetros adotados asseguram que o projeto atenda aos requisitos de segurança, conforto, operacionalidade e conformidade normativa, estando plenamente alinhado às recomendações da IP-08 da GOINFRA.

A seguir, apresenta-se a **Tabela de Características Básicas do Projeto Geométrico para Rodovias de Classe III**, conforme estabelecido na **IP-08 – Projeto Geométrico da GOINFRA**, a qual reúne os principais parâmetros normativos adotados no desenvolvimento do presente projeto.

Tabela 18 – Parâmetros Normativos de Projeto

| Características                                   | Região  |          |            |
|---------------------------------------------------|---------|----------|------------|
|                                                   | Plana   | Ondulada | Montanhosa |
| Velocidade Diretriz                               | 80 km/h | 60 km/h  | 40 km/h    |
| Distância mínima de visibilidade de parada        | 130 m   | 85 m     | 50 m       |
| Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem | 540 m   | 410 m    | 270 m      |
| Raio mínimo de curva horizontal (e = 8%)          | 230 m   | 115 m    | 40 m       |
| Rampa máxima                                      | 4%      | 6%       | 8%         |
| Valor mínimo de K para curvas verticais convexas  | 26      | 11       | 4          |
| Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas  | 30      | 18       | 9          |
| Largura da faixa de rolamento                     | 3,50 m  | 3,00 m   | 3,30 m     |
| Largura do acostamento externo                    | 2,00 m  | 2,00 m   | 1,50 m     |
| Gabarito mínimo vertical                          | 5,50 m  | 5,50 m   | 5,50 m     |
| Afastamento lateral mín. do bordo do acostamento  |         |          |            |
| obstáculos contínuos                              | 0,50 m  | 0,50 m   | 0,50 m     |
| obstáculos isolados                               | 1,50 m  | 1,50 m   | 1,50 m     |

## **7 ANTEPROJETO DA OAE**

### **7.1 Apresentação**

Este relatório tem por finalidade subsidiar o processo de tomada de decisão quanto à concepção estrutural da obra de arte especial (OAE), apresentando soluções técnica e economicamente fundamentadas, compatíveis com as características locais de implantação e com as diretrizes estabelecidas pela GOINFRA.

Para tanto, são apresentadas duas alternativas de concepção estrutural, cada uma acompanhada de sua justificativa técnica, elaborada com base nas condicionantes identificadas nos estudos topográficos, geotécnico, hidrológico e geométrico. Em seguida, é desenvolvida uma análise comparativa das soluções propostas, culminando na seleção da alternativa considerada mais adequada sob os pontos de vista técnico, econômico, executivo e de manutenção ao longo da vida útil da estrutura.

O relatório inclui ainda o pré-dimensionamento da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura da solução escolhida, abrangendo aspectos como o tipo de fundação, quantidade e profundidade estimada das estacas. Além disso, apresenta os quantitativos de materiais e formas resultantes das características geométricas definidas no anteprojeto.

Dessa forma, este Anteprojeto de Obra de Arte Especial constitui-se em um documento técnico destinado a subsidiar a elaboração do Projeto Básico e do Projeto Executivo, apresentado por meio de desenhos em número, escala e nível de detalhamento suficientes para a compreensão da obra, incluindo especificações técnicas, memorial descritivo e orçamento estimativo.

## 7.2 Normas utilizadas

Para a análise e resolução dos elementos estruturais desta obra de arte especial foram utilizadas as prescrições indicadas pelas seguintes normas:

- NBR 7187:2021 – Versão Corrigida: 2022 - Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento;
- NBR 7188:2024 – Ações devido ao tráfego de veículos rodoviários e de pedestres em pontes, viadutos e passarelas;
- NBR 6118:2023 – Versão Corrigida 2: 2024- Projeto de estruturas de concreto - Procedimento;
- NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123:2023 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 8681:2003 Versão Corrigida: 2004 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento;
- NBR 12655:2022 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;
- GOINFRA ES-OAE-001/18: Pontes e Viadutos Rodoviários;
- DNIT 092/2006-ES - Juntas de dilatação - Especificação de serviço;
- DNIT 116/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários - Serviços Preliminares - Especificação de serviço;
- DNIT 117/2009-ES: Pontes e viadutos rodoviários - Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção - Especificação de serviço;
- DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários - Armaduras para concreto armado - Especificação de serviço;
- DNIT 119/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários - Armaduras para concreto protendido - Especificação de serviço;
- DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários - Fôrmas - Especificação de serviço;
- DNIT 121/2009-ES: Pontes e viadutos rodoviários - Fundações Especificação de serviço;
- DNIT 122/2009-ES: Pontes e viadutos rodoviários - Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço;



- Cargas acidentais;
- Empuxo de solo;
- Vento;
- Frenagem e aceleração;
- Efeito de temperatura;
- Pressão hidrodinâmica.

#### 7.3.1.2 Carga móvel

- Trem tipo classe 45, conforme as prescrições da NBR 7188/2024.

#### 7.3.1.3 Materiais

**a)** Concreto: Foi adotada para esta obra sobre o Rio Paranã as seguintes resistências características aos 28 dias:

- ✓ Estacas: 20 MPa;
- ✓ Blocos: 30 MPa;
- ✓ Mesoestrutura: 30 MPa;
- ✓ Superestrutura: 40 MPa.

**b)** Aço: As armaduras passivas do concreto serão em aço CA-50A. As armaduras ativas e cabos de protensão serão confeccionados com cordoalhas de 12,7 mm de aço CP 190RB. O Sistema de Protensão será do tipo pós-tensão aderente.

### 7.4 Análise das alternativas

O comprimento total da ponte sobre o Rio Paranã foi definido em 220,00 m.

Nos encontros, será prevista a proteção do solo com enrocamento em pedra argamassada, visando garantir a estabilidade e a proteção do corpo do aterro. Conforme o levantamento topográfico realizado, obtiveram-se alturas máximas de aterro de aproximadamente 6,50 m nos encontros e um comprimento máximo estimado de enrocamento de 7,00 m.

Visando à obtenção da concepção mais vantajosa para a Administração, propôs-se o desenvolvimento de duas soluções estruturais.

Foram avaliadas as seguintes propostas:

- **Proposta 1:** Obra de Arte Especial (OAE) composta por sete vãos, com aproximadamente 31,40 m cada, sendo cada vão constituído por **quatro longarinas** de concreto protendido pré-moldado.
- **Proposta 2:** Obra de Arte Especial (OAE) composta por sete vãos, com aproximadamente 31,40 m cada, sendo cada vão constituído por **seis longarinas** de concreto protendido pré-moldado.

A superestrutura é constituída por longarinas pré-moldadas, transversinas e laje moldada no local. O uso de elementos pré-moldados facilita a execução e reduz o prazo da obra, possibilitando a entrega antecipada da ponte. Dentre as vantagens da adoção de longarinas pré-moldadas protendidas, destacam-se:

- Melhor controle e qualidade na fabricação das longarinas, em comparação com elementos moldados no local;
- Possibilidade de fabricação das longarinas concomitantemente à execução da infraestrutura e da mesoestrutura, reduzindo o prazo total da obra;
- Montagem da superestrutura sem necessidade de escoramento;
- Para o vão adotado e a altura requerida das vigas, mostra-se mais adequada a utilização de elementos protendidos.

Como principal vantagem da utilização de pré-lajes, destaca-se a dispensa de formas e escoramento.

A mesoestrutura é composta por pilares, travessas, alas e laje de aproximação. Os encontros são constituídos por travessa em “L” e alas para confinamento do solo. A laje de aproximação tem a função de minimizar recalques diferenciais junto aos encontros, evitando a formação de “degraus” na transição entre aterro e ponte.

A solução em pilares e travessas mostra-se adequada para pontes com vigas pré-moldadas, em razão da facilidade executiva e da eficiência estrutural.

As eventuais substituições dos aparelhos de apoio poderão ser realizadas por meio da instalação de macacos hidráulicos entre a travessa e a transversina, permitindo a elevação simultânea das longarinas.

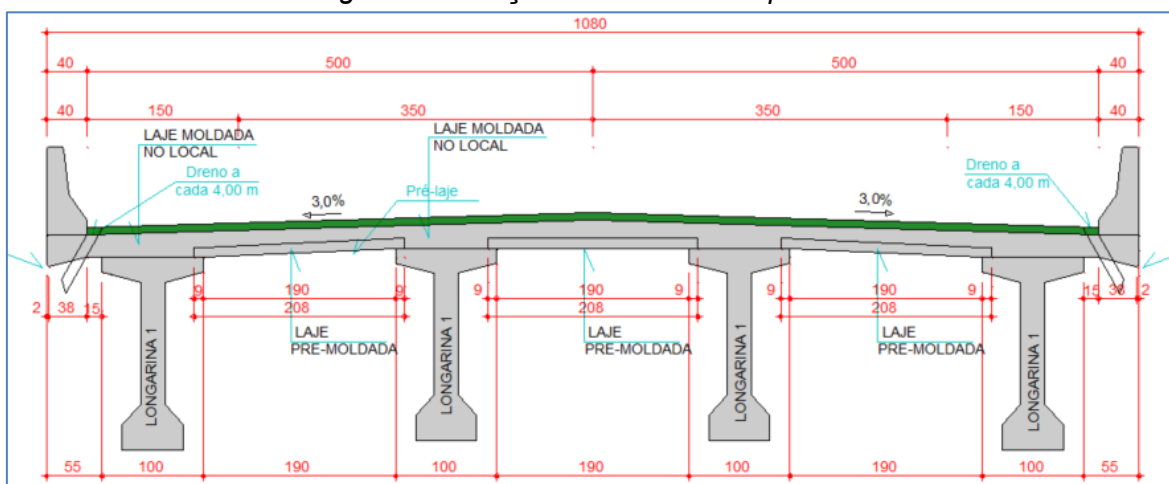
**7.4.1 Proposta 1: Estrutura com cinco longarinas pré-moldadas protendidas por vão.**

Adota-se superestrutura com quatro longarinas pré-moldadas de concreto protendido, com  $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$ , seção I no trecho central e seção T nas extremidades. As longarinas possuem largura de mesa inferior de 60 cm, mesa superior de 1,00m e altura de 190 cm. A fabricação ocorrerá em canteiro.

Pré-dimensionamento: adota-se o critério  $L/17$ . Para  $L = 31,40$  m, resulta:  
 $31,40 / 17 = 1,85$  m (aproximadamente 185 cm).

Assim, adota-se altura de 190 cm.

*Figura 23 – Seção transversal: Proposta 1*

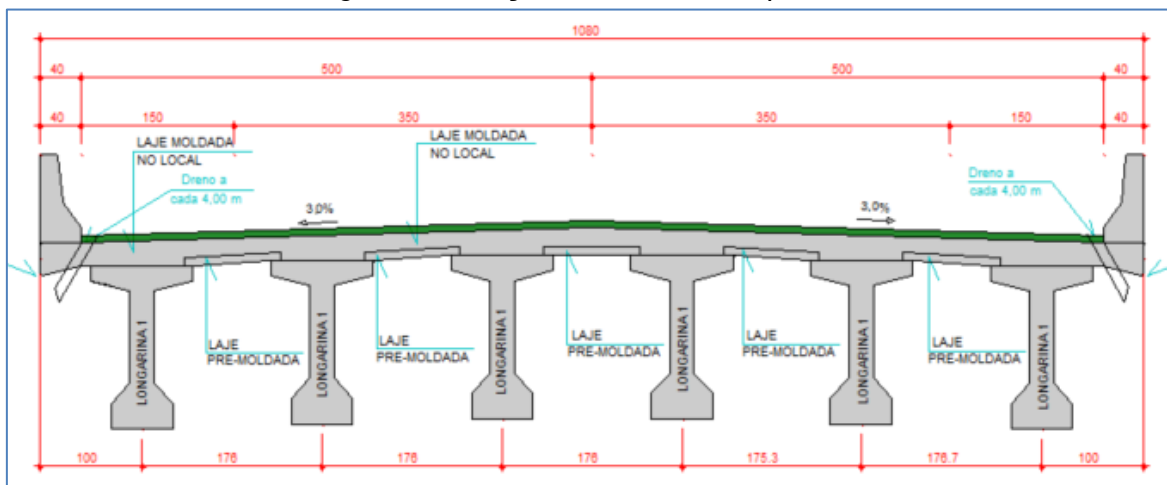


#### 7.4.2 Proposta 2: Estrutura com quatro longarinas pré-moldadas protendidas por vão.

Adota-se superestrutura com seis longarinas pré-moldadas de concreto protendido, com  $f_{ck} = 40$  MPa e seção I. As longarinas possuem largura de mesa de 60 cm e altura de 160 cm. A fabricação ocorrerá em canteiro.

Pré-dimensionamento: adota-se o critério  $L/20$ . Para  $L = 31,40$  m, resulta:  
 $31,40 / 20 = 1,57$  m (aproximadamente 157 cm).  
 Assim, adota-se altura de 160 cm.

*Figura 24 – Seção transversal: Proposta 2*



#### 7.4.3 Escolha da solução:

A obra de arte especial em questão é composta por sete vãos, com aproximadamente 31,40 m cada, totalizando 220,00 m de extensão. No processo de definição da solução estrutural para a superestrutura, foram estudadas duas alternativas: (i) utilização de quatro longarinas pré-moldadas protendidas, com altura de 1,90 m; e (ii) utilização de seis longarinas pré-moldadas protendidas, com altura de 1,60 m. A análise comparativa considerou aspectos estruturais, construtivos, econômicos e operacionais, bem como os impactos esperados ao longo do ciclo de vida da estrutura.

A alternativa com seis longarinas pré-moldadas protendidas, com altura de 1,60 m, apresenta como principal vantagem o menor espaçamento entre vigas, favorecendo a distribuição transversal das cargas e o comportamento da laje do tabuleiro. Esse arranjo tende a proporcionar menores esforços localizados na laje e melhores condições de controle de fissuração e detalhamento. Contudo, essa solução implica maior quantidade de elementos estruturais por vão, resultando em aumento do número de peças a fabricar, transportar, lançar e montar. Além disso,

o maior número de longarinas acarreta maior quantidade de interfaces estruturais, transversinas, aparelhos de apoio e etapas executivas, o que tende a ampliar as demandas de controle tecnológico, inspeção e manutenção ao longo da vida útil da ponte.

Por outro lado, a alternativa com quatro longarinas pré-moldadas protendidas, com altura de 1,90 m, destaca-se pela maior racionalidade executiva, em razão do menor número de peças por vão. A redução da quantidade de longarinas contribui para simplificação da fabricação, do transporte e da montagem, além de reduzir o número de içamentos, aparelhos de apoio e interfaces entre elementos estruturais. A maior altura das vigas também confere aumento de rigidez ao sistema, favorecendo o controle das deformações e o desempenho global da superestrutura. Embora o maior espaçamento entre longarinas exija maior atenção no dimensionamento da laje e dos elementos transversais, a solução permanece tecnicamente viável e compatível com o vão adotado.

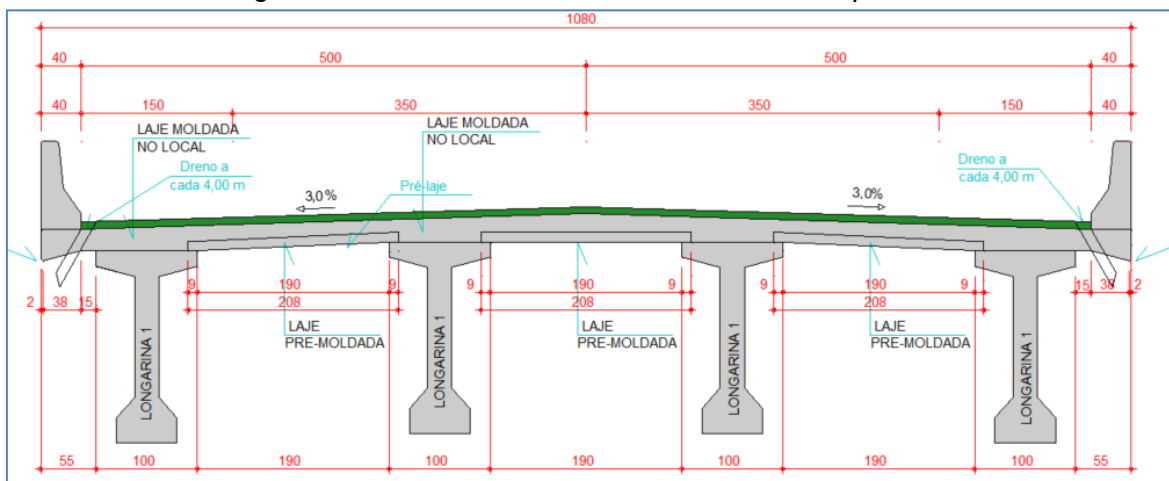
Do ponto de vista da decisão final, considerando as características geométricas da ponte, a repetitividade dos sete vãos, a necessidade de racionalização construtiva e a busca pela solução mais vantajosa para a Administração, a **Proposta 1**, com quatro longarinas pré-moldadas protendidas por vão e altura de 1,90 m, mostrou-se mais adequada. Tal solução proporciona simplificação executiva, redução do número de peças e de operações de montagem, maior rigidez da superestrutura e potencial ganho em produtividade no canteiro, sem prejuízo ao desempenho estrutural e à durabilidade da obra. Dessa forma, entende-se que a Proposta 1 representa a alternativa de melhor equilíbrio entre eficiência estrutural, construtibilidade, economicidade e desempenho ao longo do ciclo de vida da ponte.

## 7.5 Memória Descritiva da solução escolhida

A obra consiste em uma ponte com superestrutura em longarinas pré-moldadas de concreto protendido, com largura total de 10,80 m e comprimento longitudinal de 220,00 m. A estrutura apresenta perfil longitudinal plano e inclinação

transversal de 3,0%, direcionada do eixo do tabuleiro para as extremidades, com a finalidade de garantir o adequado escoamento superficial das águas pluviais.

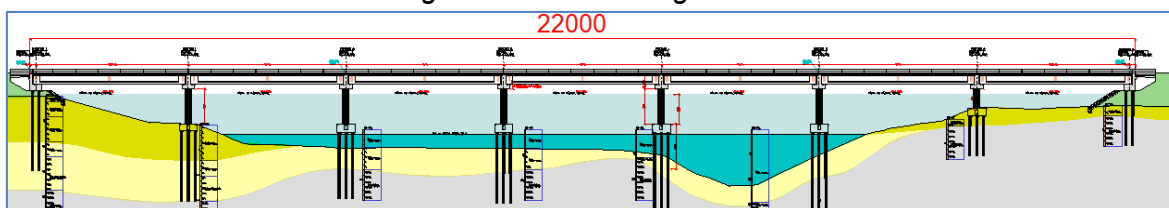
*Figura 25 – Corte transversal da estrutura – Proposta 1*



A Obra de Arte Especial (OAE) é composta por sete vãos, com aproximadamente 31,40 m de comprimento cada. Cada vão é constituído por quatro longarinas em concreto protendido, com comportamento estrutural isostático e carácter autoportante durante a fase de montagem, apresentando inércia variável ao longo do vão.

As longarinas são apoiadas diretamente sobre as travessas de apoio, estando dispostas com espaçamento de 2,90 m entre eixos, e afastamento de 0,95 m em relação às bordas extremas do tabuleiro.

*Figura 26 – Corte longitudinal*



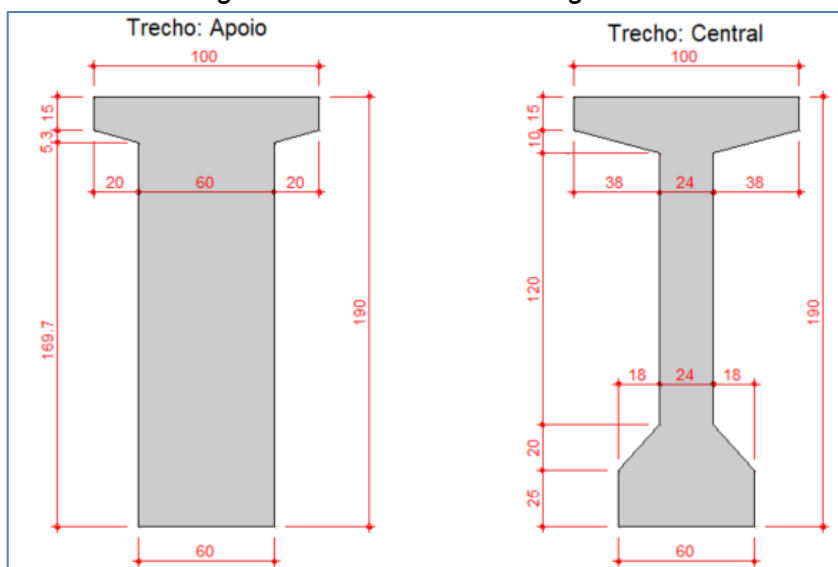
## 7.6 Pré-dimensionamento da solução escolhida

As longarinas da superestrutura são executadas em concreto protendido, com resistência característica à compressão de  $f_{ck} = 40$  MPa. Apresentam seção transversal do tipo “I” no trecho corrente e seção adaptada nas extremidades para apoio e ancoragem da protensão, com largura da mesa superior de 100,0 cm, largura da mesa inferior de 60,0 cm e altura total de 190,0 cm.

As peças serão pré-moldadas no canteiro de obras e, posteriormente, lançadas em sua posição definitiva na estrutura. Nas regiões próximas aos apoios, as longarinas apresentam seção mais robusta, adequada para acomodação das ancoragens dos cabos de protensão e para absorção dos esforços concentrados nessas zonas.

A partir dessas regiões, com extensão aproximada de 1,30 m em cada extremidade, a seção passa à geometria típica do trecho corrente, assumindo o formato de viga tipo “I”, com alma de menor espessura na região central do vão.

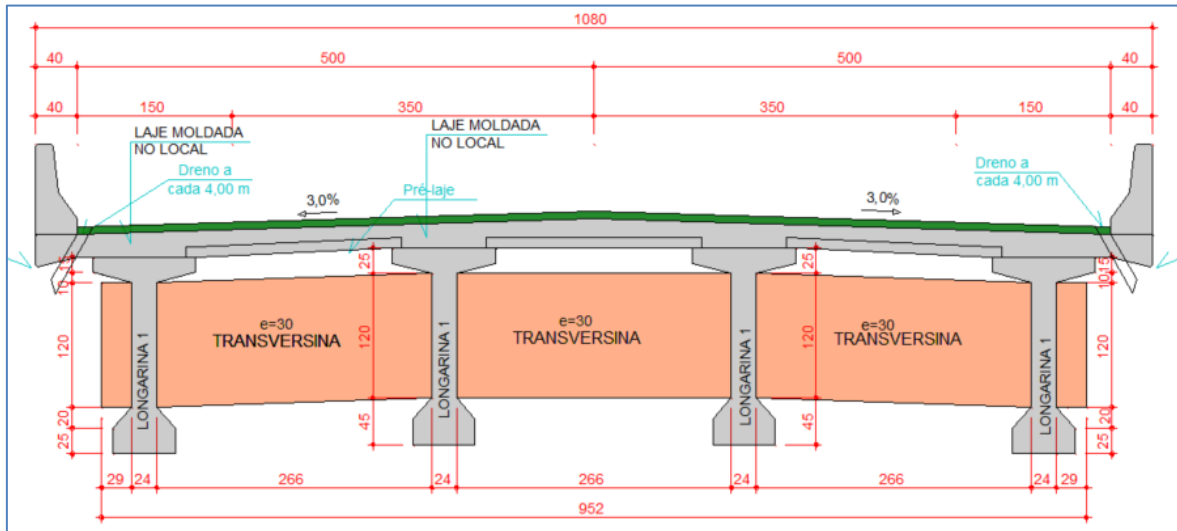
*Figura 27 – Detalhes das longarinas*



As ligações das longarinas com as travessas são articuladas com aparelho de apoio fretado.

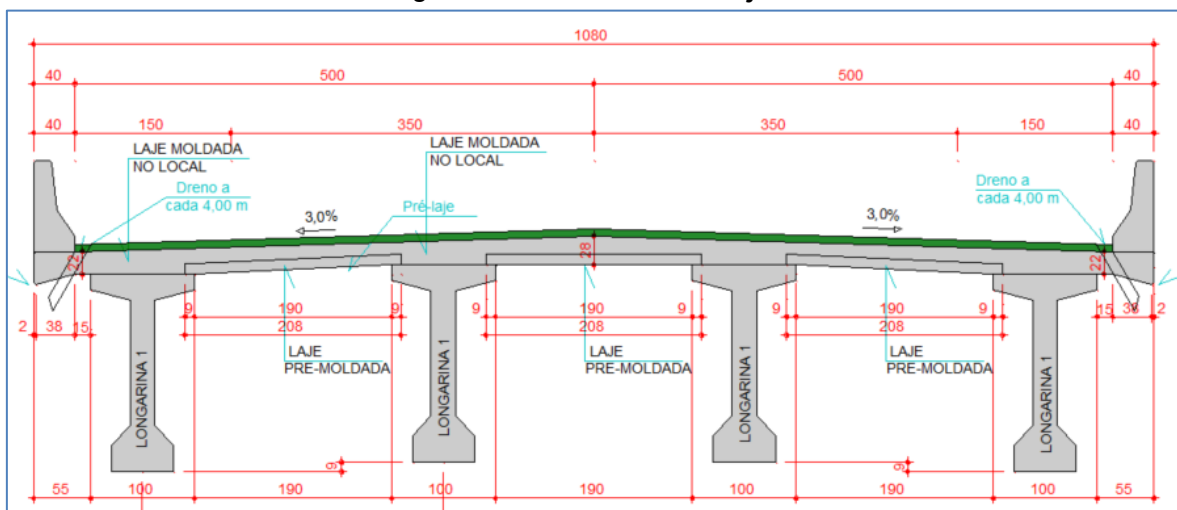
As transversinas são de concreto armado moldado no local, com  $f_{ck} = 40$  MPa e seção retangular constante de 30,0 cm  $\times$  120,0 cm, localizadas nas regiões de apoio das longarinas (ver Figura 35 – Detalhe das transversinas de apoio).

*Figura 28 – Detalhe das transversinas*



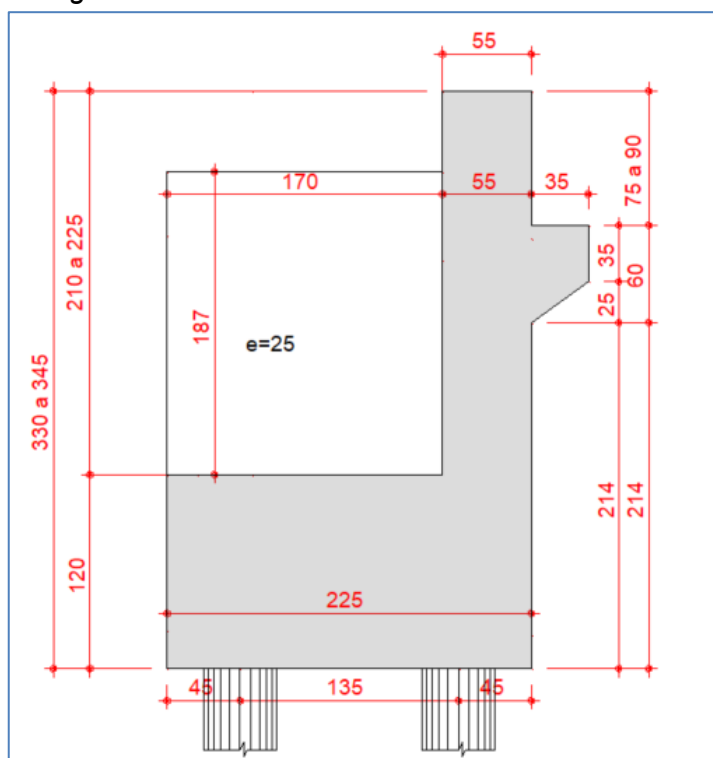
As lajes do tabuleiro, em concreto  $f_{ck} = 40$  MPa, possuem de 22,0 cm, empregando pré-lajes de 10,0 cm como formas permanentes para a execução das lajes maciças moldadas no local.

*Figura 29 – Detalhe das lajes*



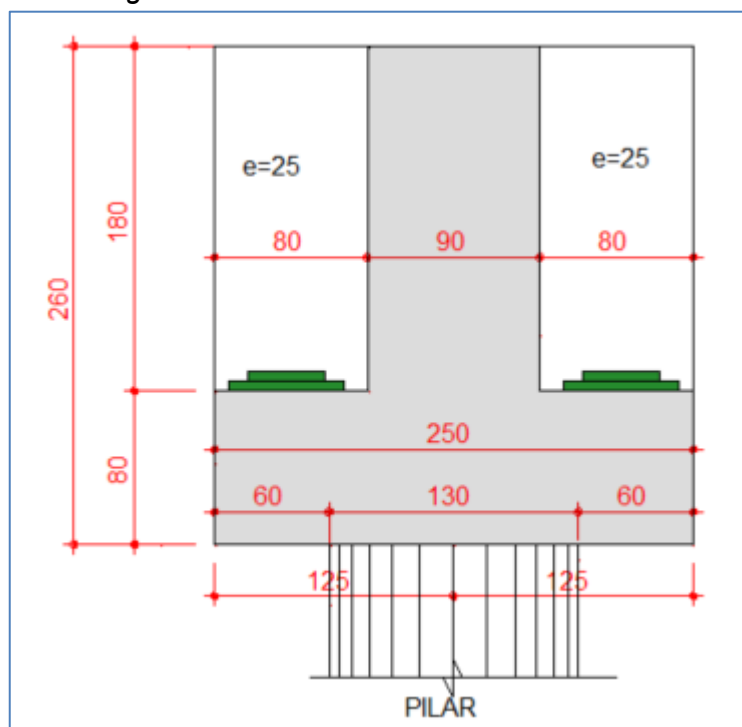
As travessas localizadas nos encontros são executadas em concreto armado moldado no local, com  $f_{ck} = 30$  MPa, apresentando seção transversal em “L”. A peça é composta por dois trechos distintos: o trecho inferior possui largura de 200,0 cm e altura de 120,0 cm, enquanto o trecho superior apresenta largura de 55,0 cm e altura variável entre 330,0 cm e 345,00 cm, ajustando-se a declividade transversal do tabuleiro.

*Figura 30 – Detalhe das travessas dos encontros*



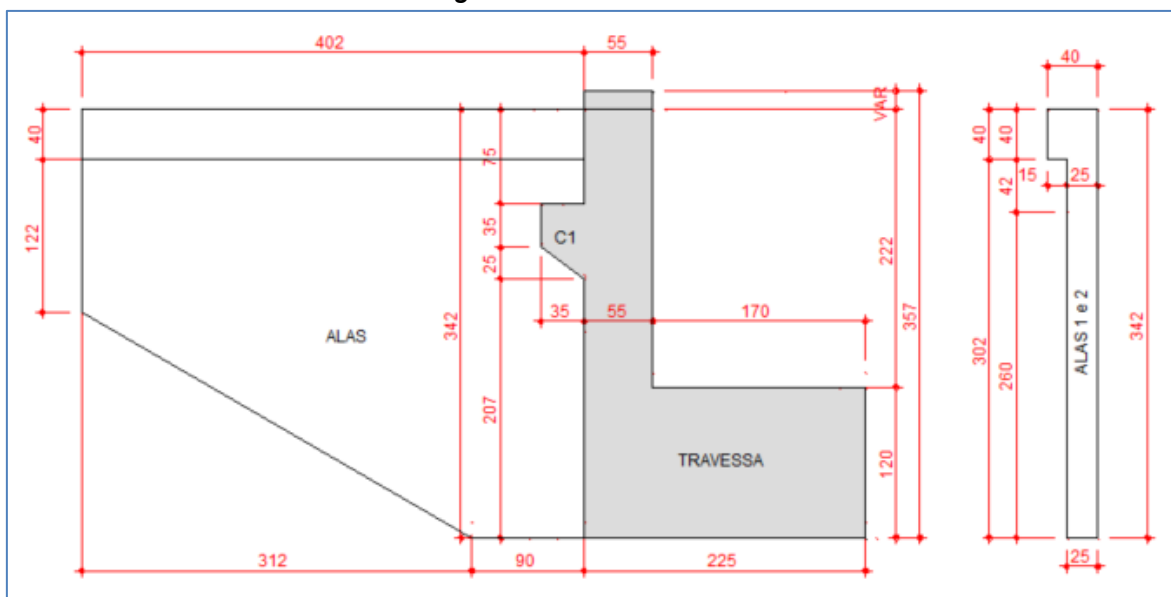
As travessas dos pórticos centrais são executadas em concreto armado moldado no local, com  $f_{ck} = 30$  MPa, e possuem seção transversal em “T” invertido. A peça é constituída por dois trechos: (i) trecho central com 90,0 cm de largura e 260,0 cm de altura; e (ii) trecho inferior com 250,0 cm de largura e 80,0 cm de altura.

*Figura 31 – Detalhe das travessas centrais*



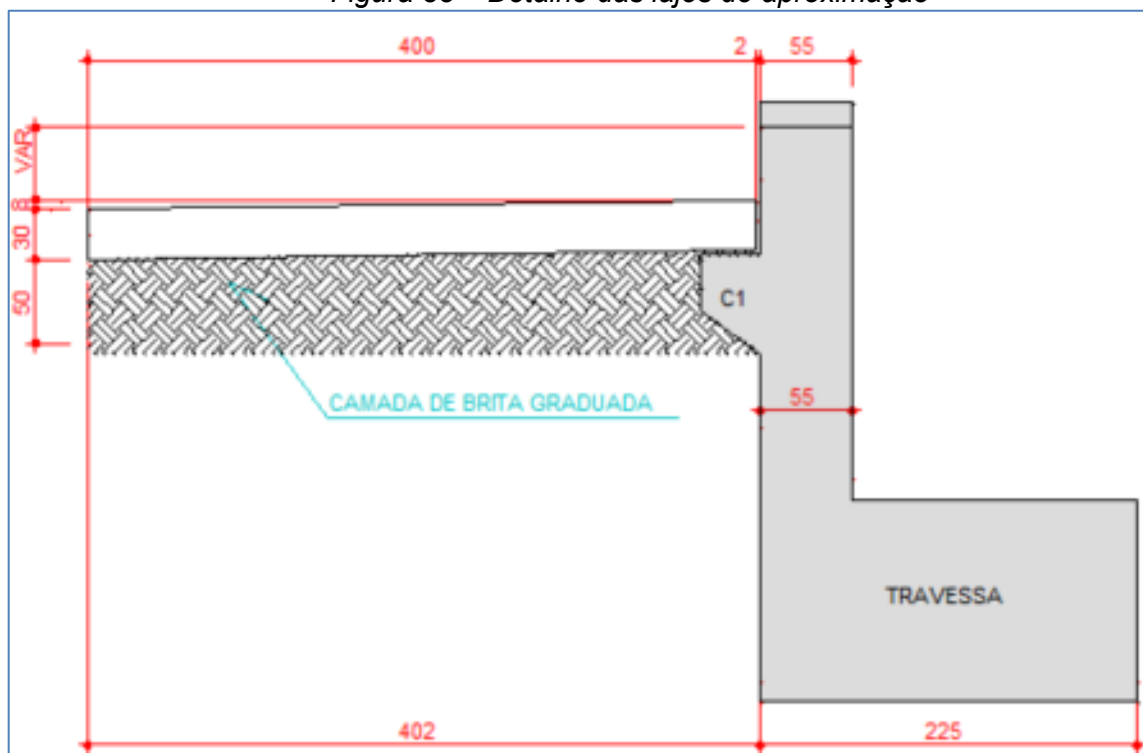
As alas são executadas em concreto armado moldado no local, com  $f_{ck} = 30$  MPa, apresentando seção com altura variável entre 162,0 cm e 342,0 cm e base variando de 25,0 cm a 40,0 cm. Juntamente com as travessas de encontro, desempenham a função de conter o solo nas extremidades da obra de arte, garantindo estabilidade e evitando o deslocamento do aterro adjacente.

*Figura 32 – Detalhe alas*



As lajes de aproximação são executadas em concreto armado, com  $f_{ck} = 30$  MPa e espessura constante de 30,0 cm, apoiando-se sobre os consoles das travessas de entrada e sobre o solo aterrado contido na projeção das alas, garantindo a transição adequada entre o pavimento da via e a estrutura da obra de arte.

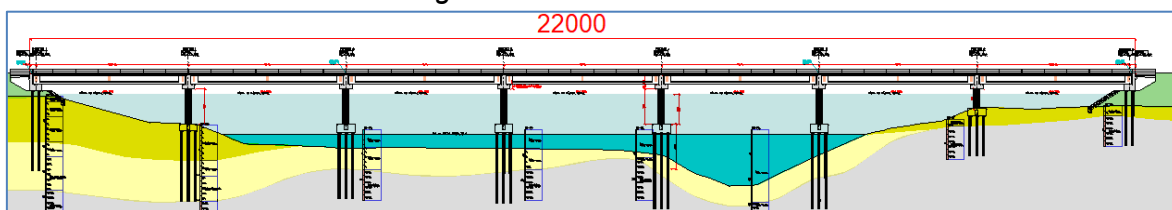
*Figura 33 – Detalhe das lajes de aproximação*



A obra de arte especial possui sete vãos, sendo as travessas dos encontros apoiadas diretamente sobre as estacas. Nos vãos centrais, a mesoestrutura é composta por 12 pilares, distribuídos em pares por pórtico, todos com seção circular de 130 cm de diâmetro. Os pilares são executados em concreto armado moldado no local, com  $f_{ck} = 30$  MPa, e encontram-se interligados por travessas em concreto armado, sendo ainda engastados às fundações.

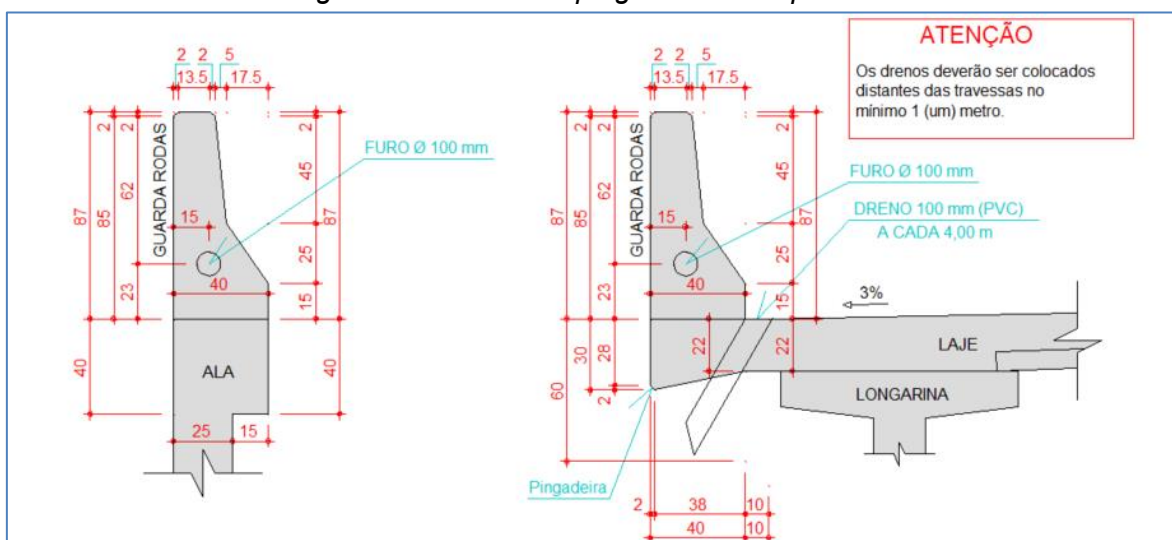
De modo geral, os pilares apresentam altura de 7,00 m, com exceção dos pilares do pórtico 6, que possuem 4,00 m de altura.

Figura 34 – Pilares da OAE



A drenagem das águas pluviais da ponte é realizada por meio de tubos com diâmetro de 100,0 mm, instalados junto aos guarda-rodas e espaçados longitudinalmente a cada 4,0 m, garantindo o escoamento eficiente da água da superfície do tabuleiro.

Figura 35 – Drenos e pingadeira – Proposta 2

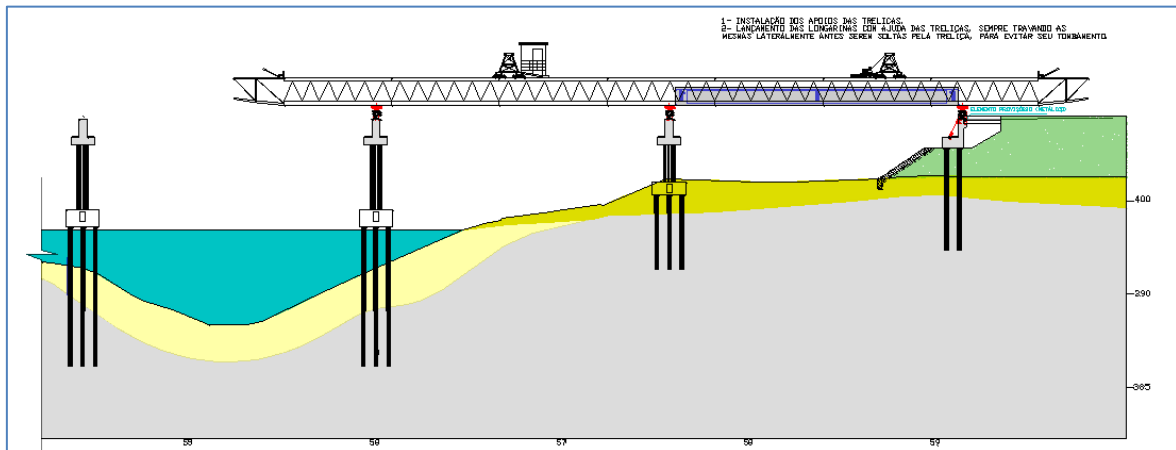


### 7.6.1 Lançamento das longarinas

O lançamento das longarinas pré-moldadas será realizado com o auxílio de treliças metálicas de lançamento, apoiadas provisoriamente sobre os apoios da estrutura. Após a instalação e estabilização do sistema, as longarinas serão lançadas individualmente até sua posição definitiva sobre as travessas.

Durante a operação, as vigas deverão permanecer apoiadas pelas treliças e devidamente estabilizadas, de modo a evitar deslocamentos ou tombamentos no processo de montagem. Esse procedimento executivo reduz a necessidade de interferência no leito do rio e proporciona maior segurança e controle na execução da superestrutura.

*Figura 36 – Detalhe de lançamento das longarinas*



## 7.7 Proposta: Escolha da fundação

### 7.7.1 Tipologia de Fundações:

As fundações podem ser classificadas em dois tipos principais: rasas e profundas.

No caso da obra de arte em questão, as fundações rasas (sapatas) foram descartadas devido a dois fatores determinantes:

- A presença de lâmina d'água nos pórticos centrais, o que inviabiliza a execução em cota superficial.
- A profundidade significativa da camada de rocha, impossibilitando o apoio direto em material resistente próximo à superfície.

#### 7.7.1.1 Fundações Profundas:

Optou-se, portanto, pela adoção de blocos sobre estacas, sendo estas classificadas conforme o tipo de elemento empregado. As alternativas mais comuns para obras dessa natureza são:

- Estaca Estaca metálica;
- Escavada (estacão);
- Estaca raiz.

#### 7.7.1.2 Análise das Alternativas:

## 1. Estacas Metálica

Podem ser cravadas até atingirem a camada de rocha; contudo, não penetram o maciço rochoso, o que limita significativamente sua eficiência estrutural.

Neste caso específico, a profundidade do trecho em solo, associada aos valores de resistência à penetração (NSPT) observados ao longo do perfil geotécnico dos pórticos centrais, não é suficiente para garantir a capacidade de carga necessária. Alternativamente, sua utilização exigiria uma quantidade excessiva de estacas por bloco, o que tornaria a solução tecnicamente ineficiente inviável para a obra em questão.

## 2. Escavada (estação)

Diante do contexto geotécnico e hidráulico — caracterizado pelo embutimento das estacas em camada rochosa e pela presença de lâmina d'água nos apoios centrais —, a solução com estacas escavadas (estação) apresenta-se como uma alternativa tecnicamente adequada, porém apresenta custo de execução elevado em comparação aos demais tipos.

## 3. Estacas Raiz

Diante do contexto geotécnico e hidráulico, à estaca raiz mostra-se uma solução eficiente, pois permite a penetração no maciço rochoso e a execução sob lâmina d'água, característica presente nos pórticos centrais. Além disso, possui custo de execução inferior aos tipos mencionados anteriormente.

### Conclusão:

A estaca raiz atende às condições geotécnicas e hidráulicas apresentadas pelo estudo base da OAE, além de possuir custo de execução inferior aos demais tipos de fundação analisados. Dessa forma, apresenta-se como a alternativa tecnicamente mais viável, sendo, portanto, a solução adotada no projeto.

### 7.7.2 Pré-dimensionamento

As fundações são do tipo estaca raiz, com diâmetro nominal de 45 cm em solo e 40 cm em rocha. A Figura 37 apresenta os valores de carga admissível por estaca, determinados para cada pórtico em função da respectiva área de influência.

*Figura 37 – Carga por estaca (kgf)*

| Porticos                         |    | E1       | P1       | P2       | P3       | P4       | P5       | P6       | E2       |
|----------------------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Carga média (tf/m <sup>2</sup> ) |    | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30     |
| Comp. de infl.(m)                |    | 19,70    | 31,40    | 31,40    | 31,40    | 31,40    | 31,40    | 31,40    | 19,70    |
| Larg. de Infl. (m)               |    | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80    |
| Carrega (kgf)                    | Nk | 914868   | 1458216  | 1458216  | 1458216  | 1458216  | 1458216  | 1458216  | 914868   |
| Q. de estaca                     |    | 14,00    | 18,00    | 24,00    | 24,00    | 24,00    | 24,00    | 18,00    | 14,00    |
| Fator multiplicador*             |    | 1,40     | 1,10     | 1,35     | 1,35     | 1,60     | 1,60     | 1,10     | 1,40     |
| Carga/ estaca (kgf)              |    | 91486,80 | 89113,20 | 82024,65 | 82024,65 | 97214,40 | 97214,40 | 89113,20 | 91486,80 |

\*Empuxo nos encontros (1,4); Influência da lâmina água: baixa (1,1); moderada (1,35); alta (1,6).

Para o pré-dimensionamento, o cálculo da resistência geotécnica foi feito utilizando o método de Aoki Velloso, os fatores F1 e F2 utilizados foram: F1 = 2.0 e F2 = 4.0 e o fator de segurança (FS) igual a 2. Além disso, para cálculo da resistência geotécnica foram utilizados os laudos de sondagens mista que consta no VOLUME 3B. Por conseguinte, foi feita a verificação para os trechos embutido em rocha pelo método de Antunes e Cabral, utilizando o fator de segurança (FS) igual a 3.

## Estacas do encontro 1

SM-01 (Método de Aoki Velloso)

Figura 38 – Capacidade Geotécnica (Encontro 1 – SM-01) – Aoki Velloso

| Ponta | Prof. (cm) | SPT | K    | $\alpha$ | Carga (tf) |                | $\phi$ Est (cm) |
|-------|------------|-----|------|----------|------------|----------------|-----------------|
|       | 100        | 0   | 3,5  | 0,024    | Nf= 0,0    | Argila arenosa | 45              |
|       | 200        | 9   | 2,3  | 0,034    | Nf= 2,5    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 300        | 8   | 2,3  | 0,034    | Nf= 2,2    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 400        | 12  | 2,3  | 0,034    | Nf= 3,3    | Silte argiloso | 45              |
|       | 500        | 11  | 5,5  | 0,022    | Nf= 4,7    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 600        | 14  | 5,5  | 0,022    | Nf= 6,0    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 700        | 11  | 5,5  | 0,022    | Nf= 4,7    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 800        | 17  | 5,5  | 0,022    | Nf= 7,3    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 900        | 19  | 5,5  | 0,022    | Nf= 8,1    | Silte arenoso  | 45              |
|       | 1000       | 19  | 10,0 | 0,014    | Nf= 9,4    | Areia          | 45              |
|       | 1100       | 25  | 10,0 | 0,014    | Nf= 12,4   | Areia          | 45              |
|       | 1200       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia          | 45              |
|       | 1300       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia          | 45              |
|       | 1400       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia          | 45              |
| X     | Ponta      | 30  | 10,0 | 0,014    | Np= 238,6  | Areia          | 45              |

### Capacidade Geotécnica + (tf)

N= 105,10

### Capacidade Geotécnica - (tf)

N= -36,78

## Estacas do pórtico 1:

SM-02 (Método de Aoki Velloso)

Figura 39 – Capacidade Geotécnica (Pórtico 1 – SM-01) – Aoki Velloso

| Ponta | Prof. (cm) | SPT | K    | $\alpha$ | Carga (tf) | $\phi$ Est (cm)   |
|-------|------------|-----|------|----------|------------|-------------------|
|       | 100        | 0   | 3,5  | 0,024    | Nf= 0,0    | Argila arenosa 45 |
|       | 200        | 2   | 3,5  | 0,024    | Nf= 0,6    | Argila arenosa 45 |
|       | 300        | 2   | 3,5  | 0,024    | Nf= 0,6    | Argila arenosa 45 |
|       | 400        | 2   | 3,5  | 0,024    | Nf= 0,6    | Argila arenosa 45 |
|       | 500        | 4   | 3,5  | 0,024    | Nf= 1,2    | Argila arenosa 45 |
|       | 600        | 6   | 3,5  | 0,024    | Nf= 1,8    | Argila arenosa 45 |
|       | 700        | 8   | 10,0 | 0,014    | Nf= 4,0    | Areia 45          |
|       | 800        | 11  | 10,0 | 0,014    | Nf= 5,4    | Areia 45          |
|       | 900        | 22  | 10,0 | 0,014    | Nf= 10,9   | Areia 45          |
|       | 1000       | 22  | 10,0 | 0,014    | Nf= 10,9   | Areia 45          |
|       | 1100       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia 45          |
|       | 1200       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia 45          |
|       | 1300       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia 45          |
|       | 1400       | 30  | 10,0 | 0,014    | Nf= 14,8   | Areia 45          |
| X     | Ponta      | 30  | 10,0 | 0,014    | Np= 238,6  | Areia 45          |

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| <b>Capacidade Geotécnica + (tf)</b> |        |
| <b>N=</b>                           | 95,29  |
| <b>Capacidade Geotécnica - (tf)</b> |        |
| <b>N=</b>                           | -33,35 |

## Determinação comprimento de embutimento das estacas em rocha

SM-01 (Método de Antunes e Cabral)

Figura 40 – Capacidade Geotécnica – Antunes e Cabral

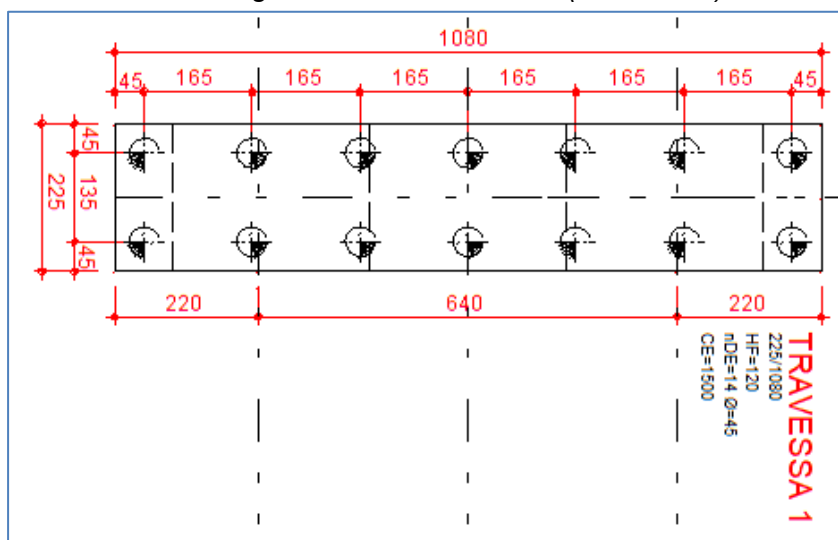
| Determinação da carga de ponta e atrito lateral da rocha                                                                                                                              |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------------------------|------------------|-----|
| O método utilizado para determinação do atrito lateral na rocha foi o Método de Cabral Antunes (2000). O método consiste na obtenção das resistências por meio de correlações feitas: |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |
| Coeficiente de correlação $\beta_p$                                                                                                                                                   |              | $\beta_p$    |             | Valores indicativos de $\sigma_c$                               |          |          |          |                            |                  |     |
| Tipo de rocha                                                                                                                                                                         |              | variação     | média       | Tipo de rocha                                                   |          |          |          |                            | $\sigma_c$ (MPa) |     |
| Muito alterada                                                                                                                                                                        |              | 0,07 a 0,13  | 0,10        | 1-Ígneas e metamórficas (basaltos, gnaisses e granitos)         |          |          |          |                            | 70 a 250 (160)   |     |
| Alterada                                                                                                                                                                              |              | 0,24 a 0,36  | 0,30        | 2-Metamórficas foliadas (ardósias e xistos)                     |          |          |          |                            | 40 a 90 (65)     |     |
| Pouco alterada a sã                                                                                                                                                                   |              | 0,48 a 0,60  | 0,54        | 3-Sedimentares bem cimentadas (arenitos, calcários e silititos) |          |          |          |                            | 30 a 80 (55)     |     |
| Estima-se a carga de ponta                                                                                                                                                            |              |              |             | Determina-se o atrito lateral                                   |          |          |          |                            |                  |     |
| $\sigma_p = \beta_p \cdot \sigma_c < 0,40 \cdot fck$                                                                                                                                  |              |              |             | $\sigma_l = fck/15$ ou $\sigma_l = \sigma_p \cdot 0,035$        |          |          |          |                            |                  |     |
| Considerações do projeto:                                                                                                                                                             |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |
| $\beta_p$                                                                                                                                                                             | :=           | 0,24         | Observação: | Rocha Alterada                                                  |          |          |          | FS                         | 3                |     |
| $\sigma_c$ (MPa)                                                                                                                                                                      | :=           | 40           | Observação: | Valor médio                                                     |          |          |          | fck(MPa)                   | 20               |     |
| $\sigma_p$                                                                                                                                                                            | :=           | 9,60         | MPa         | Valor máximo ( $\sigma_p$ )                                     |          | 8        | MPa      | Determinado ( $\sigma_p$ ) | 8                | MPa |
| $\sigma_l$                                                                                                                                                                            | :=           | 0,28         | MPa         | Valor máximo ( $\sigma_l$ )                                     |          | 1,3      | kgf/cm²  | Determinado ( $\sigma_l$ ) | 0,28             | MPa |
| Comprimento de embutimento em rocha - Método de Cabral Antunes (2000)                                                                                                                 |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |
| Porticos                                                                                                                                                                              | E1           | P1           | P2          | P3                                                              | P4       | P5       | P6       | E2                         |                  |     |
| Carga média considerada (tf/m²)                                                                                                                                                       | 4,30         | 4,30         | 4,30        | 4,30                                                            | 4,30     | 4,30     | 4,30     | 4,30                       |                  |     |
| Comprimento de influência (m)                                                                                                                                                         | 19,70        | 31,40        | 31,40       | 31,40                                                           | 31,40    | 31,40    | 31,40    | 31,40                      |                  |     |
| Largura de influência (m)                                                                                                                                                             | 10,80        | 10,80        | 10,80       | 10,80                                                           | 10,80    | 10,80    | 10,80    | 10,80                      |                  |     |
| Carregamento Nk (kgf)                                                                                                                                                                 | 914868       | 1458216      | 1458216     | 1458216                                                         | 1458216  | 1458216  | 1458216  | 1458216                    |                  |     |
| Quantidade de estaca                                                                                                                                                                  | 14,00        | 18,00        | 24,00       | 24,00                                                           | 24,00    | 24,00    | 24,00    | 18,00                      |                  |     |
| Fator Multiplicador (esforço equivalente)                                                                                                                                             | 1,40         | 1,10         | 1,35        | 1,35                                                            | 1,60     | 1,60     | 1,60     | 1,10                       |                  |     |
| Carga por estaca (kgf)                                                                                                                                                                | 91486,80     | 89113,20     | 82024,65    | 82024,65                                                        | 97214,40 | 97214,40 | 97214,40 | 89113,20                   |                  |     |
| Capacidade de carga da estaca                                                                                                                                                         |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |
| Carga Pr (kgf) - FS=3                                                                                                                                                                 | Aoki Velloso | Aoki Velloso | 246073,95   | 246073,95                                                       | 291643,2 | 291643,2 | 267339,6 | 274460,4                   |                  |     |
| Tensão admissível lateral (kgf/cm²)*                                                                                                                                                  |              |              | 2,8         | 2,8                                                             | 2,8      | 2,8      | 2,8      | 2,8                        |                  |     |
| Tensão admissível de ponta (kgf/cm²)                                                                                                                                                  |              |              | 80          | 80                                                              | 80       | 80       | 80       | 80                         |                  |     |
| Diâmetro da estaca (cm)                                                                                                                                                               |              |              | 40          | 40                                                              | 40       | 40       | 40       | 40                         |                  |     |
| Comprimento necessário (cm)                                                                                                                                                           | aterro+solo  | solo         | 413,64      | 413,64                                                          | 543,15   | 543,15   | 474,08   | 494,32                     |                  |     |
| Comprimento (cm)                                                                                                                                                                      | 1600         | 1400         | 500,00      | 500,00                                                          | 600,0    | 600,00   | 500,00   | 500,00                     |                  |     |
| *Empuxo nos encontros (1,4); Influência da lâmina água: baixa (1,1); moderada (1,35); alta (1,6).                                                                                     |              |              |             |                                                                 |          |          |          |                            |                  |     |

\*Empuxo nos encontros (1,4); Influência da lâmina água: baixa (1,1); moderada (1,35); alta (1,6).

Parâmetros dos blocos e estacas do anteprojeto:

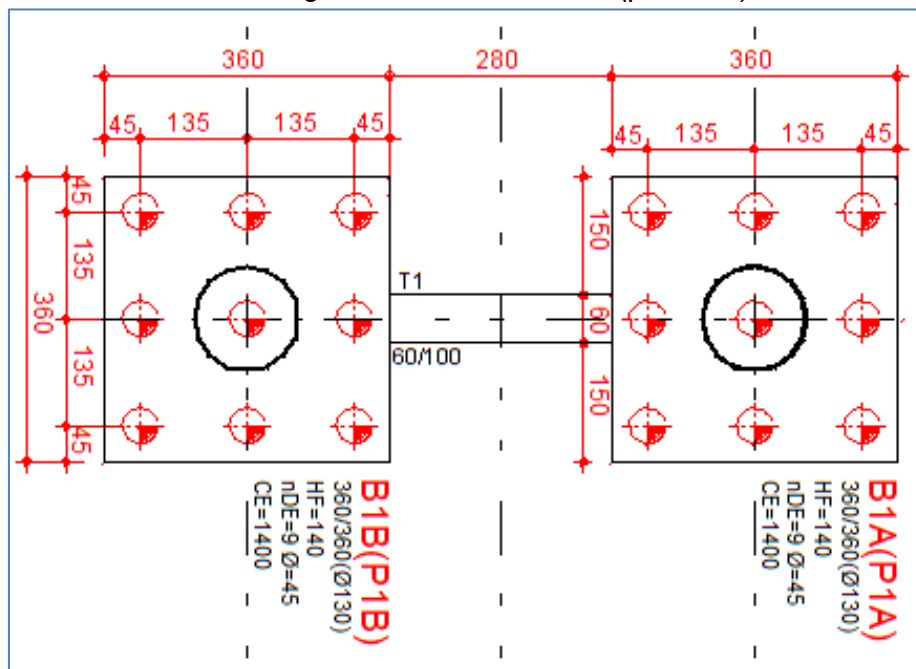
- Encontro 1: A travessa realiza a transferência direta dos esforços resultantes para as estacas, dispostas em duas linhas, totalizando 14 estacas com diâmetro nominal de 45 cm ao longo de todo o comprimento.

*Figura 41 – Infraestrutura (encontro 1)*



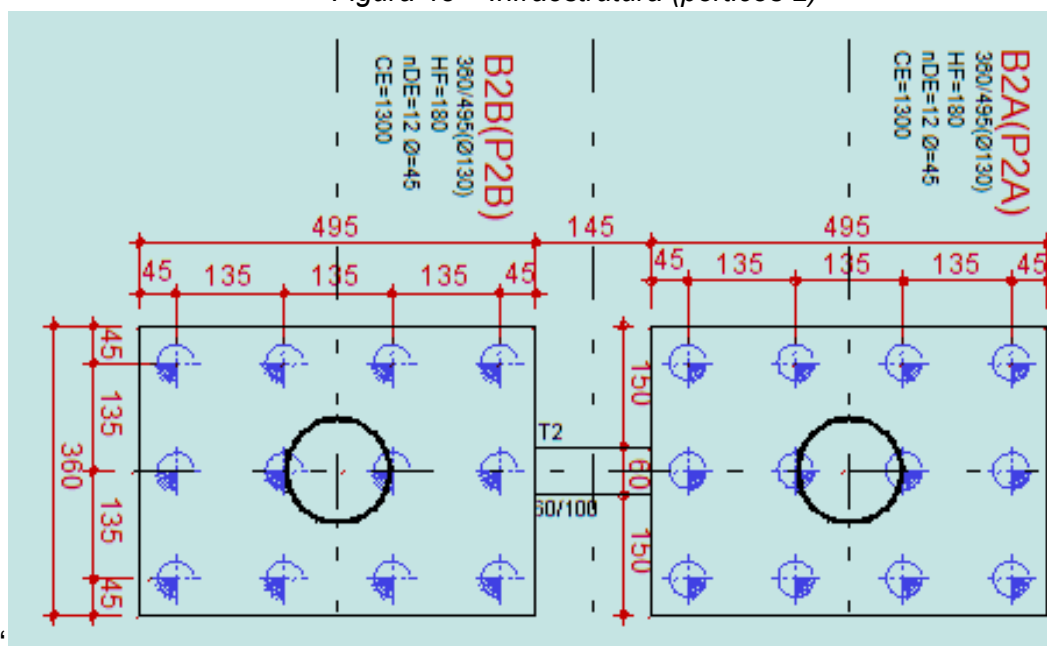
- Pórtico 1: Constituído por um par de blocos de fundação com dimensões em planta de 3,60 m × 3,60 m e altura de 1,40 m, interligados por viga de ligação com seção de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é apoiado sobre 9 estacas de diâmetro nominal igual a 45 cm, mantido constante ao longo de todo o fuste, com comprimento de 14,00 m.

Figura 42 – Infraestrutura (pórtico 1)



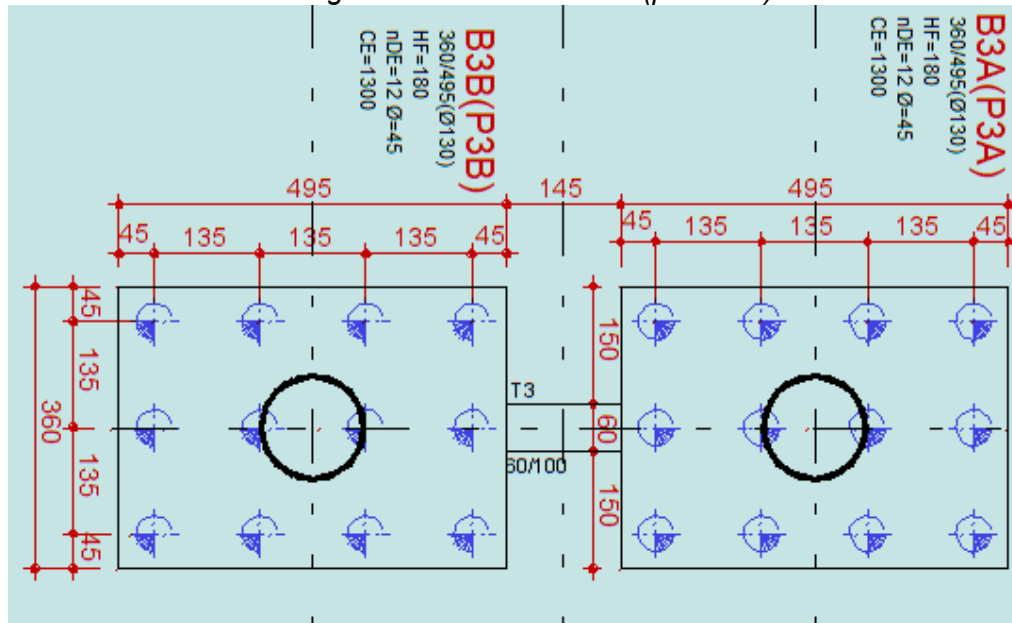
- Pórticos 2: Cada pórtico é constituído por um par de blocos com dimensões de 3,60 m × 4,95 m e altura de 1,80 m, interligados por viga de ligação de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é composto por 12 estacas, com diâmetro nominal de 45 cm (8,0 m) e 40 cm em rocha (5,0 m).

Figura 43 – Infraestrutura (pórticos 2)



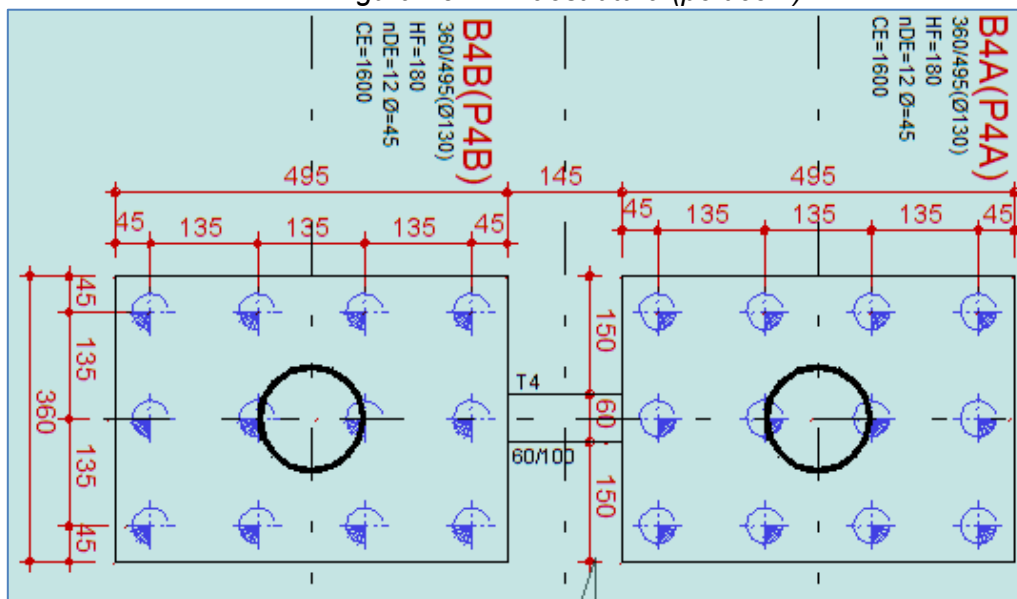
- Pórticos 3: Cada pórtico é constituído por um par de blocos com dimensões de 3,60 m × 4,95 m e altura de 1,80 m, interligados por viga de ligação de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é composto por 12 estacas, com diâmetro nominal de 45 cm (8,0 m) e 40 cm em rocha (5,0 m).

Figura 44 – Infraestrutura (pórtico 3)



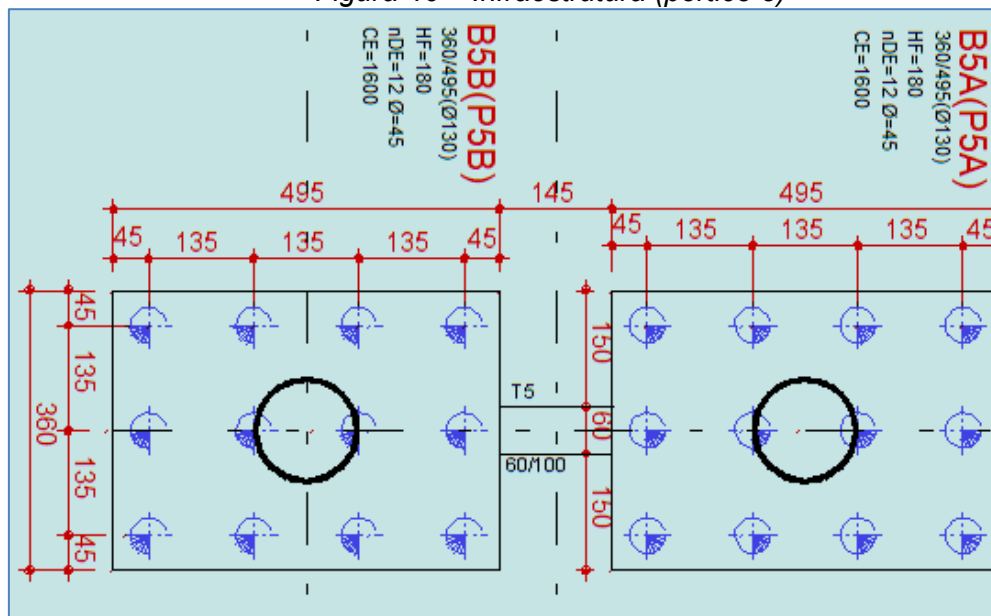
- Pórticos 4: Cada pórtico é constituído por um par de blocos com dimensões de 3,60 m × 4,95m e altura de 1,80 m, interligados por viga de ligação de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é composto por 12 estacas, com diâmetro nominal de 45 cm (9,0 m) e 40 cm em rocha (6,0 m).

Figura 45 – Infraestrutura (pórtico 4)



- Pórticos 5: Cada pórtico é constituído por um par de blocos com dimensões de 3,60 m × 4,95 m e altura de 1,80 m, interligados por viga de ligação de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é composto por 12 estacas, com diâmetro nominal de 45 cm (9,0 m) e 40 cm em rocha (6,0 m).

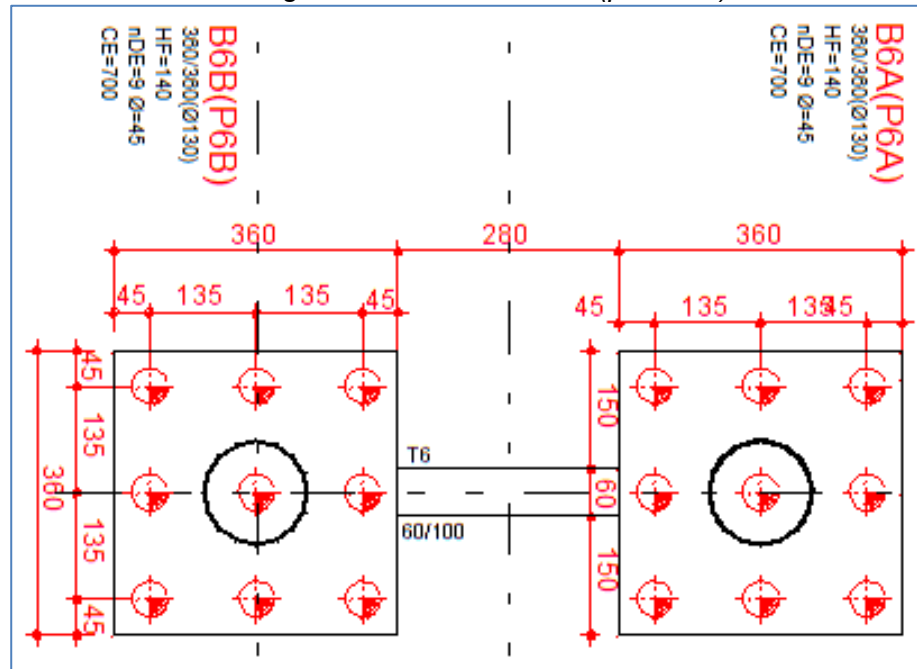
Figura 46 – Infraestrutura (pórtico 5)



- Pórticos 6: Cada pórtico é constituído por um par de blocos com dimensões de 3,60 m × 3,60 m e altura de 1,40 m, interligados por viga de ligação

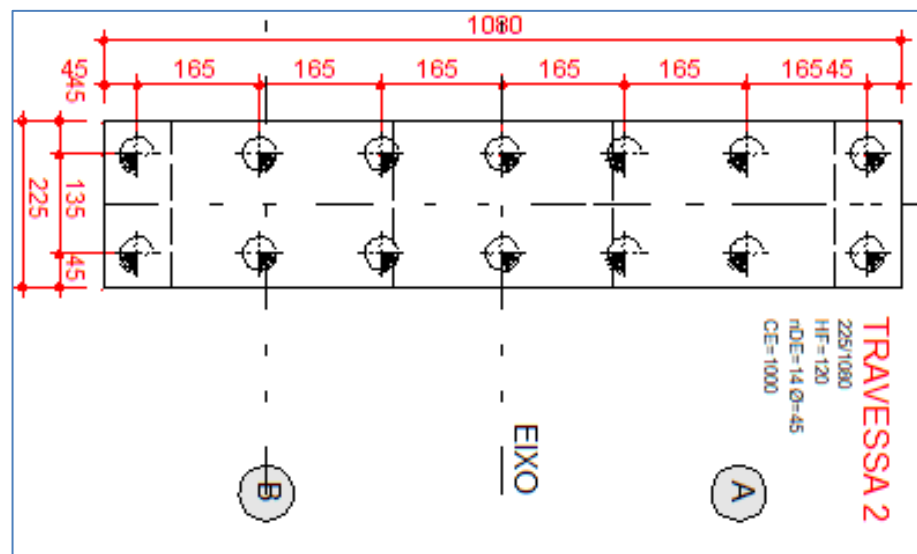
de 60 cm × 100 cm. Cada bloco é composto por 9 estacas, com diâmetro nominal de 45 cm (2,0 m) e 40 cm em rocha (5,0 m).

Figura 47 – Infraestrutura (pórtico 6)



- Encontro 2: A travessa realiza a transferência direta dos esforços resultantes para as estacas, dispostas em duas linhas, totalizando 14 estacas com diâmetro nominal de 45 cm (5,0 m) em solo e 40 (5,0 m) cm em rocha.

Figura 48 – Infraestrutura (encontro 2)



Resumo do comprimento das estacas, conforme apresentação do pré-dimensionamento.

| Pórtico | Solo (Ø40 cm) | Rocha (Ø31 cm) |
|---------|---------------|----------------|
| E1      | 1600 cm       | ----           |
| P1      | 1400 cm       | ----           |
| P2      | 800 cm        | 500 cm         |
| P3      | 800 cm        | 500 cm         |
| P4      | 900 cm        | 600 cm         |
| P5      | 1000 cm       | 600 cm         |
| P6      | 200 cm        | 500 cm         |
| E2      | 500 cm        | 500 cm         |

Sendo assim, para o anteprojeto, adotaram-se fundações profundas do tipo *estaca raiz*, compatíveis com as condições geotécnicas e hidráulicas do local. O pré-dimensionamento foi conduzido com base em metodologias consagradas, empregando o método de Aoki–Velloso para a estimativa da capacidade de carga e o método de Cabral & Antunes para a certificação do comprimento de embutimento em rocha.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Anteprojeto da Obra de Arte Especial (OAE) — ponte sobre o Rio Paranã, na rodovia GO-112 — representa uma etapa fundamental no processo de planejamento e tomada de decisão para a implantação da estrutura definitiva. A partir de estudos técnicos nas áreas topográfica, geotécnica, hidrológica e geométrica, foi possível propor soluções estruturais alinhadas às diretrizes e compatíveis com as características específicas do local de implantação.

A análise comparativa entre as alternativas estruturais propostas permitiu a seleção de uma solução que equilibra de forma eficiente aos critérios técnicos, econômicos, executivos e de manutenção ao longo da vida útil da ponte. A adoção de estrutura pré-moldada protendida com 4 longarinas por vão, com seção “I” no trecho central, seção “T” nas extremidades e altura de 1,90m, mostrou-se a opção mais vantajosa por oferecer bom desempenho estrutural, otimização do processo construtivo, redução de custos operacionais e manutenção simplificada, sem comprometer a segurança ou o desempenho da estrutura.

Do ponto de vista geotécnico, a escolha por fundações profundas do tipo estaca raiz, assegura às condições hidráulicas e geológicas do local. Esse conjunto de decisões técnicas confere ao projeto robustez, durabilidade e viabilidade construtiva, garantindo que a ponte atenda plenamente às demandas de tráfego, segurança e manutenção ao longo de sua vida útil.

Consolida-se, assim, este Anteprojeto como base técnica essencial para o desenvolvimento das próximas etapas, fornecendo os subsídios necessários à sua evolução e garantindo que a obra seja executada com eficiência, qualidade e conformidade às normas vigentes, contribuindo para a melhoria da infraestrutura rodoviária e para o desenvolvimento regional.

## 9 ART - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

13/04/2026, 15:17

Anotação de Responsabilidade Técnica ART - Lei 8.496/1977, Res. 1.137/2023

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 8.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço  
1020260111989

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

## 1. Responsável Técnico(a):

THAYSSA DA SILVA PRATA PARUSSOLI

RNP: 2008979393

Título profissional: Engenheira Civil,

Registro: 2010141298

## 2. Dados do Contrato:

Contratante: AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

Avenida Governador José Ludovico de Almeida, Nº 20

Bairro: Vila Santa Maria -

CEP: 74775-013

Quadra: 0 Lote: 0 Complemento: (BR-153, km3,5)

Conjunto Caiçara

Cidade: Goiânia-GO

E-Mail:

Fone: (62)32654312

Contrato: - Celebrado em: 08/07/2024

Valor Obra/Serviço R\$: 1,00

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação Institucional: Órgão Público

## 3. Dados da Obra/Serviço:

Rodovia 0, Nº S/N

Bairro: 0

CEP: 73820-000

Quadra: 0 Lote: 0

Complemento:

Cidade: Monte Alegre de Goiás-GO

Data de Início: 01/04/2026

Previsão término: 30/05/2026

Coordenadas Geográficas: -13.603256937,-46.864393444

Finalidade: Infra-estrutura

Proprietário(a): AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E  
TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

E-Mail:

Fone: (62) 32654312

Tipo de proprietário(a): Pessoa  
Jurídica de Direito Público

## 4. Atividade Técnica:

ATUACAO

ANTE-PROJETO DRENAGEM

Quantidade

Unidade

ANTE-PROJETO TERRAPLENAGEM

2.240,00

METROS

ANTE-PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO

74.000,00

METROS CUBICOS

ANTE-PROJETO FUNDACOES PROFUNDAS

220,00

METROS

ANTE-PROJETO SINALIZACAO VERTICAL

160,00

UNIDADES

ORÇAMENTO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO

5,40

METROS QUADRADOS

220,00

METROS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.

Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART

## 5. Observações:

Elaboração de Anteprojeto de Engenharia de ponte em concreto armado sobre o Rio Paraná (Balsa Viviane), na Rodovia GO-112, trecho Nova Roma / Monte Alegre-GO. Coordenadas: Lat. -13.603072°, Long. -46.864573°. Esta ART contempla: Drenagem, Terraplenagem, Anteprojeto Estrutural de OAE (PCA) e fundações, Sinalização, Quantitativo e Orçamento Preliminar de anteprojeto. Os estudos topográficos de base foram elaborados pela STRATA ENGENHARIA LTDA (ART nº 1020250279956). Os estudos hidrologicos e batimetria foram elaborados através da ART nº 1020250334994. Os estudos geométricos foram elaborados pela STRATA ENGENHARIA LTDA (ART nº 1020260112386). As sondagens foram executadas pela MASTER SOLO Sondagens e Obras Ltda (ART nº 1020260056179). O orçamento da obra a ser licitada será elaborado posteriormente pela Gerência de Orçamento da GOINFRA, com emissão de ART específica.

## 6. Declarações:

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam as atividades profissionais acima relacionadas.

## 7. Entidade de Classe:

NENHUMA

## 8. Assinaturas:

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Documento assinado digitalmente



THAYSSA DA SILVA PRATA PARUSSOLI

Data: 13/04/2026 15:18:26-0300

Veri fiquem em https://valdus.jb.gov.br

THAYSSA DA SILVA PRATA PARUSSOLI - CPF: 139.288.757-79

AGENCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA  
- CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

## 9. Informações:

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.  
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creago.org.br](http://www.creago.org.br).  
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.  
- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.

[www.creago.org.br](http://www.creago.org.br) atendimento@creago.org.br  
Tel: (62) 3221-6200

|                         |                             |                          |                                   |                           |                              |                   |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|
| Valor da ART:<br>108,39 | Registrada em<br>13/04/2026 | Valor Pago<br>R\$ 108,39 | Nosso Numero<br>26320690126110872 | Situação<br>Registrada/OK | Não possui<br>Livro de Ordem | Não Possui<br>CAT |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço  
1020250279956

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Equipe a 1020240328439

## 1. Responsável Técnico(a)

MARCOS PAULO XAVIER DE ALMEIDA

RNP: 1417489006

Título profissional: Engenheiro Civil,

Registro: 229366/D-MG

Empresa contratada: STRATA ENGENHARIA LTDA - Registro CREA-GO: 7144

## 2. Dados do Contrato

Contratante: AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

Avenida Governador José Ludovico de Almeida, Nº 20

Bairro: Conjunto Caiçara

CEP: 74775-013

Quadra: 0 Lote: 0

Complemento:

Cidade: Goiânia-GO

E-Mail:

Fone: (62)3265-4000

Contrato: 111/2024 - GOINFRA Celebrado em: 26/09/2024

Valor Obra/Serviço R\$: 87.765.165,33

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação Institucional: Nenhuma/Não Aplicável

## 3. Dados da Obra/Serviço

Rodovia Malha Rodoviária de Goiás, Nº S/N

Bairro: Diversos

CEP: 73910-000

Quadra: 0 Lote: 0

Complemento:

Cidade: Goiânia-GO

Data de início: 01/10/2024

Previsão término: 25/09/2029

Coordenadas Geográficas: -13.8910849,-46.400872

Finalidade: Infra-estrutura

Proprietário(a): AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

E-Mail:

Fone: (62) 3265-4000

Tipo de proprietário(a): Pessoa Jurídica de Direito Público

## 4. Atividade Técnica

SUPERVISAO OU COORDENACAO

LEVANTAMENTO TOPOGRAFIA

LEVANTAMENTO BATIMETRIA

LEVANTAMENTO GEODESIA

ANTE-PROJETO TOPOGRAFIA

Quantidade

Unidade

160.000,00

METROS QUADRADOS

12.000,00

METROS QUADRADOS

160.000,00

METROS QUADRADOS

160.000,00

METROS QUADRADOS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.

Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART

## 5. Observações

Levantamento planialtimétrico cadastral para subsidiar ante projeto de ponte do Rio Paranã, localizada entre o município de Nova Roma e Monte Alegre. Utilizando receptor GNSS para levantamento cadastral e implantação de marcos geodésicos, e levantamento batimétrico do leito do rio.

## 6. Declarações

Acessibilidade: Sim: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

## 7. Entidade de Classe

NENHUMA

## 9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a Informação do PAGAMENTO PELO BANCO.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creago.org.br](http://www.creago.org.br).

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Documento assinado digitalmente

gov.br

MARCOS PAULO XAVIER DE ALMEIDA

Data: 02/10/2025 15:21:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MAF

3.596-32

[www.creago.org.br](http://www.creago.org.br) atendimento@creago.org.br  
Tel: (62) 3221-6200AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA  
CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

|                         |                             |                          |                                   |                           |                              |                       |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Valor da ART:<br>103,03 | Registrada em<br>25/09/2025 | Valor Pago<br>R\$ 103,03 | Nosso Numero<br>28320690125275220 | Situação<br>Registrada/OK | Não possui<br>Livro de Ordem | Não Possui<br>CAT/CAO |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**CREA-GO****ART Obra ou serviço**  
**1020250334994**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

| <b>1. Responsável Técnico(a)</b><br><b>JULIANA DE DEUS PINTO</b><br>Título profissional: <b>Engenheira Civil</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                             | RNP: <b>1000485722</b><br>Registro: <b>14665/D-GO</b> |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|------|----------|-------------------------|------|----------|
| <b>2. Dados do Contrato</b><br>Contratante: <b>AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE - GOINFRA</b> CPF/CNPJ: <b>03.520.933/0001-06</b><br>Bairro: <b>Vila Santa Maria - Conjunto Caiçara</b> CEP: <b>74775-013</b><br>Avenida Governador José Ludovico de Almeida, Nº 20<br>Cidade: <b>Goiânia-GO</b><br>Quadra: <b>0 Lote: 0</b> Complemento: <b>BR-153, KM 3,5</b><br>E-Mail: Fone: <b>(62)3265-4312</b><br>Contrato: <b>111/2024</b> Celebrado em: <b>26/09/2024</b> Valor Obra/Serviço R\$: <b>87.765.165,33</b><br>Tipo de contratante: <b>Pessoa Jurídica de Direito Público</b><br>Ação institucional: <b>Nenhuma/Não Aplicável</b>                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>3. Dados da Obra/Serviço</b><br>Avenida GO-112, Nº s/n<br>Bairro: <b>Village Atalaia</b> CEP: <b>73820-000</b><br>Quadra: <b>0 Lote: 0</b> Complemento: Cidade: <b>Nova Roma-GO</b><br>Data de Início: <b>01/10/2024</b> Previsão término: <b>25/09/2029</b> Coordenadas Geográficas: <b>-13.603306894,-46.864308937</b><br>Finalidade: <b>Infra-estrutura</b> CPF/CNPJ: <b>03.520.933/0001-06</b><br>Proprietário(a): <b>AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE - GOINFRA</b> Tipo de proprietário(a): <b>Pessoa Jurídica de Direito Público</b><br>E-Mail: Fone: <b>(62) 3265-4312</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>4. Atividade Técnica</b><br><table border="1"><thead><tr><th>ATUACAO</th><th>Quantidade</th><th>Unidade</th></tr></thead><tbody><tr><td>ANTE-PROJETO HIDROLOGIA</td><td>1,00</td><td>UNIDADES</td></tr><tr><td>ANTE-PROJETO BATIMETRIA</td><td>1,00</td><td>UNIDADES</td></tr></tbody></table> <p>O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.</p> <p>Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART</p> |                             |                                                       | ATUACAO                           | Quantidade                | Unidade                      | ANTE-PROJETO HIDROLOGIA | 1,00 | UNIDADES | ANTE-PROJETO BATIMETRIA | 1,00 | UNIDADES |
| ATUACAO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Quantidade                  | Unidade                                               |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| ANTE-PROJETO HIDROLOGIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,00                        | UNIDADES                                              |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| ANTE-PROJETO BATIMETRIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,00                        | UNIDADES                                              |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>5. Observações</b><br>Elaboração dos estudos hidrológicos e batimetria referentes à Obra de Arte Especial a ser edificada na Rodovia GO-112, entre os municípios de Nova Roma-GO e Monte Alegre de Goiás-GO (Latitude -13.603, Longitude -46.8643), com base em levantamento topográfico realizado por profissionais responsáveis específicos, não estando tal levantamento topográfico sob responsabilidade técnica da profissional ora signatária.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>6. Declarações</b><br>Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>7. Entidade de Classe</b><br><b>NENHUMA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>8. Assinaturas</b><br>Declaro serem verdadeiras as informações acima<br>_____, ____ de _____ de _____<br>Local _____ Data _____<br><br>JULIANA DE DEUS PINTO - CPF: 004.475.041-26<br><br>AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE - GOINFRA - CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| <b>9. Informações</b><br>- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.<br>- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site <a href="http://www.creago.org.br">www.creago.org.br</a> .<br>- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.<br>- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.<br><br><br><a href="http://www.creago.org.br">www.creago.org.br</a> atendimento@creago.org.br<br>Tel: (62) 3221-6200                              |                             |                                                       |                                   |                           |                              |                         |      |          |                         |      |          |
| Valor da ART:<br><b>271,47</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Registrada em<br>07/11/2025 | Valor Pago<br>R\$ 271,47                              | Nosso Número<br>28320690125326487 | Situação<br>Registrada/OK | Não possui<br>Livro de Ordem | Não Possui<br>CAT       |      |          |                         |      |          |

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço  
1020260112386

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Equipe à 1020240326307

## 1. Responsável Técnico(a)

ELTON SOARES MARTINS SILVEIRA

RNP: 1412059321

Título profissional: Engenheiro Civil,

Registro: 165825/D-MG

Empresa contratada: STRATA ENGENHARIA LTDA - Registro CREA-GO: 7144

## 2. Dados do Contrato

Contratante: AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

Avenida Governador José Ludovico de Almeida, Nº 20

Bairro: Conjunto Caiçara

CEP: 74775-013

Quadra: 0 Lote: 0

Complemento:

Cidade: Goiânia-GO

E-Mail:

Fone: (62)3265-4000

Contrato: 111/2024 - GOINFRA Celebrado em: 26/09/2024

Valor Obra/Serviço R\$: 87.765.165,33

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação Institucional: Nenhuma/Não Aplicável

## 3. Dados da Obra/Serviço

Rodovia Malha Rodoviária de Goiás, Nº S/N

Bairro: Diversos

CEP: 73910-000

Quadra: 0 Lote: 0

Complemento:

Cidade: Goiânia-GO

Data de Início: 01/10/2024

Previsão término: 25/09/2029

Coordenadas Geográficas: -13.8910849,-46.400872

Finalidade: Infra-estrutura

Proprietário(a): AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E  
TRANSPORTES - GOINFRA

CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

E-Mail:

Fone: (62) 3265-4000

Tipo de proprietário(a): Pessoa  
Jurídica de Direito Público

## 4. Atividade Técnica

SUPERVISÃO OU COORDENAÇÃO

ANTE-PROJETO RODOVIA SEM PAVIMENTAÇÃO

ANTE-PROJETO RODOVIA SEM PAVIMENTAÇÃO

Quantidade

Unidade

2,1030

KILOMETROS

220,00

METROS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do(a) Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.

Após a conclusão das atividades técnicas o(a) profissional deverá proceder a baixa desta ART

## 5. Observações

Anteprojeto de geometria do encabeçamento da ponte sobre o Rio Paraná, localizada na rodovia GO-112, entre os municípios de Nova Roma e Monte Alegre de Goiás - GO, em trecho com extensão de 2,103 km, tendo sua travessia aproximadamente 220,00 metros.

## 6. Declarações

Acessibilidade: Sim: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

## 7. Entidade de Classe

NENHUMA

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
Data

ELTON SOARES MARTINS SILVEIRA - CPF: 067.774.756-05

AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - GOINFRA  
- CPF/CNPJ: 03.520.933/0001-06

## 9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a Informação do PAGAMENTO PELO BANCO.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creago.org.br](http://www.creago.org.br).
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.

[www.creago.org.br](http://www.creago.org.br) atendimento@creago.org.br  
Tel: (62) 3221-6200

|                                |                             |                          |                                   |                           |                              |                       |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Valor da ART:<br><b>108,39</b> | Registrada em<br>14/04/2026 | Valor Pago<br>R\$ 108,39 | Nosso Numero<br>26320690126110834 | Situação<br>Registrada/OK | Não possui<br>Livro de Ordem | Não Possui<br>CAT/CAO |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|

## 10 TERMO DE ENCERRAMENTO

Venho pelo presente declarar que este VOLUME 01 - Relatório De Anteprojeto de Engenharia, referente à implantação da Obras de Arte Especial localizada na rodovia GO-112, sobre o Rio Paranã, no trecho entre Nova Roma / Monte Alegre de Goiás no perímetro urbano de Nova Roma-GO. Possuindo 92 páginas numeradas sequencialmente e encerrado por este termo.

Goiânia, 15 de abril de 2026

Documento assinado digitalmente  
 THAYSSA DA SILVA PRATA PARUSSOLI  
Data: 15/04/2026 09:38:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Thayssa da Silva Prata Parussoli**  
Eng<sup>a</sup> Civil - CREA 2010141298/D-RJ  
Coordenadora de Obras de Arte Especiais  
Consórcio Gerenciador DOR