
Ao
DER/DF – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL
A Srta. Eng.^a Danielle de Talita de Lima Ferreira - Gestora do Contrato
Ao Sr. Eng.^o Agelson Lima de Souza - Fiscal Técnico e Administrativo

Prezados

Vimos através da presente, atendendo ao CONTRATO Nº 056/2023, Convite nº 001/2023 encaminhar a vossa apreciação, o RELATORIO DA CONCEPÇÃO DE ENGENHARIA A SERA ADOTADA PARA A PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR NA RODOVIA DF-180, KM-19,5, contendo 36 laudas e 40 imagens, planilhas e figuras.

Certo de desta forma estar cumprindo com o contratado, firmamos votos de elevada estima e distinta consideração, colocando-se à disposição para prestar outros esclarecimentos eventualmente requisitados.

Atenciosamente

Laércio Telles
Engenheiro Civil
Crea/SC 055813-0

**ESTUDO PRELIMINAR (RELATÓRIO DA CONCEPÇÃO DE SOLUÇÃO DE
ENGENHARIA A SER ADOTADA) PARA A PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR
NA RODOVIA DF-180, KM 19,5 NA REGIÃO DE CEILÂNDIA/DF.**

INDICE

INDICE	3
1. PRELIMINARES	4
2. ÂMBITO	4
3. LOCALIZAÇÃO	4
4. INTRODUÇÃO	6
Conceituação	6
Classificação das OAEs	7
Quanto ao comprimento	7
Quanto a natureza do tráfego	7
Quanto a importância	7
Quanto a metodologia construtiva	14
5. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	16
5.1 Superestrutura	20
5.2 Mesoestrutura	26
5.3 Infraestrutura	28
5.4 Plano de içamento (Plano de Rigging)	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
BIBLIOGRAFIA	35

1. PRELIMINARES

O presente documento refere-se ao ESTUDO PRELIMINAR (CONCEPÇÃO DE SOLUÇÃO DE ENGENHARIA A SER ADOTADA) PARA A PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR NA RODOVIA DF-180, KM 19,5 NA REGIÃO DE CEILÂNDIA/DF, justificando a proposta informando as vantagens e as desvantagens de uso da concepção proposta.

2. ÂMBITO

Trata-se da construção de nova OAE sobre o Rio Melchior em função da demolição da OAE atualmente no local com elevado grau de comprometimento estrutural, já apresentado anteriormente, sendo que este documento está limitado a apresentação na proposta de concepção estrutural para atendimento ao que se destina, prezando pela melhor técnica aplicada as condições locais, facilidade de execução, recursos técnicos envolvidos próximos ao local de execução e ainda primando pela economia para o órgão público.

3. LOCALIZAÇÃO

Localiza-se na Rodovia DF-180, km 19,5, região de Ceilândia, e liga as Rodovias BR-070 ao nordeste e a DF-280 ao sul conforme imagens abaixo.

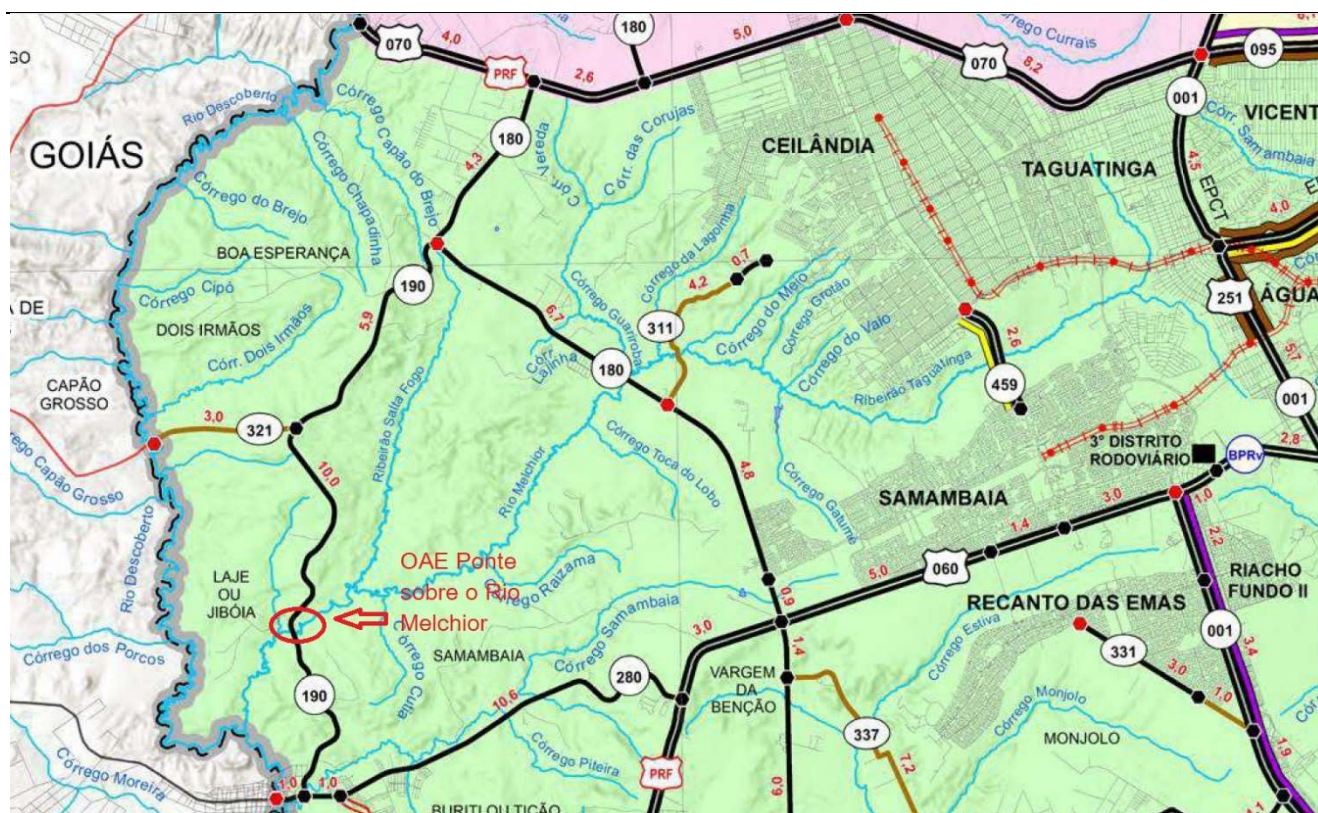


Imagem n.º 01 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5.



Imagem n.º 02 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5 Google Earth (2023).



Imagem n.º 03 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5 Google Earth (2023).

4. INTRODUÇÃO

Conceituação

Segundo, Araújo Adolfo L. B. e Néia, Thiago A. L. C. (2018), “pontes são estruturas destinadas à possibilitar o tráfego de veículos sobre obstáculos naturais caracterizados pela presença de cursos d’água”.

“Em uma rodovia, as estruturas ditas padronizadas, sejam bueiros, galerias, dissipadores, contenções e outros, são denominadas obras de arte correntes (sigla OAC’s), ou seja, estão presentes ao longo de toda ou grande parte da extensão da via. Já as pontes, viadutos e túneis, estruturas únicas implantadas em pontos específicos da estrada, são chamadas de obras de artes especiais (sigla OAE’s).

Para as obras de arte especiais, como seu próprio nome já indica, não existem soluções padronizadas e repetitivas. Cabe à equipe de engenharia envolvida no projeto o desenvolvimento da melhor solução específica para cada caso, fazendo escolhas baseadas em critérios técnicos e no uso racional dos recursos disponíveis.

Classificação das OAEs

Basicamente, pontes e viadutos podem ser classificados quanto ao comprimento, quanto à natureza do tráfego, quanto à importância, quanto aos materiais de construção empregados, quanto ao desenvolvimento planimétrico e altimétrico, quanto à tipologia de sua estrutura principal e quanto à metodologia construtiva.

Quanto ao comprimento

Pontes são obras de arte especiais com vão superior à 10 m. Para vão menor do que 3 m, classifica-se como galeria. Pontilhões são obras de arte especiais com vão entre 3 m e 10 m, geralmente único.

Quanto a natureza do tráfego

Pontes e viadutos podem ser destinados ao tráfego rodoviário, ferroviário, aeroviário, fluvial, misto (dois ou mais modais), de pedestres (passarelas) ou de serviço (servindo ao transporte por oleodutos ou aquedutos, por exemplo).

Quanto a importância

A classificação quanto à importância é válida apenas para viadutos ou pontes que vençam não somente cursos d'água, mas também uma via de tráfego. Na ocasião em que um viaduto serve à passagem de uma via de menor importância sobre outra de maior importância, é denominada passagem superior. Caso contrário, chama-se de passagem inferior.

Quanto aos materiais empregados

Os materiais de construção mais comuns de serem empregados na construção de obras de arte especiais são o concreto, o aço e a madeira. Obras que fazem uso de dois ou mais destes materiais são chamadas de pontes ou viadutos mistos. Na antiguidade, era comum o uso de pedra e alvenaria também como material de construção de OAE's, atualmente em desuso.

Quanto ao desenvolvimento

No que se refere ao desenvolvimento horizontal, as obras de arte especiais podem apresentar-se retilíneas, esconsas e curvas.



Imagem n.º 04 – Vista em planta de obras de arte especiais retilíneas, esconsas e curvas respectivamente.

Obras esconsas são normalmente consequência da falta de espaço físico para se fazê-la retilínea quando do cruzamento não ortogonal sobre o obstáculo a ser vencido ou apenas para não interferência no curso natural de um rio em relação a rodovia projetada.

Quanto ao desenvolvimento altimétrico

As OAE's podem apresentar desenvolvimento altimétrico horizontal, em rampa, côncavo ou convexo. Horizontal é a ponte com inclinação longitudinal constante e nula ao longo de sua extensão. Em rampa são obras com inclinação constante, porém diferente de zero. Côncavas são aquelas localizadas junto a curvas verticais côncavas, e convexas são aquelas localizadas em curvas verticais convexas.

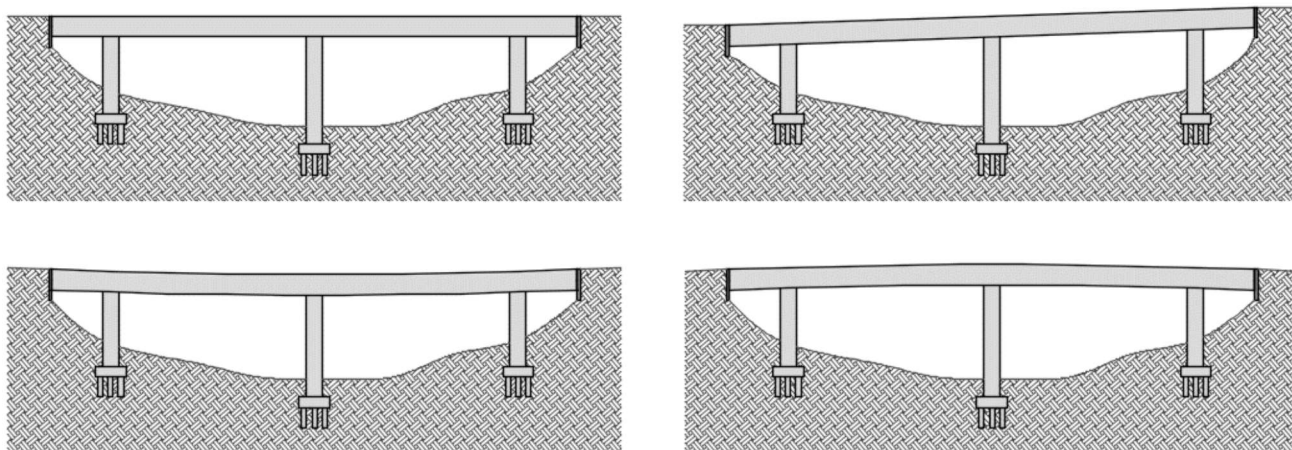


Imagem n.º 05 – Exemplos de obras de arte especiais com perfil horizontal, em rampa, côncavo e convexo respectivamente

Quanto a tipologia estrutural principal

A estrutura principal de uma ponte corresponde ao conjunto de elementos estruturais cuja função essencial seja a de vencer o vão imposto. Basicamente, a estrutura principal pode ser do tipo em viga (de seção cheia ou celular), em laje (maciça ou vazada), em treliça, em arco, em pórtico, atirantada (estaiada ou extradorso), suspensa (pênsil) ou especial. É possível empregar também, em uma mesma obra de arte especial, mais de uma tipologia dentre as listadas anteriormente.

Pontes em vigas – São as mais comuns de grande uso atualmente, apresentam superestrutura desenvolvida através de vigas de concreto, metálicas ou de madeira, isostáticas ou contínuas. Vigas de concreto podem ainda ser moldadas in-loco, pré-moldadas ou pré-fabricadas.

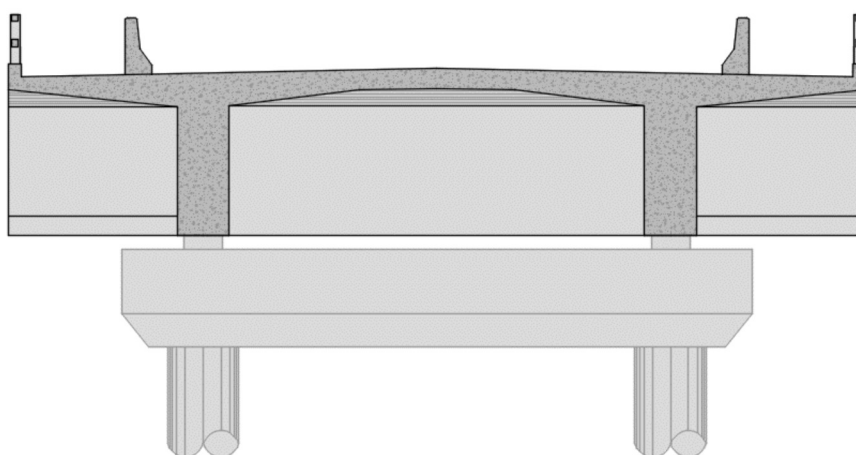


Imagem n.º 06 – Seção transversal típica de duas vigas de concreto moldadas in-loco.

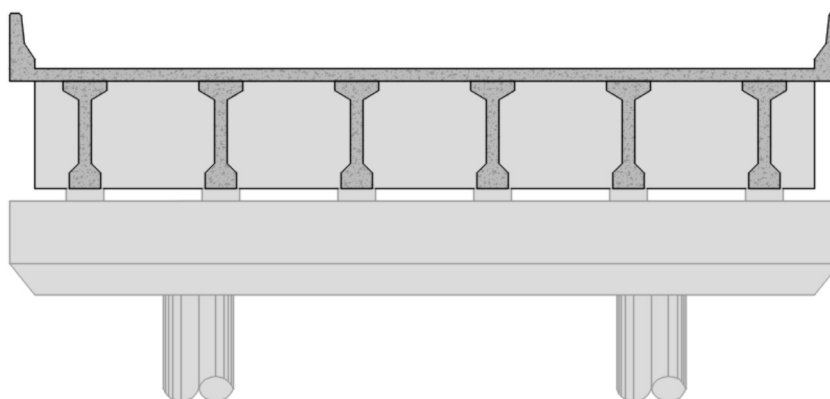


Imagem n.º 07 – Seção transversal típica de múltiplas vigas de concreto pré-moldadas ou pré-fabricadas.

Pontes em lajes - Apresentam superestrutura desenvolvida através de lajes de concreto, podendo ser maciças ou vazadas. Geralmente são utilizadas para obras de arte especiais urbanas com vãos pequenos como trincheiras, não maiores à 20 m, e para tabuleiros irregulares ou esconsos.

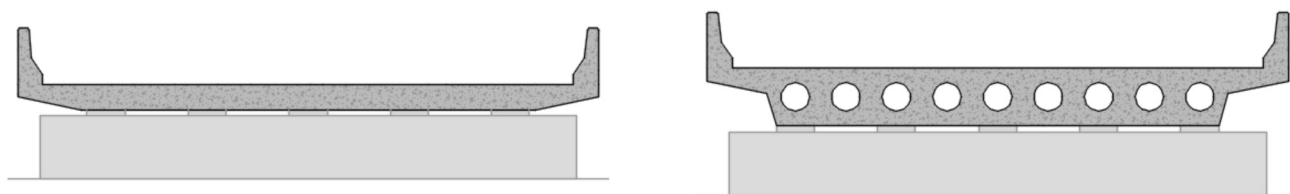


Imagem n.º 08 – Seções transversais típicas de pontes e viadutos em laje maciça e vazada respectivamente.

Pontes em treliça - A estrutura principal é composta por treliças, na grande maioria dos casos metálicas ou de madeira, dispostas longitudinalmente ao eixo da obra. As treliças podem estar acima ou abaixo da cota de tráfego dos veículos usuários da ponte. O maior vão da atualidade possui 550 m.

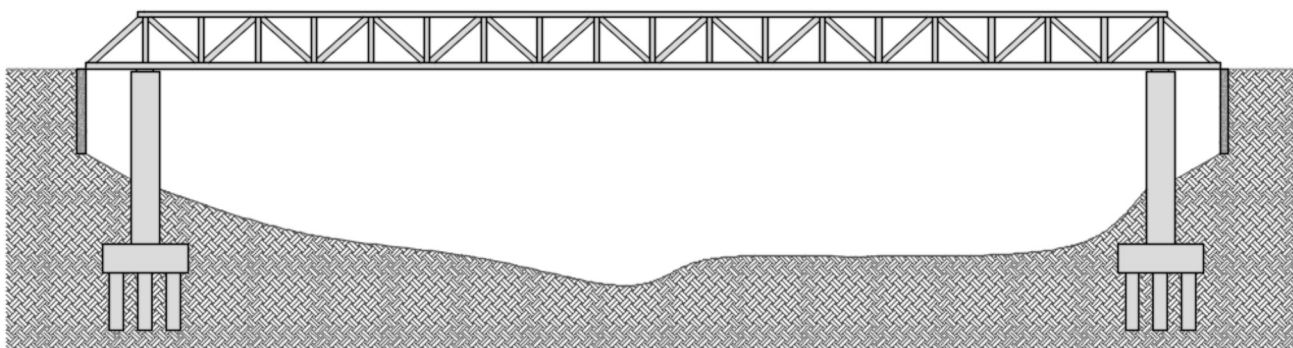


Imagem n.º 09 – Ponte em treliça metálica com estrutura principal acima da cota do tráfego.

Pontes em arco - Podem ser do tipo superior, inferior ou intermediário. Nas pontes em arco superior, o tabuleiro é suspenso através de pendurais ou tirantes. Quando em arco inferior, o tabuleiro é apoiado através de elementos rígidos denominados montantes. Pontes do tipo arco intermediário são aquelas nas quais parte de sua extensão faz uso de arco superior e outra parte faz uso de arco inferior, possuindo tanto pendurais quanto montantes. Nos três casos, o arco possui a função de, ao nível do terreno, permitir a execução de um vão único, enquanto que, para o tabuleiro em si, é realizada a subdivisão em vãos secundários, delimitados

entre os pendurais ou montantes a depender do caso. O arco, sempre comprimido, irá transmitir todos os carregamentos da obra de arte à ambas as cabeceiras. Pontes e viadutos do tipo arco podem ser de concreto, metálicos, mistos ou de alvenaria (em desuso). Esta tipologia de obra de arte possui atualmente vãos de até 400 m para arco de concreto e de até 500 m para arco metálico.

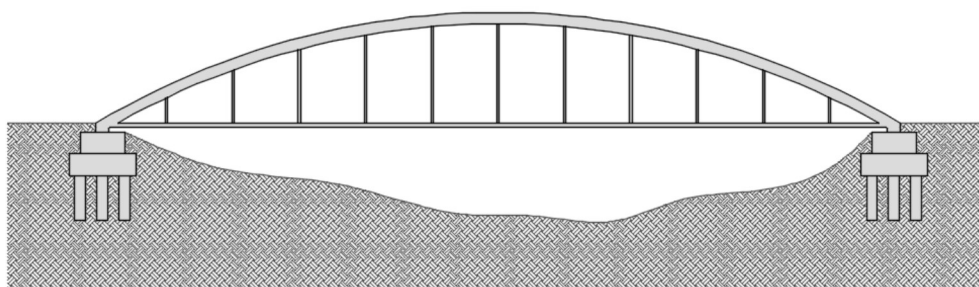


Imagem n.º 10 – Ponte em arco tipo superior, também chamado de arco com tabuleiro inferior.

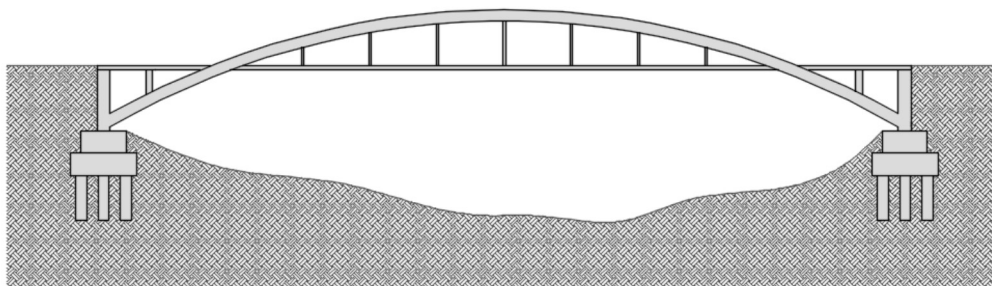


Imagem n.º 11 – Ponte em arco em arco tipo intermediário.

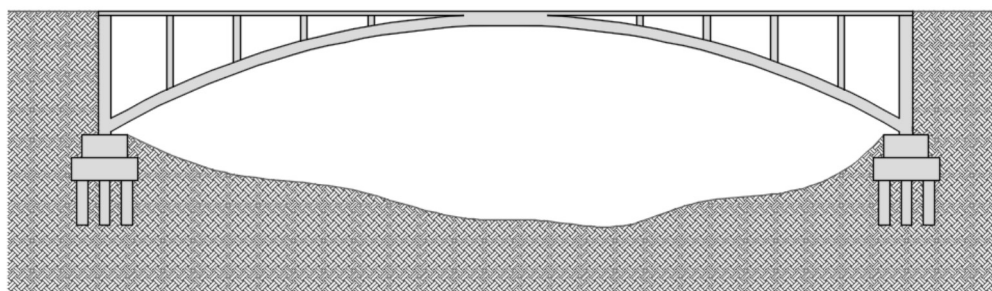


Imagem n.º 12 – Ponte em arco tipo inferior, também chamado de arco com tabuleiro superior.

Pontes em pórticos - Pontes em pórtico são aquelas em que a estrutura responsável por vencer o vão entre apoios possa ser considerada engastada nestes, havendo transmissão total dos esforços solicitantes. Empregada para vãos de até 300 m aproximadamente.

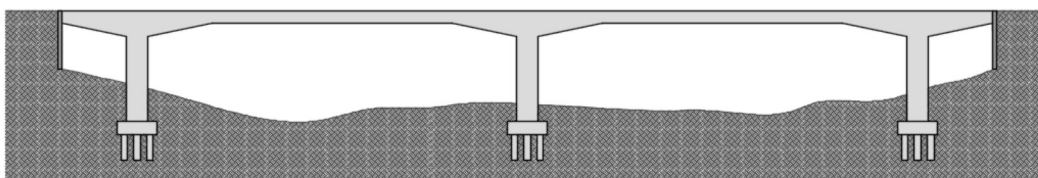


Imagem n.º 13 – Exemplo de uma ponte com estrutura principal do tipo pórtico.

Pontes atirantada estaiadas - São pontes cuja estrutura do tabuleiro é suportada integral ou parcialmente por tirantes, também chamados de estais. Os apoios são do tipo torre de grande altura, também chamados de mastros ou pilones, de onde partem os cabos e estais que fornecem suporte ao tabuleiro, geralmente composto por uma laje ou viga-caixão. A altura da torre gira em torno de 40% do vão livre da obra. Passa a ser interessante para vãos maiores a 150 m. O maior vão existente é de cerca de 900 m.

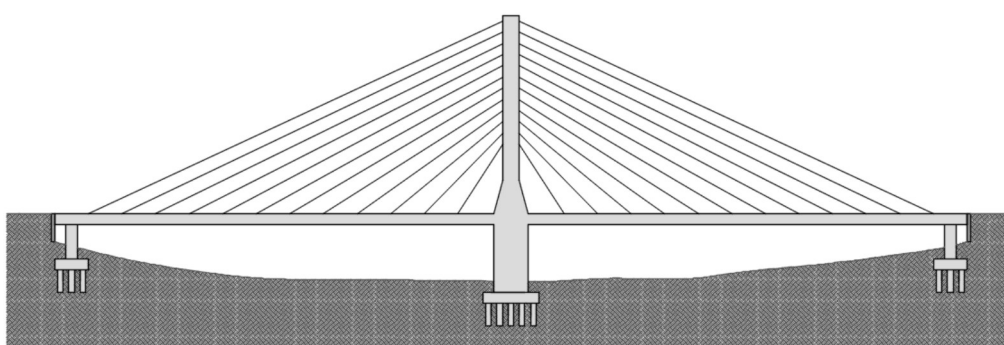


Imagem n.º 14 – Ponte com estrutura principal do tipo estaiada.

Ponte em extradorso - corresponde à um tipo de estrutura principal intermediária entre pontes em viga e pontes estaiadas. A premissa desta tipologia é a de se trabalhar com cabos de protensão com grande excentricidade sobre os apoios. Para isso, os apoios são do tipo torre de

pequena altura, de aproximadamente 20% do vão livre. Indicada para vãos entre 100 m e 200 m.

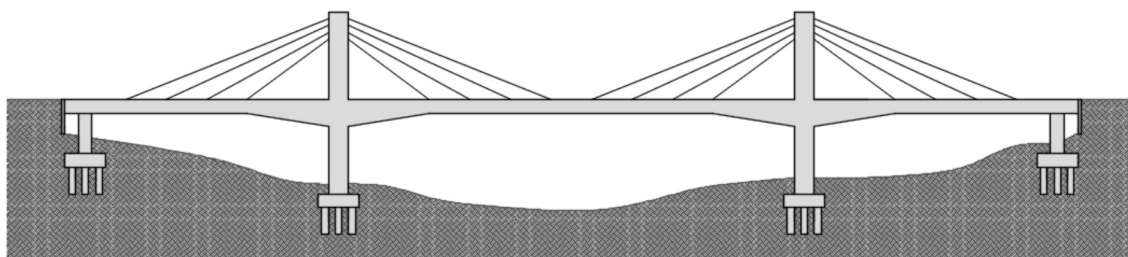


Imagem n.º 15 – Ponte com estrutura principal do tipo extradorso.

Pontes Penseis - o suporte do tabuleiro é realizado, assim como nas pontes estaiadas e extradorso, através de tirantes. Porém, ao invés de conectarem diagonalmente o tabuleiro diretamente ao apoio tipo torre ou mastro, são interligados por um cabo principal com geometria parabólica ou catenária, cabo este que se ancora em ambas as extremidades da obra de arte. Os elementos verticais destinados ao suporte direto do tabuleiro são também chamados de pendurais. O maior vão existente é de cerca de 2000 m.

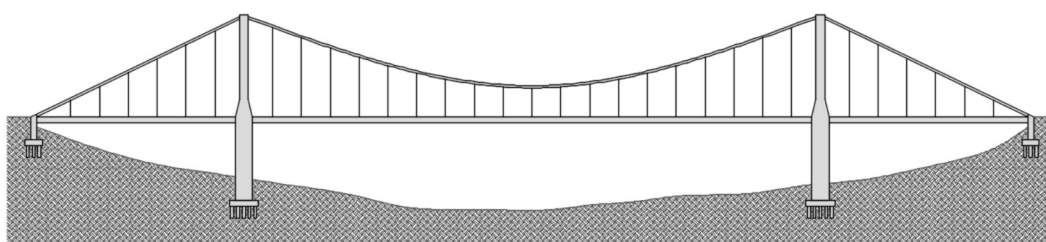


Imagem n.º 16 – Ponte com estrutura principal do tipo pênsil

Pontes Cantilever - são formados por estruturas que atuam como braços de alavanca em balanço a partir dos apoios, geralmente formados por elementos metálicos na forma de treliça. O fechamento do vão geralmente se dá através da colocação de segmentos de tabuleiro metálico pré-montados.



Imagem n.º 17 – Ponte cantilever de Quebec, Canadá.

Pontes Pênseis - o suporte do tabuleiro é realizado, assim como nas

Quanto a metodologia construtiva

No que diz respeito aos modos de execução de uma obra de arte especial, listam-se a moldagem in-loco, a pré-moldagem, a pré-fabricação, deslocamentos progressivos, balanços sucessivos e atirantamentos provisórios. Em uma mesma obra de arte pode ser realizada a associação de duas ou mais dessas técnicas construtivas.

Moldagem “in loco” - A moldagem in-loco é, sem sombra de dúvidas, a metodologia construtiva mais simples e tradicional atualmente em uso. Se mostra ideal para obras de pequena altura, com vãos pouco ousados e com disponibilidade para que seja criada obstrução parcial ao curso pluvial abaixo da obra, devido à necessidade de escoramento durante a construção. Mesmo assim, pode ser empregada também em obras de maior vulto.

Pré-moldagem - Os elementos pré-moldados são executados nas redondezas da obra para que, depois, sejam carregados para suas posições definitivas. Dispensa-se o escoramento, sendo portanto ideal

para OAEs urbanas retilíneas ou pouco curvos e para vales não muito profundos, mas de acesso dificultado, visto a necessidade de espaçamento reduzido entre apoios.

Pré-fabricação - pré-fabricados se mostram extremamente competitivos para obras de arte especiais retilíneas ou pouco curvas cravadas em ambientes densamente urbanizados, visto que dispensam técnicas de escoramento. Nesta metodologia construtiva, os elementos pré-fabricados são moldados ou preparados em fábrica, como já comentado anteriormente, e depois transportados até o local da obra para serem instalados.

Deslocamentos progressivos - nesta metodologia construtiva, também conhecida como lançamentos progressivos ou ainda ponte ou viaduto empurrado, o tabuleiro da ponte é executado integralmente em canteiro, simultaneamente à execução das fundações e apoios. Quando concluída, a superestrutura é então deslocada por cima dos pilares até que se atinja sua posição final. Para reduzir o atrito com os apoios, são utilizados dispositivos revestidos com teflon. Utiliza-se uma ponteira ou biqueira metálica com o objetivo de evitar que a estrutura apresente balanços para os quais não fora dimensionada. O tabuleiro é usualmente executado em concreto ou estrutura metálica.

Balanços sucessivos – a execução de uma obra de arte especial em balanços sucessivos consiste na concretagem ou montagem progressiva do tabuleiro a partir de um determinado apoio, apresentando quase sempre seção transversal do tipo laje ou viga celular. O tabuleiro é montado a partir da união de aduelas de concreto ou metálicas, pré-moldadas ou pré-fabricadas, ou da concretagem das aduelas in-loco. Ao segmento de tabuleiro executado junto com os apoios, engastados nestes, dá-se o nome de aduela de arranque. Ao segmento que conecta os balanços dá-se o nome de aduela de fechamento.

Atirantamento provisório - a construção em balanços sucessivos com atirantamento provisório da estrutura principal é comum nas pontes em arco, nas quais o apoio de extremidade dos segmentos em construção é realizado através de cabos provisórios, retirados quando o arco é concluído.

5. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Para atendimento das normas técnicas e condições hídricas locais bem como da rodovia DF-180 existente, uma das definições mais importante para a execução desta OAE, ponte sobre o Rio Melchior, é sem dúvida a escolha do método construtivo das vigas longarinas para o vão imposto, que dentre os acima mencionados, fica por questões econômicas do comprimento do vão a ser “vencido”, como o de vigas pré-fabricadas/pré-moldadas sendo este tipo de método construtivo o mais comumente usados pelos órgãos públicos em face das facilidades construtivas, rapidez, segurança, controle construtivo tecnológico e economia.

Em análise ao RELATORIO DE INSPEÇÃO E DAS ANOMALIAS DA PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR temos que a atual ponte do Rio Melchior, em concreto armado, apresenta um vão isostático de 17,0 metros e dois balanços de 5,0 metros para cada lado (sentido longitudinal da ponte), totalizando o comprimento total de 27,0 metros.

A sugestão do RELATORIO DE INSPEÇÃO E DAS ANOMALIAS DA PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR é pela demolição e construção de nova ponte com vão maior para eliminar as erosões causadas pelos vórtices inerentes as curvas do fluxo fluvial que afetam diretamente as fundações da referida OAE.

Como proposta preliminar de concepção estrutural sugere-se a execução e dois vãos de 25,0 metros para a nova ponte sobre o Rio Melchior, conforme a disposição e implantação abaixo, em função de minimizar os efeitos de vórtices causados pelas curvas do Rio, onde será implantada a respectiva OAE.

Também, como proposta preliminar de concepção estrutural, temos que para atender as condições funcionais e de segurança e também da classe da rodovia (I-B ondulada), conforme manual do DNIT precisamos para a largura da nova OAE ter 12,80 metros, tendo dentro desta largura o atendimento de uma pista com duas faixas de 3,50 metros, dois acostamentos de 2,50 metros duas barreiras de proteção de 0,40 metros cada. Assim temos a implantação abaixo.

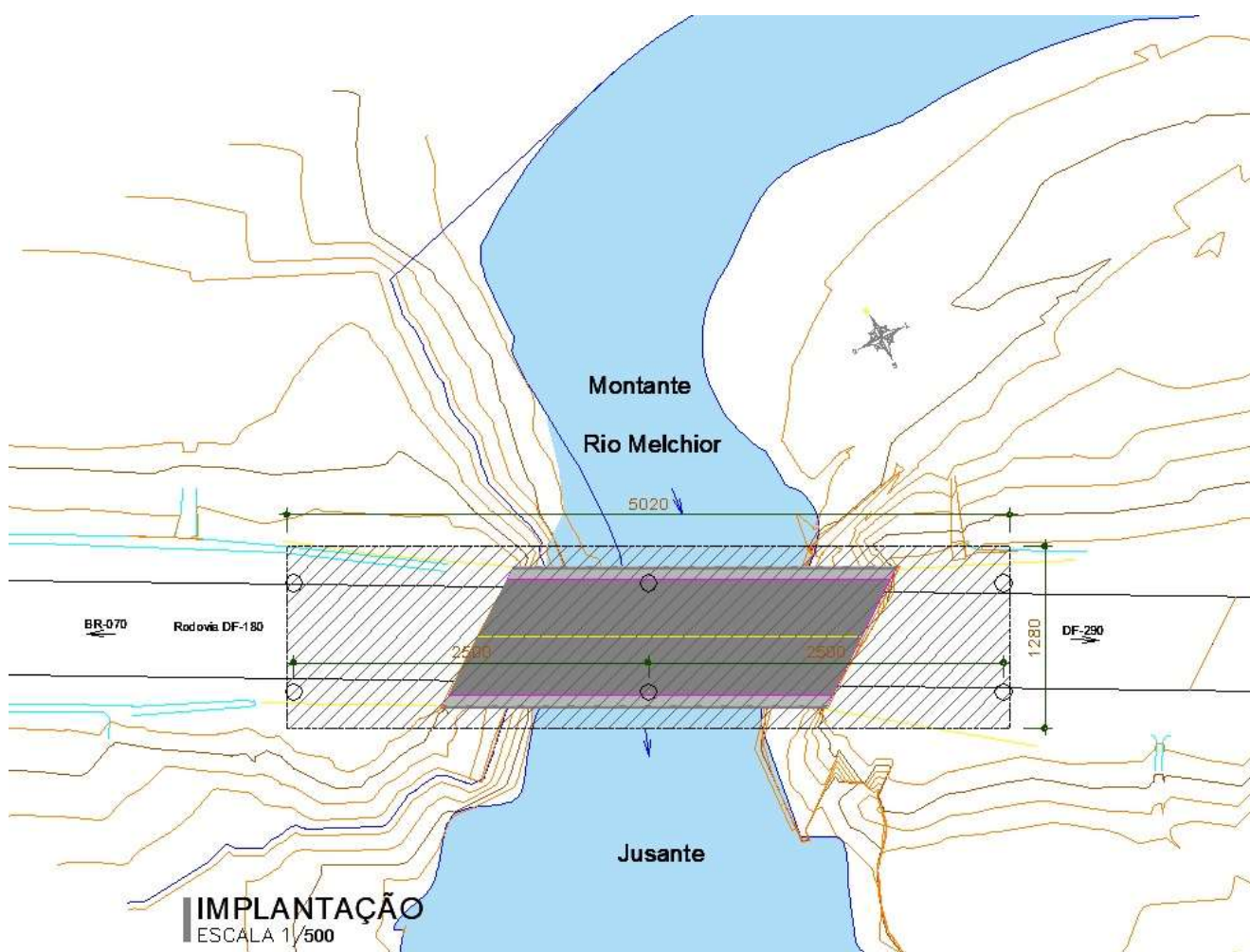


Imagem n.º 18 – Implantação da nova OAE Ponte sobre o Rio Melchior

Já para a borda livre, o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER recomenda borda livre, 2,00 m no caso de rios de regime torrencial e com possibilidade de transporte superficial de vegetação densa.

Estas altura mencionadas é acima do nível da enchente máxima até a face inferior da superestrutura que conforme o estudo hidrológico é de 952,814 metros para TR de 100 anos.

A borda livre da ponte atual está em 1,44 m ou seja abaixo do que recomenda o item 3.2.5, letra b, o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais

do DNER, portanto para atendimento da recomendação adotaremos 2,0 metros e sendo o rio Melchior não navegável, portanto livre de acréscimo de altura e dentro do tirante de ar no gabarito de navegabilidade.

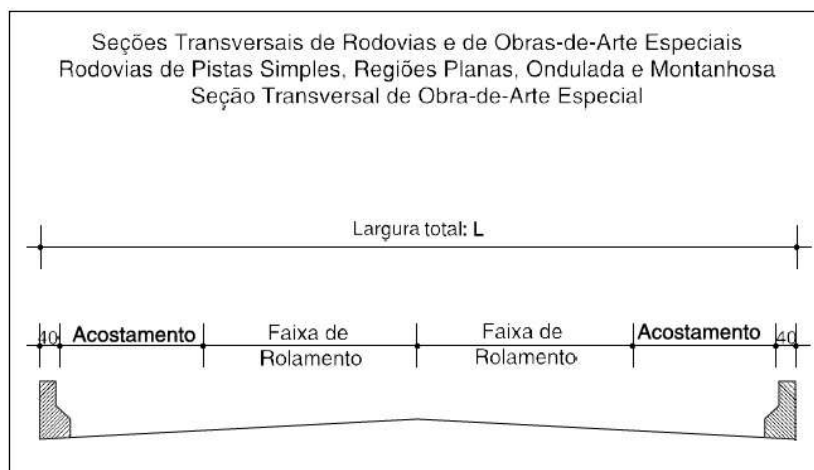


Figura 3

Quadro 2 - Comparativo de Dimensões

Classe de Projeto	I - B (cm)		II (cm)		III (cm)		IV (cm)	
	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.
Acostamento	300/250	250	250/200	250	250/150	150	150/80	150
Faixa de Rolamento	360/350	350	360/330	350	350	350	300	300
Largura total (L)		1280		1280	1280	1080		980

Imagem n.º 19 – definição da largura da OAE Ponte sobre o Rio Melchior

A ponte será composta por dois vãos isostático de 25,0 m totalizando uma extensão de 50,20 m, e está inserida em uma via com pista simples a DF-180.

O trem Brasileiro a ser considerado será o TB-45, Homogeneizado.

O rio Melchior não apresenta características de navegabilidade portanto não se considera o gabarito de fluvial de navegabilidade.

A partir desta informações e tendo como metodologia para apresentação da concepção estrutural, passamos a expor elementos os estruturais principais, conforme a NBR 9452, um a um, justificando a escolha de cada em detrimento a outras possibilidades como veremos a seguir, começando pela superestrutura, passando pela Mesoestrutura e finalmente as fundações.

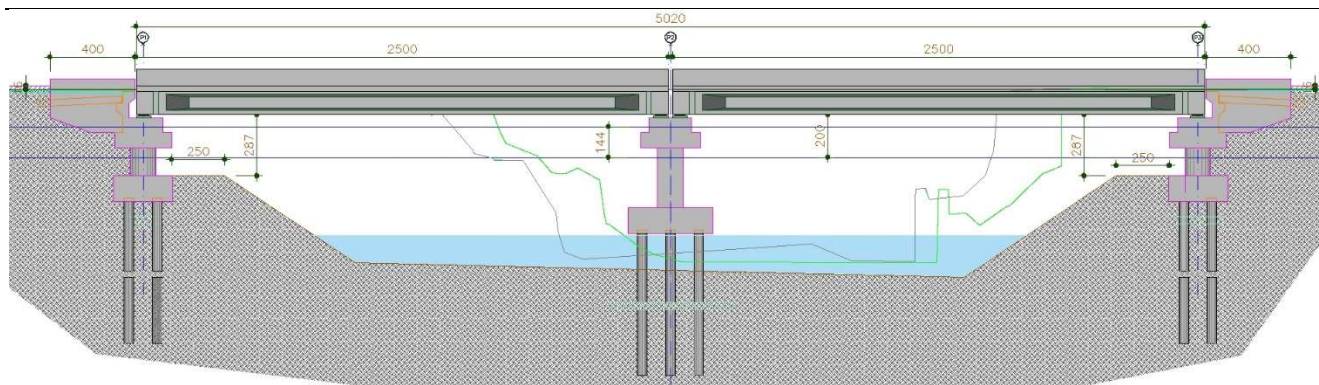


Imagem n.º 20 – definição da extensão da OAE Ponte sobre o Rio Melchior

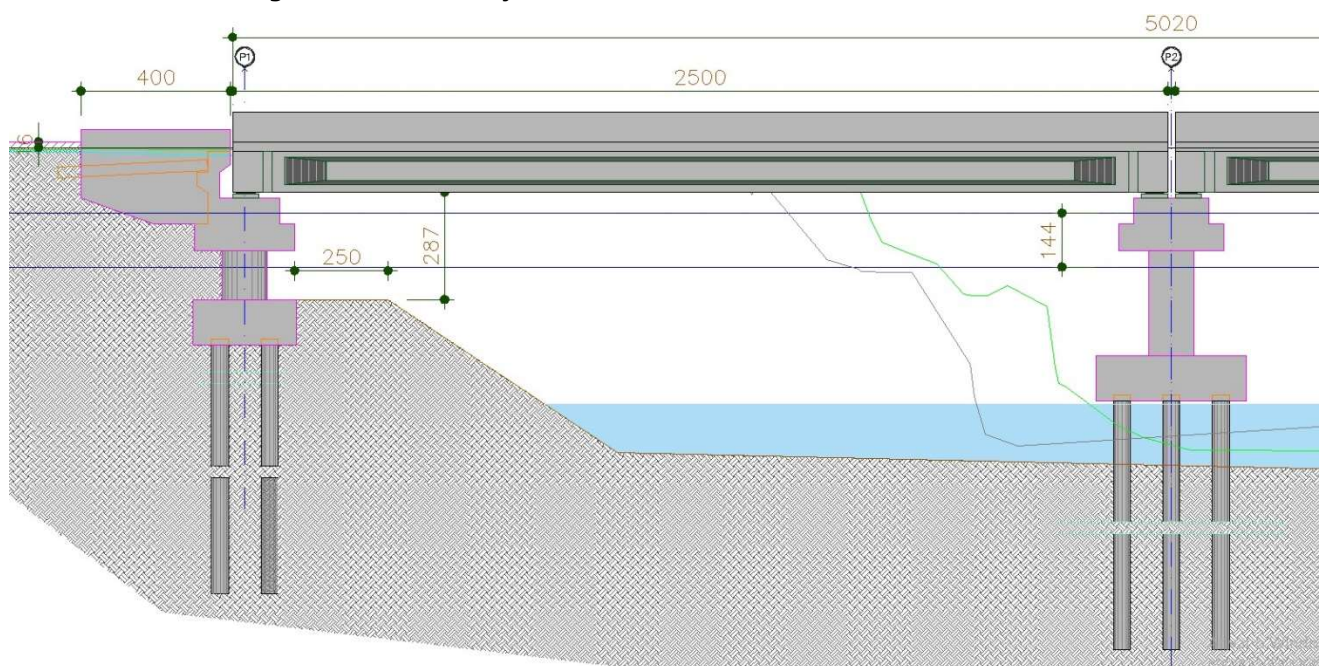


Imagem n.º 21 – ampliação do vão 01 da OAE Ponte sobre o Rio Melchior

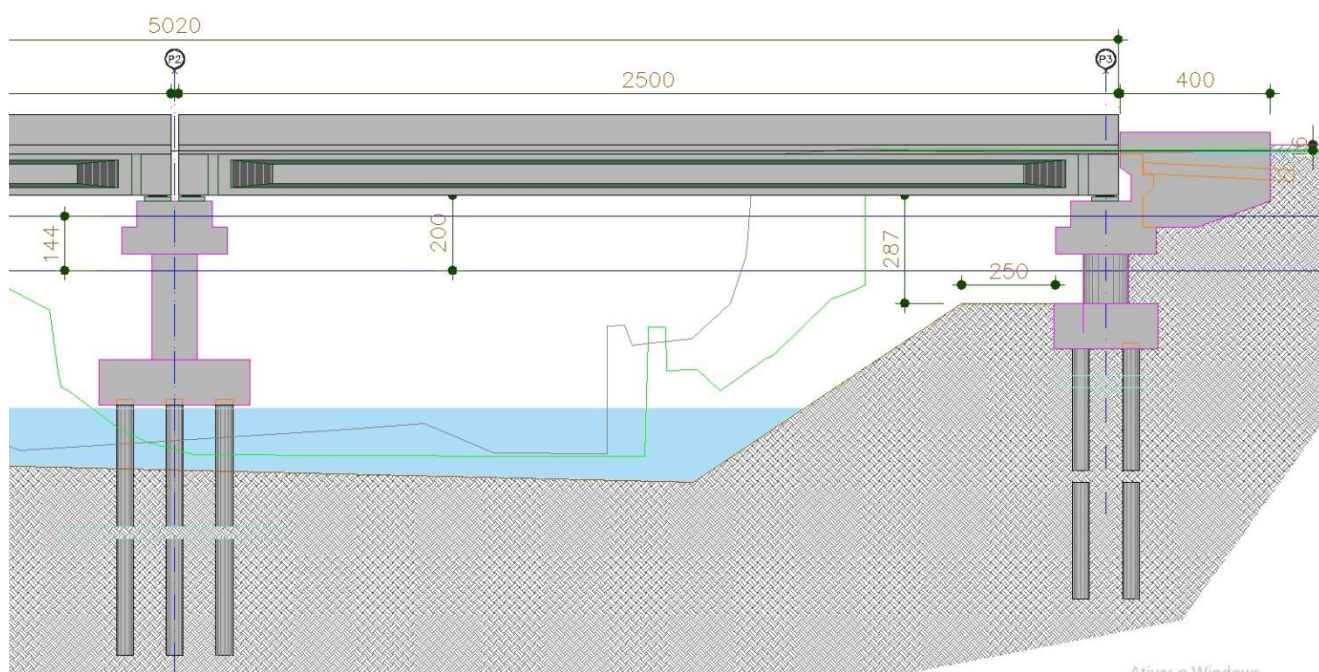


Imagem n.º 22 – ampliação do vão 02 da OAE Ponte sobre o Rio Melchior

Os elementos do sistema estrutural de uma OAE segundo a NBR 9452 está definido como a tabela abaixo:

Elemento			Sistema estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	—	—	—
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura	Travessas		P	P	P	P	—
	Pilares		P	P	P	P	—
	Aparelho de apoio		P	P	P	P	—
Encontros	Cortina		S	S	S	S	—
	Laje de transição		S	S	S	S	S
	Muros de ala		S	S	S	S	S
Infraestrutura	Blocos		P	P	P	P	P
	Sapatas		P	P	P	P	P
	Estacas, tubulões		P	P	P	P	P
Complementares	Barreira rígida		C	C	C	C	C
	Guarda-corpo		C	C	C	C	C

Imagem n.º 23 – NBR 9452 definição dos elementos estruturais.

5.1 Superestrutura

Trata-se do conjunto de elementos estruturais localizados na parte superior de uma OAE, que permitem o transporte horizontal das cargas e sua transmissão à mesoestrutura. A superestrutura é formada pelo tabuleiro, composto, em geral, por lajes e vigas longarinas e transversinas, ou seja, pelos elementos estruturais que recebem diretamente os esforços resultantes do tráfego rodoviário, ciclovitário ou pedonal.

Definido como estrutura com laje/tabuleiro apoiada sobre vigas pré-moldadas ou pré-fabricadas em concreto protendido com sistema travamento de transversinas formando a grelha.

Para as longarinas optou-se pela adoção de vigas de altura constante, onde o fundo da viga é paralelo ao alinhamento do greide.

Justifica-se o uso de laje apoiada em vigas longarinas pelo fato de ser o sistema mais comum usado atualmente com as seguintes vantagens:

Controle de qualidade: uma das principais vantagens é o alto controle de qualidade da fabricação. Todas as peças são feitas em um local apropriado, plano, seguro e com um fácil acesso para todos. A alta tecnologia empregada permite a produção de um material excepcional, que se adéqua perfeitamente às necessidades da obra.

Otimização do tempo e agilidade na construção: permite construir com agilidade, já que as peças são feitas em locais separados e independem do andamento da obra. As estruturas podem estar sendo feitas ao mesmo tempo em que é executada a fundação da obra por exemplo, não estando ligada diretamente, a sua execução, a etapas anteriores finalizadas.

Custo benefício: Uma das vantagens mais é o custo benefício do pré-moldado/fabricado, visto que racionaliza o tempo de execução da obra executando outras etapas juntamente com as vigas longarinas/transversinas, com isto há ganho de tempo no prazo final da obra resultado em ganhos financeiros.

Fôrmas: as fôrmas são otimizadas, visto serem as vigas todas iguais, necessita de menor quantidade, se fabricada no canteiro, e se fabricada em fabrica não há o custo deste tipo de insumo, gerando racionalização no uso deste insumo resultando em economia no custo final da obra e menor quantidade de resíduos gerados pela obra.

Escoramento: as longarinas sendo pré-fabricadas ou pré-moldadas eliminam o uso de escoramento, o que é uma solução inteligente para transpassar o curso d'água, tendo impacto direto no custo final da obra.

Durabilidade: por ter um controle de qualidade maior, as peças em pré-moldado e ou pré-fabricado tem garantida a durabilidade necessária para atendimento da vida útil de projeto delimitado pela norma.

Organização do canteiro de obras: contribuem para o uso racional dos espaços em canteiro de obras, pelo fato das estruturas já chegarem prontas evitando a produção e o acúmulo de resíduos indesejáveis e melhorando a qualidade no ambiente de trabalho.

Eficiência estrutural: as vigas longarinas em pré-moldados e ou pré-fabricados, tem grande vantagem em relação ao concreto armado, quando se alinha a protensão das peças, tendo assim a redução de alturas e o aumento de vãos, isto é uma vantagem muito importante para a OAE Ponte sobre o Rio Melchior, visto que poderemos ter as vigas, mais baixas em relação a existente de concreto armado, assim ganha-se altura extra para cheias que poderão acontecer durante a vida útil da ponte.

Em se comparando ao que temos de tecnologia disponível hoje para execução de pontes as duas de menos custos para as condicionantes existentes no local tem-se em concreto armado moldado "in loco" e em vigas pré-moldadas em concreto protendido, sendo que como sabemos da literatura acadêmica especializada o vão de 20,0 metros é o normalmente o limitante entre o uso de vigas em longarinas em concreto armado ou de concreto pretendido, sendo que abaixo de vão, como é a ponte existente o concreto armado é normalmente mais barato e acima de 20,0 metros o concreto pretendido se torna mais barato, assim tomamos como, esta última com preconcepção para execução da ponte sobre o Rio Melchior.

Então temos, seguindo o que preceitua o Prof. Eduardo C. S. Thomaz em suas notas de aula do IME, juntamente com o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER as seguintes recomendações e relações, para as dimensões dos elementos da superestrutura.

Vigas longarinas (I): (altura/vão entre 1/18 e 1/20) - comprimento do vão=2500 cm; altura=110cm;

A NBR 7187/2003 conforme o item 9.1.4.1 determina que as vigas de seção retangular e as nervuras das vigas de seção T, duplo T ou celular concretadas no local não devem ter largura de alma b_w menor do que

20 cm, motivo pelo qual adotou-se a espessura de alma=20,0 cm; Mesa superior=60 cm; Mesa inferior=60 cm; resumindo temos a geometria conforme figura abaixo:

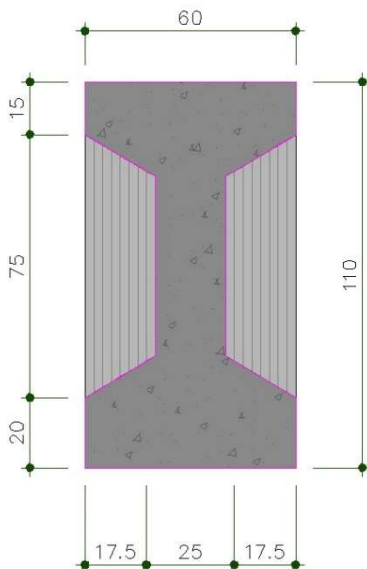


Imagem n.º 24 – concepção da seção típica das longarinas e seu pré-dimensionamento

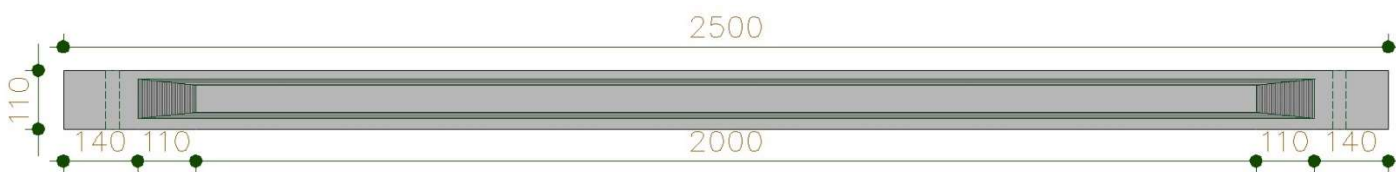


Imagem n.º 25 – concepção das longarinas e seu pré-dimensionamento

O Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER considera uma seção bem equilibrada, quando o espaçamento entre vigas é o dobro do comprimento dos extremos em balanço.

Aplica-se neste projeto um espaçamento entre 0,90 m e 2,20 m, assim, a configuração do espaçamento entre vigas resultou na adoção de 6 vigas espaçadas 2,20 m entre elas, com dois balanços de 90 cm, sendo a largura total do tabuleiro igual 12,80 m, conforme figura abaixo.

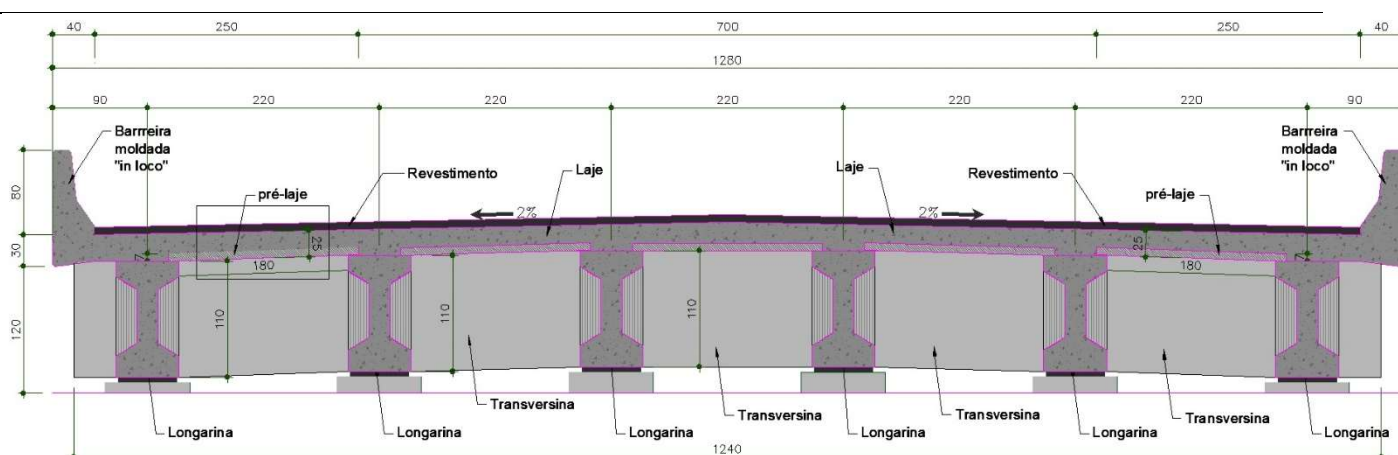


Imagem n.º 26 – concepção da seção típica e seu pré-dimensionamento.

Vigas transversinas: O vigamento secundário ou transversinas correspondem às vigas dispostas transversalmente ao sentido do tráfego. As transversinas consideradas no projeto da ponte são de apoio (localizada acima dos apoios) de meio de vão, ligadas onde existe vínculo direto com a laje. Comprimento = 1240 cm; altura = 110 cm; espessura = 25cm;

Laje (sem pré-laje incorporada): Considerou-se para o tabuleiro da ponte laje de concreto armado apoiado em placas pré-moldadas de concreto armado (pré-laje). Para um dimensionamento preliminar O Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER recomenda para vão de laje até 3,0 metros a espessuras mínima de 18 cm, portanto adotado a espessura=25 cm; área total de 642,56 m²;

Pré-lajes: comprimento=180 cm; espessura=7,0 cm; base=30 cm;

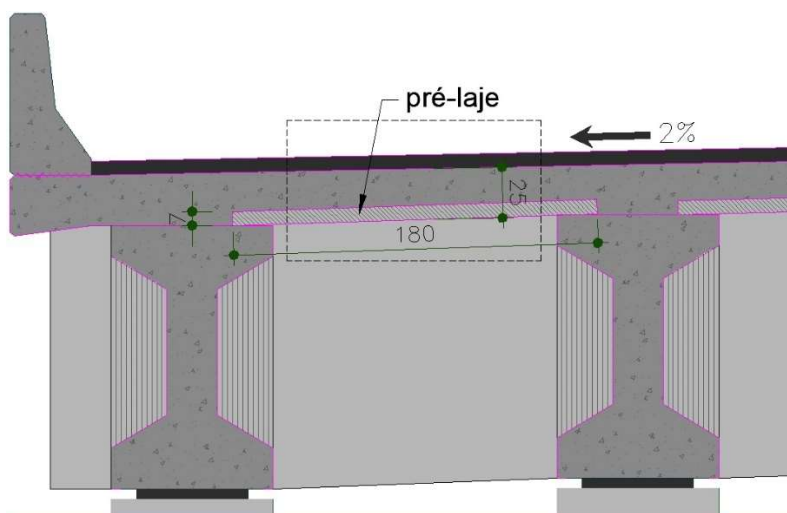


Imagem n.º 27 – concepção da laje e pré-laje e seu pré-dimensionamento.

Cortinas: comprimento = 1280 cm; altura = 215 cm; espessura = 30cm;

Alas: comprimento = 400 cm; altura = 252 cm; espessura = 25cm;

Laje de aproximação: O Manual de Obras de arte especial do DNER recomenda que as lajes de aproximação não devem ter espessura menor que 25 cm e de comprimento igual a quatro metros, ligadas à estrutura ou ao encontro por meio de articulações de concreto, sem armadura passante, e apoiadas no aterro de acesso. Portanto adotou-se o comprimento = 1280 cm; largura = 400 cm; espessura = 25 cm;

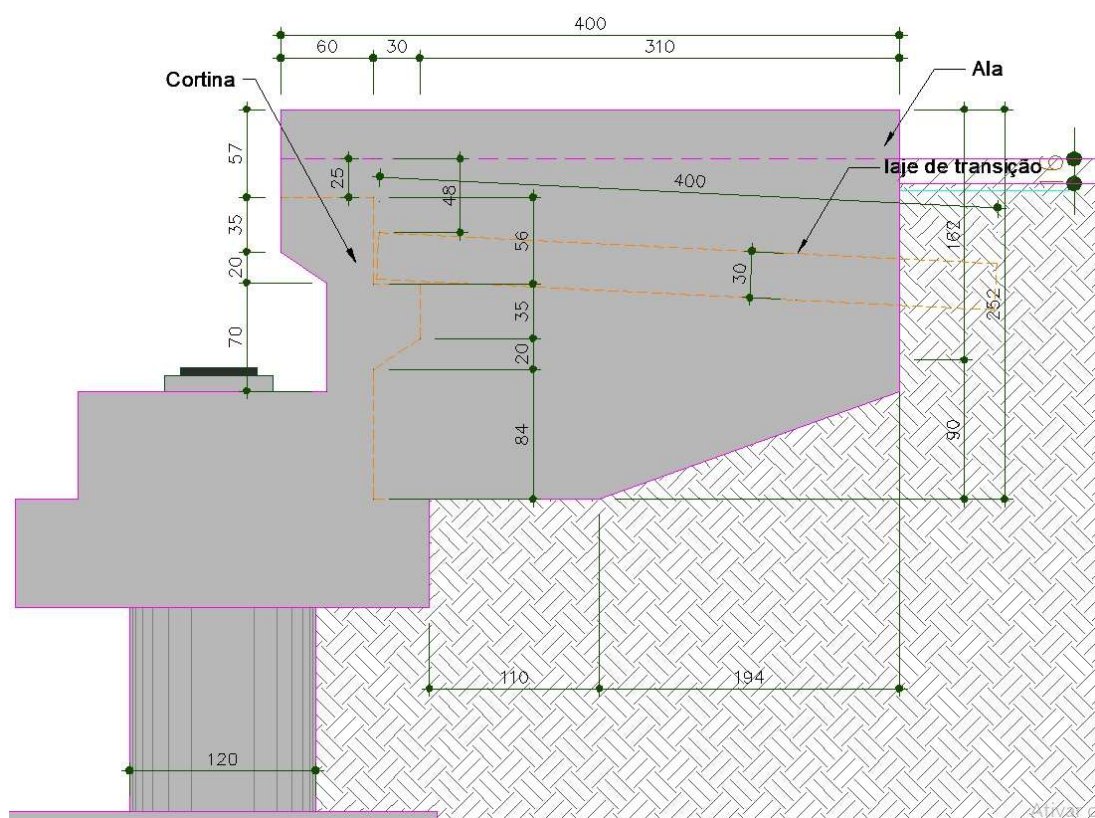


Imagem n.º 28 – concepção da cortina, laje de transição e ala e seu pré-dimensionamento.

Barreiras: As dimensões da barreira seguiram as dimensões recomendadas no Manual de Obras de Arte Especiais do DNER, 1996 e serão moldadas “in loco” solidarizadas na laje.

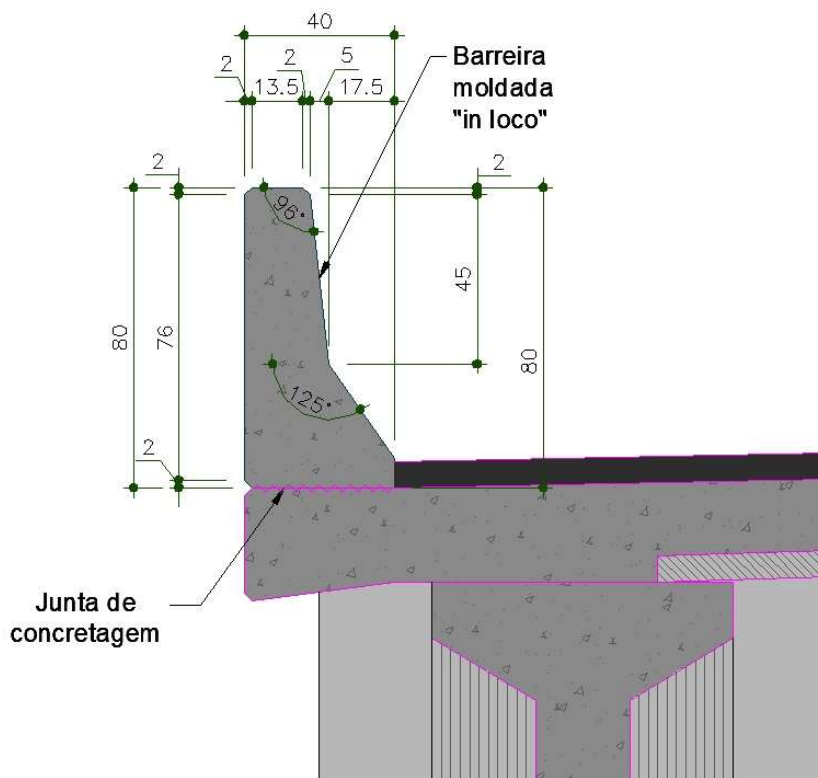


Imagem n.º 29 – concepção da barreira e seu pré-dimensionamento.

5.2 Mesoestrutura

Trata-se do conjunto de elementos estruturais, geralmente localizados na parte média da estrutura, que são responsáveis pela transmissão dos esforços da superestrutura para a infraestrutura. A mesoestrutura é, em geral, formada pelos aparelhos de apoio, pelos pilares e travessas de apoio e/ou ligação, além das lajes de transição.

São os elementos estruturais logo abaixo da superestrutura, com função de transferir as cargas para a infraestrutura, sendo na grande maioria das vezes executado "in loco" em concreto armado e algumas situações específicas com o uso de protensão, o que não se justifica na OAE Ponte sobre o Rio Melchior. Teremos então viga travessa e pilares em concreto armado e seguindo o que preconiza o Prof. Eduardo C. S. Thomaz em suas notas de aula do IME, juntamente com o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER as seguintes recomendações e relações, para as dimensões dos elementos da mesoestrutura.

Em concreto armado, é o tipo mais comumente usados de mesoestrutura, visto ser o método mais eficaz e com custo relativamente baixo, o que justifica a sua escolha.

Travessa: comprimento = 1280 cm; altura = 140 cm; largura = 280 cm;

Pilar: diâmetro = 120 cm; altura = 281 cm; os pilares somente no meio do vão visto que nos encontros as vigas longarinas se apoiarão diretamente sobre o bloco de fundação;

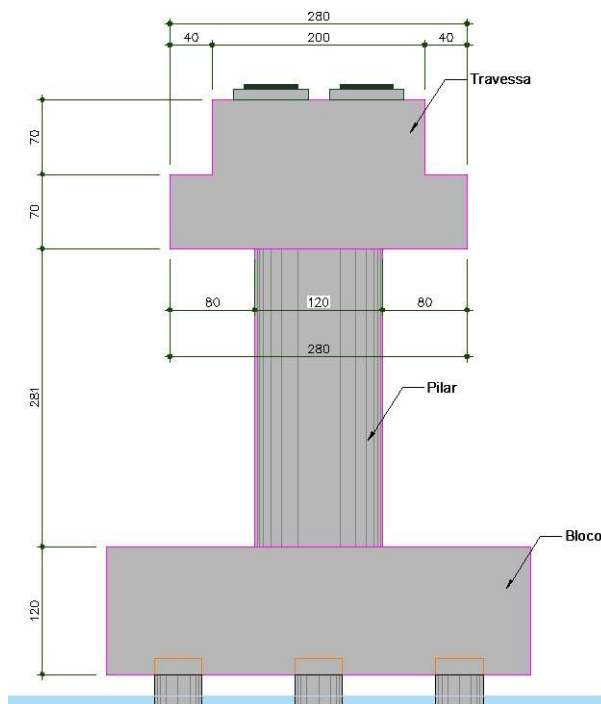


Imagem n.º 30 – concepção da travessa e pilar central e seu pré-dimensionamento.

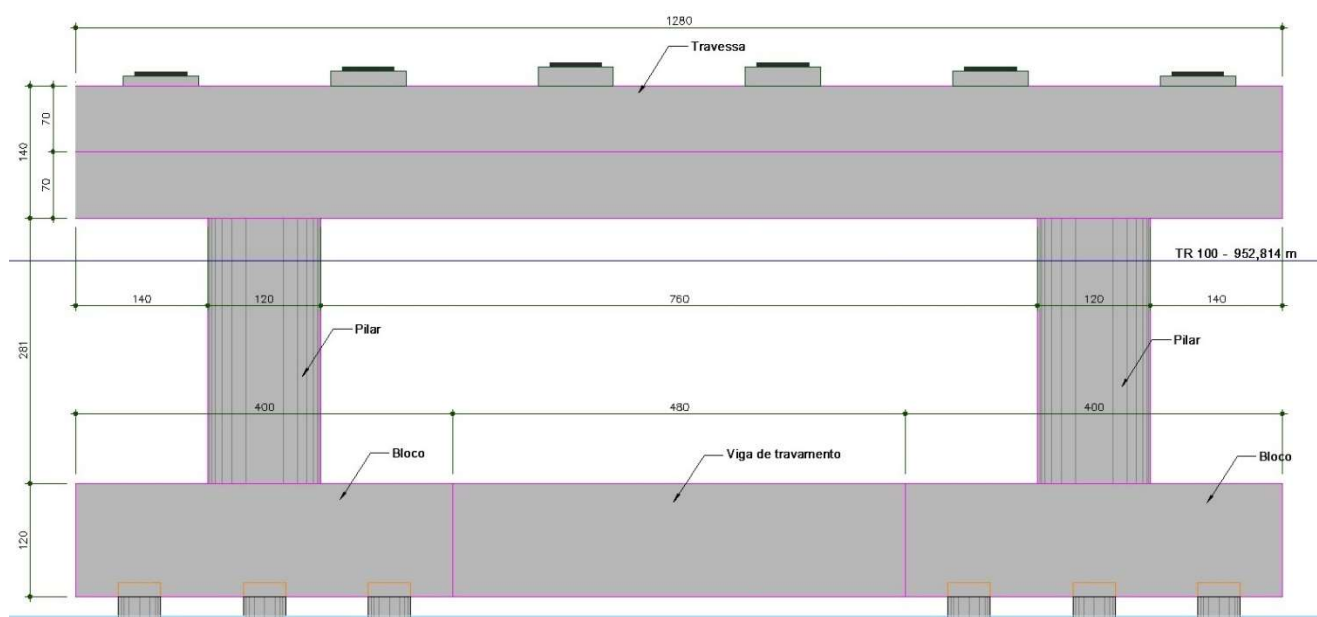


Imagem n.º 31 – concepção da travessa e pilar central e seu pré-dimensionamento.

5.3 Infraestrutura

Trata-se do conjunto de elementos estruturais, localizados na parte inferior da estrutura de uma OAE, que são responsáveis pela transmissão dos esforços da mesoestrutura para o solo. A infraestrutura é, em geral, formada pelos elementos de fundação, sejam do tipo direta ou indireta.

São os elementos estruturais logo abaixo da mesoestrutura, tendo como função a transferência de cargas para o solo, sendo executado “in loco” em concreto armado podendo ser em estaca escavadas do tipo hélice contínua ou estaca raiz. A escolha por estaca hélice contínua vem de encontro a economia, visto ser mais barato do a em estaca raiz e atende perfeitamente a necessidade local.

Novamente seguindo o que preconiza o Prof. Eduardo C. S. Thomaz em suas notas de aula do IME, as seguintes dimensões para os elementos estruturais da infraestrutura.

Blocos de fundação sob pilares: comprimento = 400 cm; altura = 120 cm; largura = 400 cm;

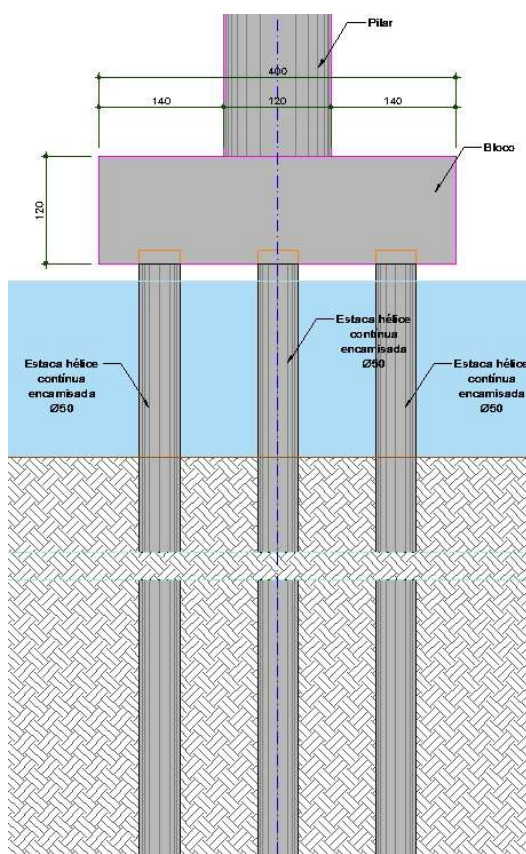


Imagem n.º 32 – concepção do bloco sobre estacas e seu pré-dimensionamento.

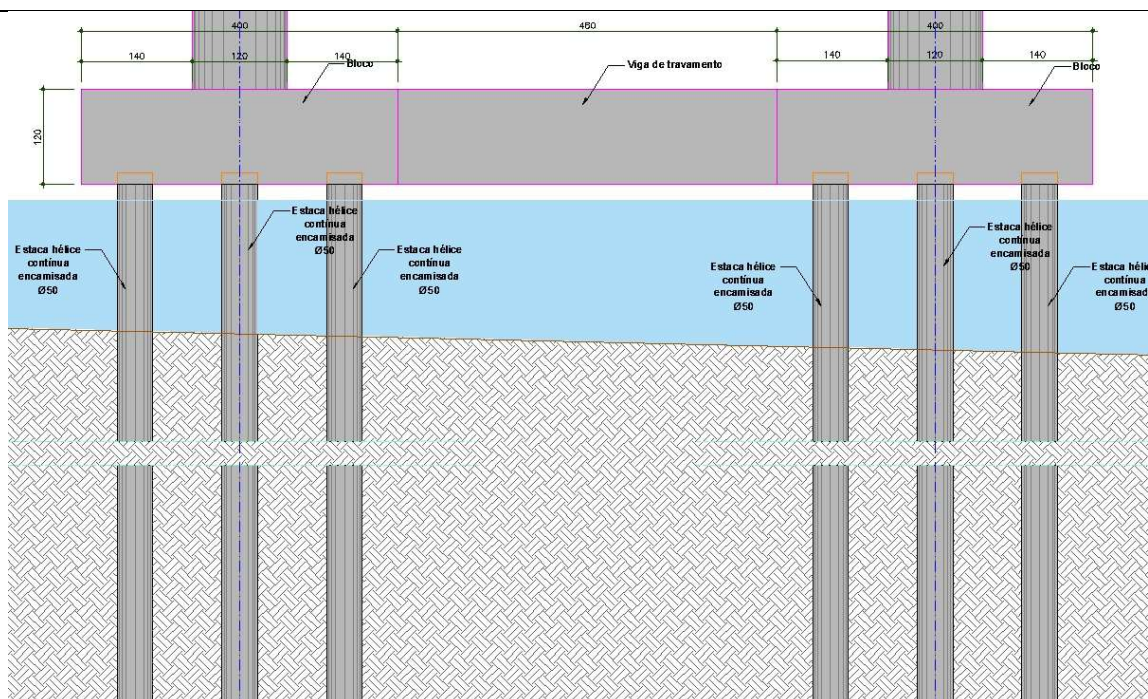


Imagem n.º 33 – concepção do bloco sobre estacas e seu pré-dimensionamento.

Blocos de fundação sob vigas: comprimento = 1280 cm; altura = 100 cm; largura = 100 cm;

Estacas hélice contínua: diâmetro = 50 cm; altura = 1500 cm; a opção por hélice contínua vem de encontro com a necessidade e execução de blocos de fundação dentro d'água, o que limita os métodos de execução e dentre eles a opção mais barata ainda é a hélice contínua. Será reaviada a execução no momento de análise das fundações.

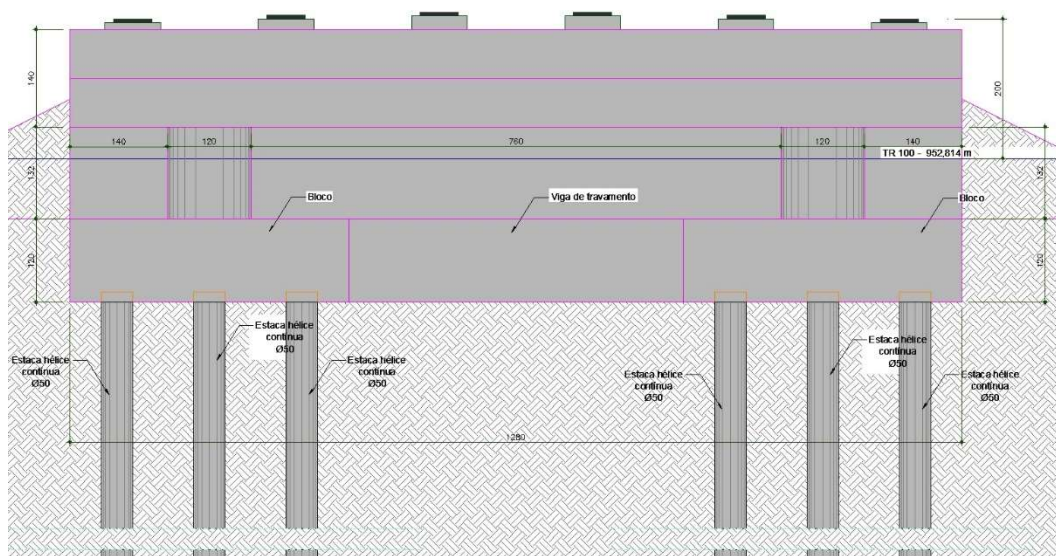


Imagem n.º 34 – concepção do bloco sobre estacas (encontros) e seu pré-dimensionamento.

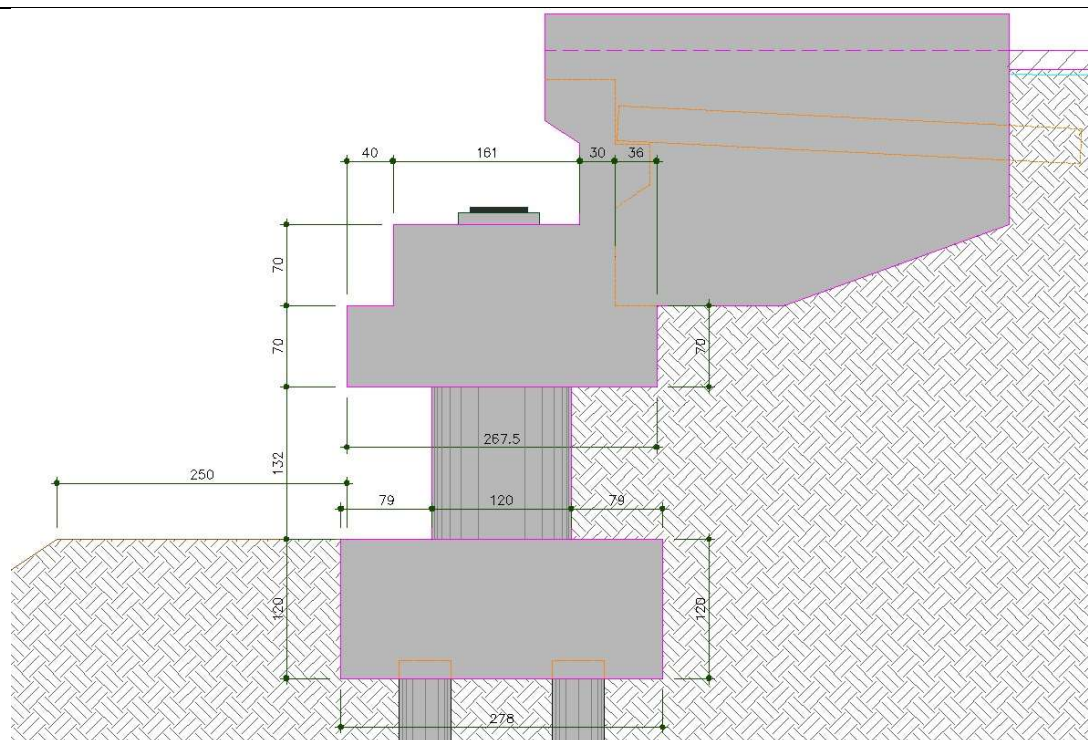


Imagem n.º 35 – concepção do bloco sobre estacas (encontros) e seu pré-dimensionamento.

5.4 Plano de içamento (Plano de Rigging)

O plano de movimentação/içamento de carga ou também conhecido como Plano de Rigging, consiste em planejamento formal da movimentação das vigas pré-moldadas utilizando-se de guindastes móveis ou fixo, buscando otimizar os recursos aplicados na operação (acessórios, equipamentos e outros) evitando acidentes e perdas de tempo.

Trata-se de estudo para determinar e analisar o processo de levantamento (içamento) e transporte das vigas pré-moldadas, utilizando o Plano de Rigging como ferramenta de acompanhamento e controle desta operação, garantindo maior eficiência, organização dos recursos e segurança dos envolvidos.

Para isso, foi coletado dados referentes ao local e as peças a serem içadas, realizando análises referente a variáveis prescritas em normas regulamentadoras e de autores por meio de uma pesquisa bibliográfica sistemática relacionada ao tema.

Cabe aqui salientar que embora a preconcepção estrutural nos indiquem o uso de vigas pré-moldadas, estas serão reavaliadas, validadas e ratificadas no projeto básico, sendo verificado pormenorizado as questões de custos, disponibilidade técnica de equipamentos, dimensionamento, questões

ambientais, entre outras que possam ratificar ou inviabilizar o uso deste tipo de técnica, bem como as suas dimensões que certamente sofrerão alterações.

Mesmo assim é necessário este estudo prévio para maiores informações das disponibilidades e tipo de equipamentos a serem utilizados bem como os seus limites de carga e alcance.

Assim, temos os seguintes dados para içamento/movimentação das vigas pré-moldadas:

- comprimento das vigas 25m;
- altura das vigas 1,10m;
- peso de cada viga 27,962 t; (majorada para 37,3 toneladas)
- quantidade 12 vigas;
- vão da pontes 2 vãos de 25m;
- acesso pelos dois lados, norte e sul da OAE.

As vigas pré-moldadas poderão ser produzidas em fábrica ou no canteiro de obras, sendo esta uma definição a cargo do executor da obra, o que a priori não interfere na escolha do equipamento, visto que esta escolha está ligada diretamente ao peso da peça bem como o alcance mínimo necessário para sua movimentação e posicionamento.

Os equipamentos disponíveis no mercado para movimentação deste tipo de carga estão entre, guindastes de 300 toneladas, ou acima e treliça lançadeira.



Para treliça lançadeira, o custo não justifica o seu uso, visto ser equipamento para obras maiores com vão maiores, ou seja, a treliça menor disponível seria em torno de 50m, o que faz com que seu uso seja inviável, nos restando o uso de guindaste.

Para guindaste de 300 toneladas temos a tabela abaixo indicando para cada carga máxima a ser movimentada o seu raio de giro ou movimentação pela altura da lança, que são dados fundamentais para o levantamento dos custos diretos. Cabe lembrar que o equipamento trabalha a 75% da carga máxima por questões de segurança.

Assim temos que o raio máximo de movimentação para as condicionantes acima é de 20m.



Imagem n.º 36 – guindaste 300t indicado para movimentação e içamento (modelo Liebherr).

<div><div><div><div><div><div></div><div>14,7~78 m</div></div><div><div></div><div>T</div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div><div>±10°</div><div></div></div><div><div></div><div>96 t</div></div></div><div><div>EN</div></div></div></div></div>																		
	14,7 m	19,6 m	24,4 m	29,3 m	34,2 m	39 m	43,9 m	48,7 m	53,6 m	58,5 m	63,3 m	68,2 m	73,1 m	77,2 m	78 m			
3	135,5															3		
3,5	135,5	135,5														3,5		
4	135,5	135,5	135,5													4		
4,5	135,5	135,5	135,5	112,6												4,5		
5	135,5	135	129,6	112,2	89,9											5		
6	132,1	124	117,3	110,1	89,1	72,3										6		
7	119,6	113,3	106,9	101,7	87,7	71,6	59									7		
8	105,9	103,7	98,6	93,2	86,3	70,9	58,6	46,3								8		
9	93,6	94,6	90,8	86,3	83,2	70,1	58,1	46,1	37,2							9		
10	83,6	84,6	84	80,4	77,9	69,2	57,7	45,8	37,1							10		
11	75,4	76,3	76,7	74,8	72,9	68,2	57,2	45,6	37	29,9						11		
12	63,7	69,4	69,7	69,4	68,5	65,2	56,4	44,5	36,6	29,7	24,5					12		
13		63,6	63,9	63,6	64,2	61,5	55,5	43,1	36,2	29,5	24,3	19,8				13		
14		58,5	58,7	59,1	59,4	58	54,4	41,4	35,4	29,2	24,2	19,8				14		
16			50,8	51,2	51,5	51,1	50,5	38	33,3	28,3	23,8	19,5	16,5	13,7	13,3	16		
18				45	45	44,6	45,1	44,9	35	30,8	26,7	23	18,9	16,1	13,6	13,3	18	
20				39,6	39,6	39,2	40,2	39,5	32,2	28,6	25	21,9	18,3	15,6	13,3	13,1	20	
22				27,2	35,2	34,7	35,7	35	29,7	26,4	23,4	20,7	17,5	15,1	12,9	12,8	22	
24					31,5	32,2	31,9	31,3	27,4	24,5	21,9	19,5	16,7	14,5	12,4	12,3	24	
26					27,1	29,3	28,8	28,1	25,4	22,7	20,4	18,4	16	13,8	11,9	11,8	26	
28						26,6	26,1	25,4	23,4	21,1	19,1	17,2	15,2	13,2	11,4	11,3	28	
30						24,1	23,7	23	21,7	19,6	17,8	16,2	14,5	12,7	10,9	10,8	30	
32						11,7	21,5	20,8	20	18,2	16,7	15,2	13,8	12,1	10,4	10,4	32	
34							19,6	18,9	18,8	17	15,6	14,3	13,1	11,6	10	10	34	
36							15,7	17,2	17,9	15,9	14,6	13,5	12,5	11,1	9,6	9,5	36	
38								16,3	16,4	14,7	13,7	12,7	11,8	10,6	9,2	9,2	38	
40								14,8	15,1	13,8	12,8	11,9	11,2	10,2	8,8	8,8	40	
42									13,9	12,9	12	11,2	10,6	9,8	8,5	8,4	42	
44									12,7	11,8	11,1	10,5	10	9,4	8,1	8,1	44	
46									8,8	11,4	10,5	9,9	9,5	9	7,8	7,7	46	
48										11,1	10	9,3	9	8,6	7,5	7,3	48	
50										8,6	9,3	8,7	8,5	8,2	7,1	6,9	50	
52											8,6	8,3	8	7,8	6,8	6,6	52	
54											8,3	7,9	7,6	7,4	6,5	6,2	54	
56											4,4	7,6	7,1	7	6,3	5,8	56	
58												6,9	6,8	6,6	6	5,5	58	
60												5	6,5	6,2	5,7	5,2	60	
62													6,3	5,7	5,4	4,9	62	
64													4,7	5,2	5,2	4,6	64	
66														4,7	4,8	4,3	66	
68															3,8	4,4	4	68
70															1,5	4	3,8	70
72																3,2	3,4	72
74																	1,9	74

1 240 001 00201 00 01

Imagem n.º 37 – tabela de cargas máximas para guindaste de 300 t (Liebherr).

O guindaste indicado tem as seguintes dimensões e raios de trabalho, conforme imagem abaixo.

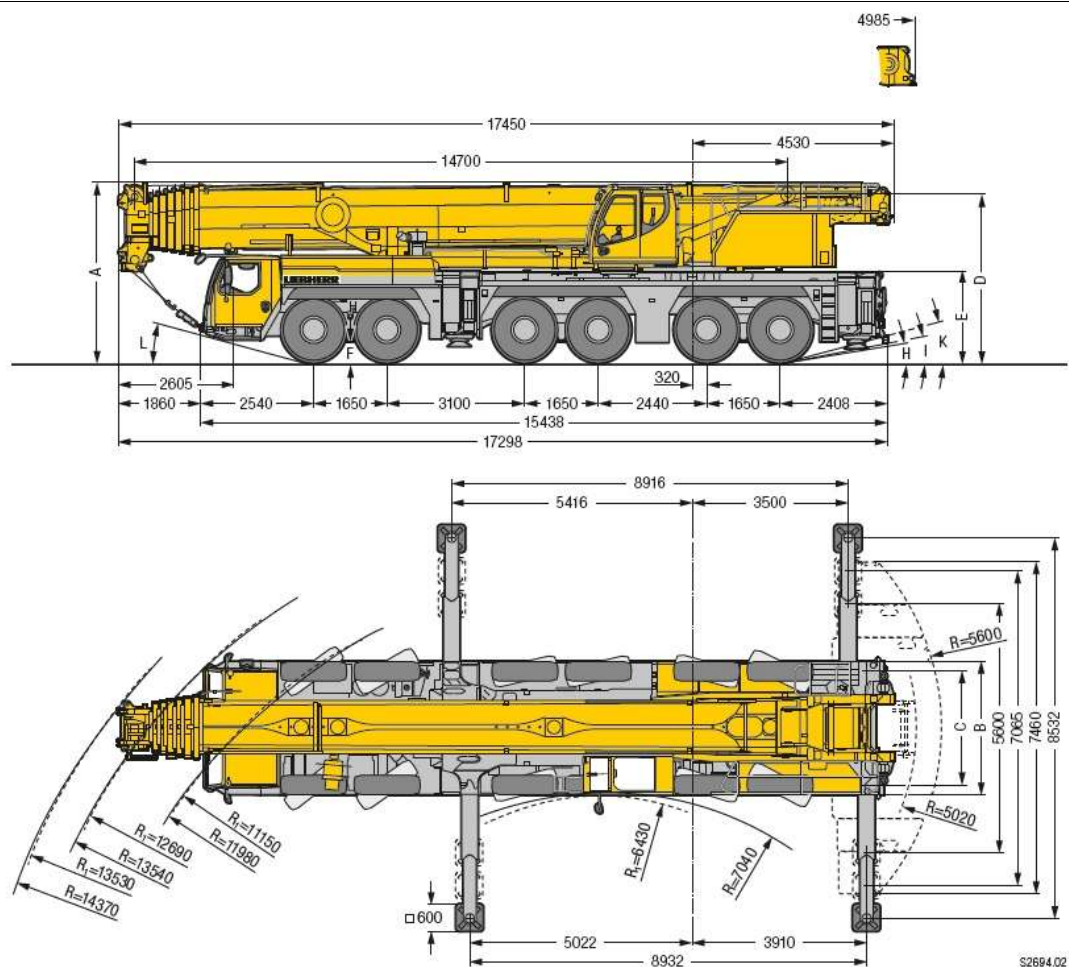


Imagem n.º 38 – dimensões do guindaste de 300 t (Liebherr).

Com isto é possível demonstrar os raios de giro de trabalho e as posições iniciais necessárias para o içamento, sendo considerando que as vigas veem da fábrica e são posicionadas no acostamento da rodovia DF-180 próximas da Ponte e ou são fabricadas no canteiro nesta posição, sendo necessário trabalhar com duas movimentações, a primeira da posição deixada na entrega das vigas, no acostamento da via, posicionando-as mais próximas da Ponte, e a segunda movimentação sendo deste ao içamento até a posição final na estrutura, conforme croqui abaixo.

Cabe lembrar que esta movimentação será repetirá três vezes para cada lado da Ponte sobre o rio Melchior, totalizando seis movimentações e patologens no caso de fabricação no canteiro ou no caso de entrega no acostamento.

Porem há possibilidade de retirar diretamente de cima do caminhão de transporte e içá-la para a posição final sobre a estrutura, assim finalizando o trabalho de com apenas uma movimentação/içamento das vigas.

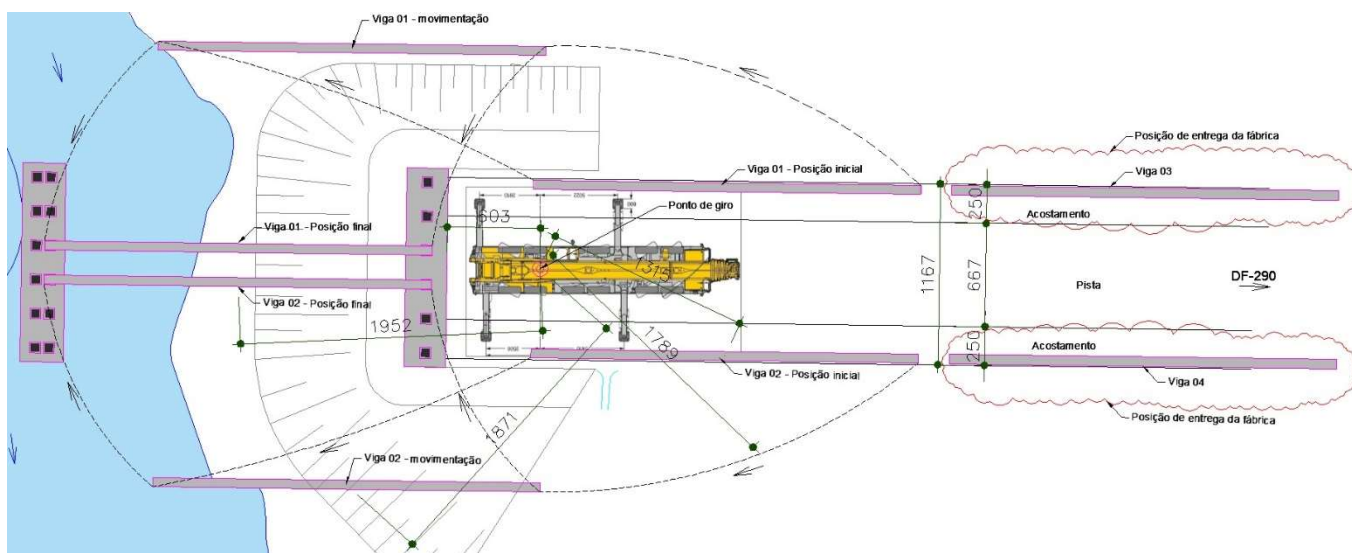


Imagem n.º 39 – posição para movimentação e içamento das vigas pré-moldadas.

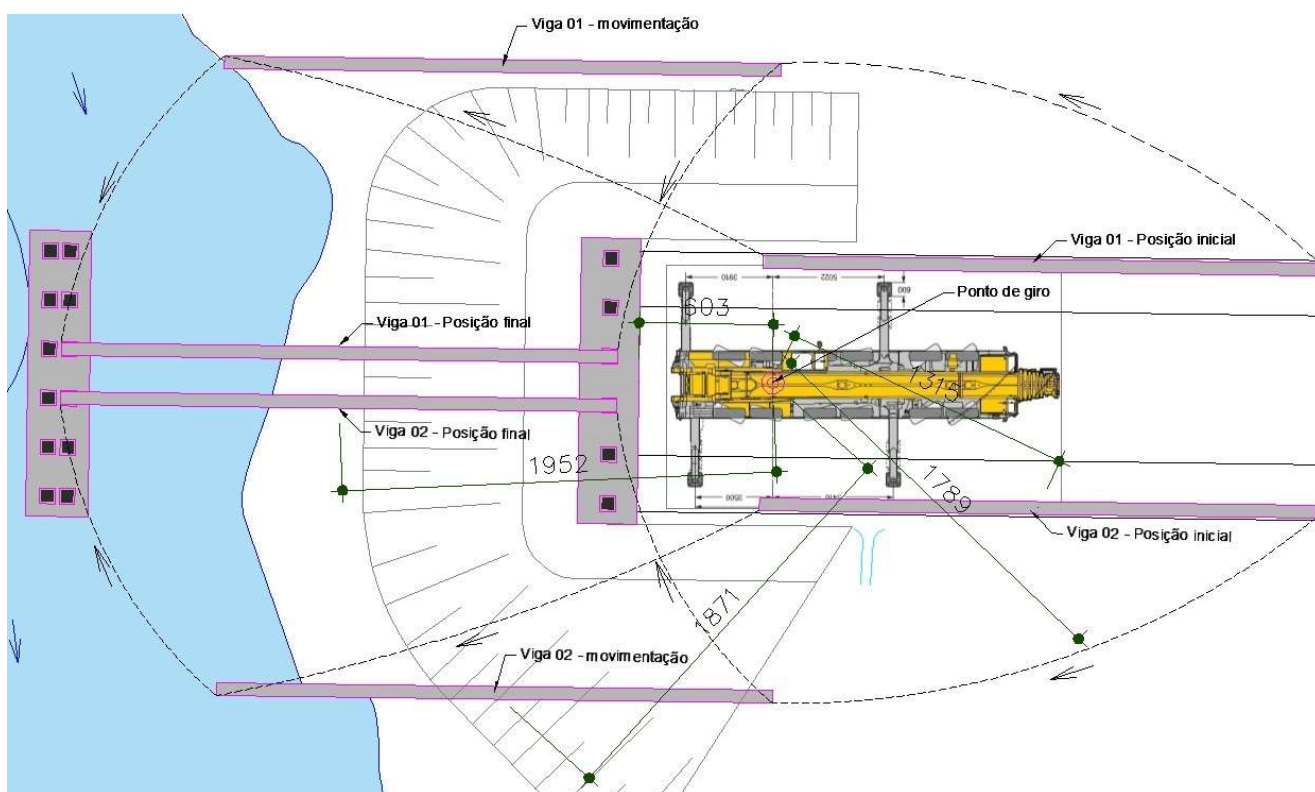


Imagem n.º 40 – içamento das vigas pré-moldadas escala ampliada

Outros modelos de guindaste poderão ser utilizados desde que atendam aos requisitos mínimos de segurança com os raios de trabalho necessários.

O Plano de Riggim será apresentado de forma detalhada no projeto básico, sendo que na oportunidade teremos dados definitivos sobre as dimensões e peso da vigas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando o relatório da concepção estrutural de engenharia a ser adotada para a ponte sobre o Rio Melchior, cabe salientar que as dimensões aqui apresentadas, embora muito próximas das dimensões finais, poderão sofrer alterações visto se tratar da concepção com base na bibliografia especializada e no Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais do DNER, sem levar em consideração os carregamentos atuantes, sendo que estes serão implementados no projeto básico estrutural, onde serão dimensionados de forma definitiva.

Ainda em tempo, segue no ANEXO I o estudo hidrológico elaborado para a OAE Ponte sobre o Rio Melchior.

São Bento do Sul (SC), 19 de setembro de 2023.

Laércio Telles
Engenheiro Civil
Crea/SC 55813-0

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR9452 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento**, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR6118 - Projetos de estruturas de concreto**, 2006.

DNIT - **MANUAL DE INSPEÇÕES DE PONTES RODOVIÁRIAS** – 2004

DNIT - **MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS** – 2010

DNER – **MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS** – 1996.

Thomaz, Eduardo – **Coletânea de fissuras observadas em construções de concreto armado ou de concreto protendido** – (Artigo Técnico) – São Paulo, 2009.

Thomaz, Eduardo – **Concreto Protendido Pontes: Vigas Pré-moldadas** – (Notas de aula), 2001.

Thomaz, Eduardo – **Levantamento de dimensões de pontes pré-moldadas protendidas** – 1975.

Thomaz, Eduardo; Hagenauer, Cristina – **Bielas de concreto e de concreto armado** – Fac. Eng. UERJ – 1985.