

# ***DNIT***

**Instrução de Serviço Ferroviário – ISF**

## **ISF-216: PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

**2015**

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA  
COORDENAÇÃO-GERAL DE OBRAS FERROVIÁRIAS**

**ISF-216: PROJETO DE OBRAS DE ARTE  
ESPECIAIS**

**2015**

**MINISTRO DOS TRANSPORTES**

Antônio Carlos Rodrigues

**DIRETOR GERAL DO DNIT**

Valter Casimiro Silveira

**DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA**

Mário Dirani

**COORDENAÇÃO GERAL DE OBRAS FERROVIÁRIAS**

Marcelo Almeida Pinheiro Chagas

**FISCAL DO CONTRATO 127/2008**

Zilda Maria do Santos Mello

## EQUIPE TÉCNICA

### COORDENAÇÃO GERAL

Wellington de Aquino Sarmiento

### COORDENAÇÃO TÉCNICA

Jailson de Oliveira Santos

### COLABORADORES

Elio Vanderlei

Eliane Marques Gomes Terra

Elmer Barreira Ponte

Gélio Proença Brum Filho

Helder Girão

Makoto Nishimura

Patricia Moraes Mendes

Sílvia Passos Borges

CONSÓRCIO STE/SISCON – Contrato nº 127/2008 DIF/DNIT

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)  
Diretoria de Infraestrutura Ferroviária (DIF).  
Aprovação técnica pelo DNIT - Janeiro de 2012.

**QUADRO DE REVISÕES DO DOCUMENTO**

<b>SEQUENCIAL</b>	<b>DATA</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
R01	agosto 2015	Resultado de consulta pública

## SUMÁRIO

### APRESENTAÇÃO

1 OBJETIVO

2 DEFINIÇÃO

3 FASES DO PROJETO

4 ELABORAÇÃO DO PROJETO

5 APRESENTAÇÃO

1 PRELIMINARES

2 SUPERESTRUTURA

3 MESOESTRUTURA

4 INFRAESTRUTURA

5 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

ÍNDICE

## APRESENTAÇÃO

As Instruções de Serviços Ferroviários (ISFs) têm por objetivo definir e especificar os serviços constantes nos projetos básicos e executivos de engenharia de infraestrutura ferroviária, bem como orientar sua elaboração e padronizar sua apresentação.

Cabem algumas considerações de caráter geral sobre o processo de elaboração, homologação e manutenção das ISFs.

Como documentos normativos que são, essas instruções devem ser objeto de uma atualização quando (1) se identificar algo em seu conteúdo que deva ser aperfeiçoado, (2) quando ocorrer uma importante inovação tecnológica que exija uma atualização nos procedimentos e nas especificações estabelecidas, ou (3) quando as normas que os fundamentaram sofrerem modificações.

Os documentos normativos geralmente cobrem um universo de aplicação bastante amplo, no âmbito do qual podem ocorrer casos específicos com circunstâncias e características distintas, que exigem uma solução diferente daquela apontada na norma. Esses casos, porém, devem se revestir de um tratamento especial, exigindo uma justificativa sólida para o não cumprimento da norma, bem como a aprovação de quem contratou o serviço.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), através da sua Diretoria de Infraestrutura Ferroviária, Coordenação Geral de Obras Ferroviárias tem a satisfação de apresentar esta instrução que compõe o conjunto das ISFs elaboradas pelo Consórcio STE/SISCON, apresentado a seguir:

## Projetos de Engenharia Ferroviária

### INSTRUÇÕES DE SERVIÇOS FERROVIÁRIOS

IDENTIFICAÇÃO	OBJETO
ISF-201	Levantamento Aerofotogramétrico e Perfilamento a Laser para Projetos Básicos de Ferrovias
ISF-202	Levantamento Aerofotogramétrico e Perfilamento a Laser para Projetos Executivos de Ferrovias
ISF-203	Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia
ISF-204	Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia
ISF-205	Estudos de Traçado
ISF-206	Estudos Geológicos
ISF-207	Estudos Geotécnicos
ISF-208	Estudos Hidrológicos
ISF-209	Projeto Geométrico
ISF-210	Projeto de Drenagem
ISF-211	Projeto de Terraplenagem
ISF-212	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Lastro e Sublastro
ISF-213	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Trilhos e Dormentes
ISF-214	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Acessórios
ISF-215	Projeto de Superestrutura da Via Permanente – Aparelhos de Mudança de Via
ISF-216	Projeto de Obras de Arte Especiais
ISF-217	Projeto de Sinalização Ferroviária
ISF-218	Projeto de Pátios Ferroviários
ISF-219	Projeto de Passarela para Pedestres
ISF-220	Projeto de Interferências
ISF-221	Projeto de Passagem em Nível
ISF-222	Componente Ambiental dos Projetos de Engenharia Ferroviária
ISF-223	Projeto de Passagem Inferior
ISF-224	Projeto de Desapropriação
ISF-225	Orçamento da Obra
ISF-226	Plano de Execução da Obra
ISF-227	Estudos Operacionais
ISF-228	Projeto de Vedação da Faixa de Domínio
ISF-229	Projeto de Proteção Vegetal de Taludes
ISF-230	Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas

## ISF-216: PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

### 1 OBJETIVO

Definir e especificar os serviços e os critérios a serem respeitados, desde as soluções a serem adotadas até a elaboração e apresentação propriamente dita de projetos de obras de arte especiais nos projetos de engenharia ferroviária.

A presente instrução de serviço aplica-se à elaboração de projetos de pontes e viadutos, em concreto armado e protendido e, no que couber, para elaboração de pontes e viadutos em estrutura mista de concreto armado e estrutura metálica.

Esta instrução de serviço, também, pode ser aplicada, no que couber, para a elaboração do projeto de reforço estrutural de obras de arte especiais e projetos de revisão em fase de obras de projetos de obras de arte especiais.

### 2 DEFINIÇÃO

Entende-se por obras de arte especiais ferroviárias toda e qualquer estrutura como pontes, viadutos ferroviários, passagens superiores, passagens inferiores e passarelas, projetadas em concreto armado, protendido, metálicas ou em combinação entre estes sistemas construtivos estruturais.

### 3 FASES DO PROJETO

O projeto de obras de arte especiais será desenvolvido em três fases:

- a) Preliminar
- b) Projeto Básico;
- c) Projeto Executivo.

### 4 ELABORAÇÃO DO PROJETO

#### 4.1 Fase Preliminar

Nesta fase serão efetuadas coletas de elementos básicos indispensáveis à elaboração do projeto, devendo seguir o preconizado no Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais e no Manual de Construção de Obras de Arte Especiais, do DNER, onde couber.

##### 4.1.1 Coleta de Elementos Básicos

Estes elementos serão subdivididos em dois tipos principais:

- Informações de caráter local, de natureza tal que indiquem a finalidade da obra, a situação no sistema ferroviário, as condições de acesso, as características regionais e a disponibilidade de materiais e mão de obra, que permitam a definição do local de

implantação da obra de arte, a adoção do tipo estrutural adequado, a implantação segura das fundações e a correta avaliação das ações específicas locais na estrutura;

- Conhecida a finalidade da obra, a providência inicial é a elaboração de um diagnóstico presencial no local da obra de arte especial, com foco nas informações inerentes ao: tipo de solo predominante (existência de areias, argilas, solos moles, lajes contíguas de rochas ou blocos/matacões, etc.), avaliação prévia do gradiente do talvegue, verificação da vegetação ciliar densa ou rala, observação da modelagem do terreno se em várzeas ou vales com ombreiras suaves ou íngremes, investigação visual do nível de mínima e máxima cheias, condições locais de acesso, de mão de obra local, de materiais de construção e de interferências, registro de pontos coordenados com GPS e de material fotográfico.
- Informações do projeto da ferrovia, a serem utilizadas na elaboração do projeto da estrutura, de forma que as características físicas, geométricas e operacionais, e, principalmente, a largura da seção transversal da obra de arte sejam determinadas em conformidade com a via projetada, incorporando os principais elementos do traçado, de modo a não reduzir a capacidade.

#### **4.1.1.1 Informações Locais**

##### **a) Elementos topográficos**

- Perfil longitudinal do terreno ao longo do eixo do traçado, com greide cotado, desenhado em escala de 1:100 ou 1:200, especificando as amarrações ao estaqueamento e RRNN do projeto da ferrovia e localizações, em extensão total que permita a definição da obra e dos aterros de acesso;
- Em caso de transposição de curso d'água, levantamento da seção transversal, com indicação das cotas de fundo a intervalos máximos de 5 m;
- Planta topográfica do trecho em que será implantada a obra, apresentada na escala 1:100 ou 1:200, com curvas de nível de metro a metro, contendo o eixo do traçado, interferências existentes como limites de divisas, linhas de transmissão, e a escondidade em relação ao obstáculo a ser vencido, abrangendo área suficiente para definição da obra e acessos; deverão ser especificadas as amarrações ao estaqueamento e RRNN do projeto da ferrovia, e ainda definidas as suas localizações.

##### **b) Elementos hidrológicos:**

- Indicação das cotas, épocas e durações das ocorrências de máxima cheia e máxima estiagem do curso d'água;
- Memória de cálculo da determinação da seção de vazão necessária à obra de arte especial, com indicação da velocidade máxima das águas no local;
- Indicação da possibilidade de ocorrência de depósitos no leito, margens e erosões no fundo ou nas margens do curso d'água, assim como tendência a divagação do leito do rio e eventual transporte de matérias flutuantes nos períodos de cheia;

- Notícias sobre a possibilidade de ocorrência de águas agressivas, tanto sob o aspecto tóxico como sob o aspecto de ação destrutiva;
- Informações relativas a projetos de barragens planejados a montante.
- Informações relativas aos serviços de regularização, dragagem, retificações ou proteção das margens, em execução e planejados;
- Informações relativas às obras de arte implantadas nas proximidades, tais como tipo da estrutura, extensão da obra, número de vãos, altura de construção, vazão, tipo de fundação, margens e existência ou não de erosão nas fundações, margens e encontros, ou qualquer outro dado de interesse.
- Informações relativas à navegabilidade do rio, tipos de embarcações, gabarito mínimo necessário entre o nível de enchente máxima do rio e o fundo da obra de arte especial.

#### c) Elementos geotécnicos:

- Sondagens de reconhecimento em número e profundidade, tais que permitam a caracterização do subsolo, ao longo do eixo provável da ferrovia, em toda a extensão da futura obra de arte especial, suficientes para a definição da concepção do projeto;
- Plano de sondagem com proposta de locação das fundações, referida ao eixo da ferrovia;
- Perfis e plantas geológicas de cartas oficiais da região, indicando a natureza das rochas e solos, que deverão ser cruzados com interpretações de fotos aéreas ou de satélites e de inspeções de campo, com exame de locais do provável eixo e de obras existentes a montante e a jusante do rio.
- Apresentação de planta com a locação das sondagens;
- Perfis geológicos - geotécnicos: Apresentar Boletim de Sondagem Individual de cada furo, indicando as profundidades (amarradas às RRNN da ferrovia), a classificação das diversas camadas atravessadas, o nível d'água, os índices de resistência à penetração com o respectivo gráfico e o equipamento empregado;
- Sondagens rotativas ou mistas, quando a fundação for em rocha ou em terrenos que apresentem matacões;
- Relatório das sondagens, indicando o equipamento empregado, descrevendo as condições do subsolo explorado e interpretando os resultados obtidos;
- Em caso de terreno cuja estabilidade possa ser ameaçada pela colocação dos aterros de acesso, serão necessários estudos geotécnicos especiais que permitam a demonstração de estabilidade do conjunto solo – aterro – obra de arte.

#### d) Elementos complementares:

- Nomenclatura da ferrovia, trecho, subtrecho e estaca ou quilômetro em que se implantará a obra e nomes dos obstáculos a serem transpostos;

- Descrição dos aspectos locais que interessarão ao projeto, tais como: proximidade de centros urbanos, gabaritos a obedecer, necessidade de passeios para pessoas em serviços e guarda-corpos especiais, drenagem, passagens de tubulações, postes de iluminação, aspectos paisagísticos a considerar e quaisquer outros informes especiais necessários (interferências com concessionárias do serviço público ou particular, questão que possa intervir na relação paisagística e urbana, bens tombados, sítios arqueológicos, etc);
- Meios de acesso à região e ao local da obra;
- Informações sobre a existência de jazidas de materiais que possam ser empregados na execução da obra; discriminando tipos disponíveis, quantidades e custos;
- Informações sobre a possibilidade de aproveitamento de mão-de-obra da região, discriminando tipos, quantidades disponíveis e salários praticados;
- Condições de obtenção de água e definição de sua potabilidade, mediante a apresentação da análise química;
- Informações sobre as possibilidades de apoio da região, tais como: energia, habitações, comunicações, transportes, bancos, moradia e outros.

#### **4.1.1.2 Informações do Projeto da Ferrovia**

- a) Trem-tipo a ser adotado em conformidade com as Normas Técnicas Brasileiras;
- b) Características físicas e geométricas do traçado, seções transversais, apresentadas em planta e perfil;
- c) Características técnicas do projeto, necessárias à fixação das características operacionais e período do projeto;
- d) Normas Técnicas Brasileiras, especificações e normas do DNIT em vigor e/ou especificações complementares existentes.

#### **4.2 Fase de Projeto Básico**

A lei de licitações, nº 8.666/93, define projeto básico no seu art. 6º, inc. IX como "... o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução para fins de licitação".

Os conhecimentos técnicos de engenharia levam à compreensão que o projeto básico precisa ser completo, em todos os detalhes, para que existam os elementos requisitados para elaboração de um orçamento detalhado, como pede o art. 7º. Ainda atendendo ao § 4º, que veda a previsão de quantidades de materiais e serviços que não correspondam às

previsões reais, concluímos que todos os elementos do projeto básico de engenharia de uma obra devem estar perfeitamente definidos antes da licitação.

Portanto, o projeto básico deverá conter os elementos técnicos obrigatórios e necessários, pois é a partir da qualidade dos desenhos, memoriais, especificações, orçamentos e cronogramas, que ocorrerá o sucesso da contratação e posteriormente da execução da obra.

Em função da análise dos elementos topográficos, hidrológicos, geotécnicos e complementares, e das informações do projeto da ferrovia, levantados na fase preliminar, será elaborado o projeto da obra de arte nesta fase, que se constituirá de:

#### **4.2.1 Definição da Concepção do Projeto;**

- a) Estudo de alternativas para a travessia, no que respeita ao local de implantação da obra;
- b) Estudo das Soluções Estruturais Exequíveis, em decorrência do exame do local de implantação, com definição, para cada solução proposta, do comprimento total da obra, número de vãos, características geométricas principais, extensão dos aterros de acesso e fundações devendo observar as ressalvas apresentadas no Anexo nº I – Diretrizes para Elaboração do Projeto;
- c) As passagens inferiores do tipo galeria se constituem em tipo de alternativa de OAE que deverá ser considerada nos estudos das soluções estruturais exequíveis;
- d) Para as obras de arte especiais do tipo bueiro celular, passagem de gado, passagem de gado e de pequenos veículos e passagem de fauna, recomenda-se a elaboração de projetos, admitindo-se a utilização de projetos tipos com base na ISF-223, quando as características geométricas, as alturas de aterros e a capacidade de suporte do solo requeridas para utilização desses projetos tipos forem atendidas. Recomendando-se para os demais casos a necessidade de serem detalhados os projetos estruturais, elaborados em conformidade com a presente Instrução, no que couber;
- e) Pré-dimensionamento das alternativas selecionadas, com estimativas de quantidades, custos e justificativa para cada solução;
- f) Escolha da solução, optando por aquela que melhor atenda aos critérios técnicos, econômicos e administrativos e requisitos operacionais para a ferrovia, considerando, também, os aspectos arquitetônicos e paisagísticos da obra.

#### **4.2.2 Apresentação dos Documentos da Solução Escolhida:**

- a) Memória de cálculo estrutural da solução adotada definindo as principais seções e elementos de relevância na estrutura, constando as verificações de resistência e quantidade aproximada de armadura;
- b) Elaboração de desenhos contendo, no mínimo, os dados relacionados nos seguintes itens:
  - Elementos topográficos

- Mapa de situação da região de influência da obra;
  - Planta e perfil do local de implantação da obra, contendo a estrutura, os acessos, greides, estaqueamento e ocorrências como: vias, rios, lagos, com respectivos gabaritos e cotas;
  - Local da obra, com curvas de nível espaçadas de forma a permitir a perfeita caracterização dos taludes dos cortes e aterros;
  - Interseção da saia de aterro com o terreno natural;
  - Seções transversais pelos apoios, mostrando a implantação das fundações.
- Elementos geotécnicos: perfil longitudinal do terreno, constando os dados das sondagens de reconhecimento para cada apoio; perfil provável do subsolo, indicando a taxa de resistência encontrada no cálculo, tipo e dimensões das fundações com as cargas máximas permitidas (em todos os casos, é importante que exista uma sondagem no exato local de cada fundação e, pelo menos, um número mínimo de quatro furos de sondagem por obra de arte especial);
  - Elementos hidrológicos: nível normal e de máxima enchente, e seção de vazão calculada;
  - Elementos geométricos: declividade transversal e longitudinal, elementos de curvas verticais e horizontais, valor e posição de gabaritos mínimos da passagem superior ou inferior, coordenadas dos eixos dos pilares;
  - Drenagem superficial: esquema de drenagem pluvial sobre o tabuleiro e acessos;
  - Desenhos de estrutura: desenho de forma, com elevações, plantas, cortes longitudinais e transversais, detalhes estruturais, especialmente de encontros, tipos, posicionamento e dimensões dos aparelhos de apoio, detalhes arquitetônicos e locação da obra em planta e perfil, incluindo fundações. Indicar, ainda, no desenho principal, as especificações de materiais, cargas móveis ou eventuais sobrecargas adotadas, incluindo as decorrentes do processo executivo previsto.
  - Quantitativos, orçamento e plano de execução: as quantidades dos serviços a executar e todos os materiais a serem empregados deverão ser discriminados e calculados com base nas definições da especificação correspondente.

### **4.3 Fase de Projeto Executivo**

O projeto executivo, definido no inc. X, do art. 6º da Lei nº 8.666/93 deve ser entendido como aquele que detalha o objeto licitado, sem alterar as soluções e dimensionamentos já definidos no projeto básico. Vale dizer, portanto, que o projeto executivo é o detalhamento e aprimoramento do projeto básico, incluindo os projetos complementares, entre outros que se fizerem necessários à perfeita execução da obra.

O projeto executivo é necessariamente elaborado após o projeto básico, e conforme o §2º do art. 9º, da Lei nº 8.666/93, deve estar em sintonia com este. A lei de licitações admite o desenvolvimento do projeto executivo concomitantemente à execução das obras ou serviços, desde que acompanhada de justificativa, com a devida fundamentação técnica,

sobre a viabilidade da contratação sem o projeto executivo. Além disso, a opção pela não realização do projeto executivo deve ser demonstrada como sendo a melhor escolha para o caso concreto, de modo que fiquem evidentes os deveres de prudência, diligência e compromisso com a melhor utilização dos recursos públicos.

Esta fase, portanto, compreenderá o detalhamento do projeto elaborado na fase anterior, e aprovado, através da determinação e preparação dos seguintes elementos necessários à execução da obra:

- a) Cálculos estruturais;
- b) Desenhos;
- c) Especificações;
- d) Quantitativos;
- e) Orçamento e plano de execução.

### **4.3.1 Cálculos Estruturais**

O memorial de cálculo deverá conter devidamente organizado, separado em capítulos distintos para infra, meso e superestrutura o roteiro de cálculo de todos os elementos estruturais, indicando as normas e bibliografia adotadas, verificação dos estados limites, condições de apoio e ações consideradas, compreendendo:

- a) Descrição minuciosa do sistema estrutural;
- b) Hipóteses gerais de cálculo (no cálculo estrutural das obras de arte especiais ferroviárias para bitola mista deve ser verificada a excentricidade das cargas relativas à bitola métrica);
- c) Cálculo dos esforços solicitantes, devidos às cargas permanentes, móveis, acidentais e outras, para cada elemento estrutural;
- d) Dimensionamento e verificação da resistência de todos os elementos estruturais;
- e) Envoltório e recobrimento;
- f) Verificação das taxas de trabalho de todos os materiais e sua compatibilidade com as especificações;
- g) Demonstração de compatibilidade das fundações com a natureza do solo.

Quando os cálculos estruturais são efetuados com auxílio de computadores, fornecer detalhadamente informações sobre o programa utilizado, as justificativas de sua escolha, todos os dados de entrada e todos os resultados obtidos.

O volume do memorial deverá conter sucinta justificativa da solução adotada. O último capítulo deverá ensejar a relação completa dos desenhos que compõe o projeto estrutural.

### **4.3.2 Desenhos**

Deverão ser apresentados todos os elementos necessários à execução da obra, condizentes com os cálculos.

#### **4.3.2.1 Desenhos de Formas**

Deverão conter as dimensões de todos os elementos estruturais componentes, as cotas necessárias à definição geométrica da obra (elevações, plantas, cortes longitudinais e transversais, detalhes estruturais e arquitetônicos e locação da obra em planta e perfil), classe no que se refere às cargas móveis, a qualidade do concreto, taxas de trabalho do terreno de fundação ou cargas nas estacas, aberturas provisórias para fases de construção e retirada de formas e aberturas definitivas para inspeção rotineira e permanente, bem como a previsão de locais para montagem de macacos, para substituição de aparelhos de apoio. Deverão, ainda, constar dos desenhos de forma, sempre que necessário, as contraflechas, apoios auxiliares para escoramentos e obrigatoriamente as seguintes observações e detalhes:

- a) Estaqueamento/quilometragem de início e fim da obra, bem como dos eixos das fundações;
- b) Quando se tratar de obra com greide em aclave ou declive, indicar as cotas sobre os apoios e a inclinação do greide da superestrutura;
- c) Níveis d'água, se possível, mínimo, médio e máximo;
- d) Indicação do tipo de proteção dos taludes com relação aos efeitos da correnteza e da máxima cheia;
- e) Locação dos furos de sondagem “em planta” e transcrição sucinta “em perfil” do diagrama de penetrações do amostrador SPT.

#### **4.3.2.2 Desenhos de Armação**

Deverão indicar o tipo de aço, disposição relativa às peças na estrutura e dimensões das barras, quantidades, bitolas, número das posições e espaçamento das barras ou cabos, tipos e detalhes de emendas ou ligações a serem executados, ganchos e raios da curvatura adotada nas barras dobradas, cobrimentos, bem como, prever espaços para lançamento do concreto e utilização de vibradores.

Cada folha deverá conter uma lista geral das armaduras de todos os elementos estruturais apresentados; dessa lista devem constar os comprimentos unitários e totais de cada posição, os pesos totais das diversas bitolas e o peso de toda a armadura representada no desenho.

#### **4.3.2.3 Desenhos de Execução**

Deverão indicar a sistemática construtiva prevista, planos de concretagem, juntas obrigatórias e optativas, planos e tabelas de protensão, desenhos de escoramento convenientemente dimensionados de acordo com o plano de concretagem proposto,

indicando sequência de execução e descimbramento, bem como as deformações previstas.

Deverão também ser apresentados desenhos de cimbramentos especiais, tais como vigas articuladas; "leques", arcos e outras estruturas que permitam o escoramento de grandes vãos.

Os acabamentos – via permanente, dispositivos de drenagem, guarda-corpo, iluminação e sinalização e as providências especiais na execução dos aterros de acesso - também deverão ser representados.

### **4.3.3 Especificações e Quantitativos**

Todos os serviços executados deverão possuir sua especificação correspondente, no que couber, constante nas Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DNIT.

No caso de não existir especificação geral para o serviço, deverá ser apresentada uma especificação complementar, nos moldes das Especificações Gerais.

Em casos excepcionais, para determinado tipo de serviço, incluir Especificação Particular, apresentada nos mesmos moldes das Especificações Gerais e devidamente justificada.

As quantidades dos serviços a executar e todos os materiais a serem empregados deverão ser discriminados, pormenorizadamente, e calculados com base nas definições da especificação correspondente.

### **4.3.4 Orçamento e Plano de Execução**

Na elaboração do orçamento serão definidos e discriminados todos os serviços a serem executados, as quantidades e os custos correspondentes, determinados de acordo com a metodologia do DNIT, e respeitados os dispositivos das especificações.

O plano de execução da obra será definido através de texto explicativo e elaboração dos seguintes documentos:

- a) Cronograma físico, com prazos e datas favoráveis para início dos serviços;
- b) Relação do equipamento mínimo previsto para a execução dos serviços;
- c) Cronograma de utilização dos equipamentos;
- d) Relação do pessoal técnico necessário para a execução dos serviços;
- e) *Layout* do canteiro de obras, posicionando as instalações, jazidas, fontes de materiais e acessos, com respectivas dimensões.

## **4.4 Revisões de Projeto Executivo**

Considerando o §1º do art. 7º, da Lei nº 8.666/93, temos que: “A execução de cada etapa será obrigatoriamente precedida da conclusão e aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores, à execução do projeto executivo, o qual

poderá ser desenvolvido concomitantemente com a execução das obras e serviços, desde que também autorizados pela Administração”. Diante do exposto, pode-se concluir que é admitido o desenvolvimento do projeto executivo concomitantemente com a execução das obras/serviços, as quais podem ser contratadas conforme o projeto básico.

Levando em consideração que pode ocorrer imperiosa necessidade de uma melhor adequação técnica advinda de circunstâncias desconhecidas acerca da execução ou a constatação de que a solução técnica anteriormente adotada não seria mais adequada, chega-se à conclusão que os projetos poderão estar suscetíveis à alteração. Contudo, a constatação de inadequação da concepção original deverá conter justificativas para modificações técnicas do projeto original, devendo estar baseada em dados suficientes através de análise crítica e técnica que justifique a alteração apresentada.

Nestas circunstâncias, os projetos de obras executados dentro dos critérios estabelecidos em normas, eventualmente necessitam ser revisados durante os serviços, visando à plena execução dos objetos contratuais.

## **5 APRESENTAÇÃO**

### **5.1 Fase Preliminar**

A apresentação dos trabalhos nesta fase será feita através do relatório preliminar do projeto de engenharia a que corresponde e compreenderá o seguinte volume:

<b>RELATÓRIO</b>			
<b>VOLUME</b>	<b>ESPÉCIE</b>	<b>MATÉRIAS</b>	<b>FORMATO</b>
1	Relatório dos Estudos Preliminares	– Texto informativo do projeto.	A4
		– Desenhos e plantas relativos aos elementos topográficos, hidrológicos, geotécnicos e do projeto da ferrovia, levantados na fase preliminar.	A3

### **5.2 Fase de Projeto Básico**

Nesta fase a apresentação do projeto dar-se-á através do relatório do projeto de engenharia a que corresponde, constituído de texto explicativo e desenhos das soluções propostas, conforme discriminado a seguir:

RELATÓRIO			
VOLUME	ÉSPECIE	PRODUTOS	FORMATO
1	Relatório do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Memorial descritivo e justificativo da solução estrutural adotada;</li> <li>– Relação e cópia da ART dos profissionais que desenvolveram cada um dos itens constituintes do projeto;</li> <li>– Descrição das premissas para o cálculo do custo de mobilização e desmobilização;</li> <li>– Descrição dos critérios adotados para o projeto do canteiro de obras e acampamentos;</li> <li>– Declaração de responsabilidade de que os quantitativos foram calculados e verificados pela projetista e que ela assume total responsabilidade pelos quantitativos apresentados, elaborada de acordo com o modelo apresentado no Anexo II;</li> <li>– Estudo relativo à interferência da pluviosidade no andamento das obras.</li> </ul>	A4
2	Projeto de Execução	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desenhos e plantas relativas ao projeto;</li> <li>– Projeto do canteiro de obras e acampamentos (observando as prescrições da NBR 6492 e, onde couberem, as contidas na NBR 12721 e NBR 12722);</li> </ul>	A1, dobrado em formato em A3
3	Memória Justificativa do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estudo das Soluções Estruturais Exequíveis</li> <li>– Memorial descritivo e justificativo do projeto elaborado</li> <li>– Memorial de cálculo dos custos de mobilização e desmobilização;</li> <li>– Memorial de cálculo dos quantitativos de itens de serviços.</li> <li>– Estudos geotécnicos.</li> </ul>	A4
4	Orçamento das Obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Relação dos serviços a executar;</li> <li>– Custo de cada serviço;</li> <li>– Cronograma físico;</li> <li>– Relação de equipamentos mínimos;</li> <li>– <i>Layout</i> do canteiro de obras, acessos, instalações, jazidas e fonte de materiais.</li> </ul>	A4

### 5.3 Fase de Projeto Executivo

Nesta fase o projeto será apresentado no relatório do projeto de engenharia a que corresponde, compreendendo os seguintes volumes:

RELATÓRIO			
VOLUME	TÍTULO	FORMATO	
		MINUTA	IMPRESSÃO DEFINITIVA
1	<p>Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Texto informativo do projeto, resumo dos estudos, especificações, quantitativos e todos os elementos necessários à licitação da obra. Conterá elementos topográficos, hidrológicos e geotécnicos;</li> <li>– Relação e cópia da ART dos profissionais que desenvolveram cada um dos itens constituintes do projeto;</li> <li>– Descrição das premissas para o cálculo do custo de mobilização e desmobilização;</li> <li>– Descrição dos critérios adotados para o projeto do canteiro de obras e acampamentos;</li> <li>– Declaração de responsabilidade de que os quantitativos foram calculados e verificados pela projetista e que ela assume total responsabilidade pelos quantitativos apresentados, elaborada de acordo com o modelo apresentado no Anexo II;</li> <li>– Estudo relativo à interferência da pluviosidade no andamento das obras.</li> </ul>	A4	A4
2	<p>Projeto de Execução</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Desenhos, plantas, perfis e seções transversais e típicas, para fins de visualização e esclarecimento, da solução estrutural das obras de arte especiais, contendo detalhamento das fundações, infra e mesoestrutura, superestrutura, encontros, cimbramento, formas, armação, elementos geométricos, elementos de segurança, drenagem e iluminação;</li> <li>– Projeto do canteiro de obras e acampamentos (observando as prescrições da NBR 6492 e, onde couber, as contidas na NBR 12721 e NBR 12722).</li> </ul>	A1, dobrado em formato A3	A3
3	<p>Memória Justificativa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Memorial do projeto elaborado;</li> <li>– Memorial de cálculo dos custos de mobilização e desmobilização;</li> <li>– Memorial de cálculo dos quantitativos de itens de serviços.</li> </ul>	A4	A4
3A	Estudos Geotécnicos	A4	A4
3B	Memória de Cálculo das Estruturas	A4	A4

RELATÓRIO			
VOLUME	TÍTULO	FORMATO	
		MINUTA	IMPRESSÃO DEFINITIVA
4	Orçamento e Plano de Execução das Obras – Quadro de quantidade de materiais, serviços e equipamentos e respectivas especificações, por obra; – Relação de equipamentos mínimos; – Cronograma de utilização dos equipamentos; – Custos unitários dos serviços; – Cronograma físico - financeiro; – <i>Layout</i> do canteiro de obras, acessos, instalações, jazidas e fonte de materiais; – Plano de Execução.	A4	A4

Cumpra-se observar que o projeto deve ser apresentado em versão impressa e digital. A versão digital dos desenhos deve ser compatível com *software* CAD.

## **ANEXO Nº I: DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO**

### **1 PRELIMINARES**

- É desejável que os projetos de OAE sejam iniciados em concomitância com os lançamentos de greide do projeto geométrico, possibilitando interação entre seus projetistas, para elaboração devidamente antecipada do plano de sondagens a ser submetido previamente aos órgãos responsáveis. É fundamental que seja o mesmo elaborado de acordo com o conteúdo dos estudos geológicos.
- As cotas dos encontros e do eixo do tabuleiro deverão coincidir com as cotas do eixo do sublastro acabado, de modo a permitir perfeita continuidade do greide do sublastro da ferrovia.
- Os gabaritos dos viadutos ferroviários que passam sobre as rodovias devem atender aos gabaritos preconizados pelo DNIT, tanto para as rodovias federais como para as estaduais e municipais.
- A altura mínima de livre passagem da ferrovia sob os viadutos rodoviários será de 6,75 metros, medida a partir do boleto do trilho até a face inferior da superestrutura da OAE. A largura mínima para gabarito de obstáculos adjacentes será de 2,80 metros, medida a partir do eixo da ferrovia para cada lado.
- Em todas as soluções descritas, deve ser previstos dispositivos adequados para proteção dos aterros de acesso, das juntas estruturais e dos aparelhos de apoio.
- Para gabaritos de túneis ferroviários deverá ser consultada a norma da ABNT NBR 12915:2010.

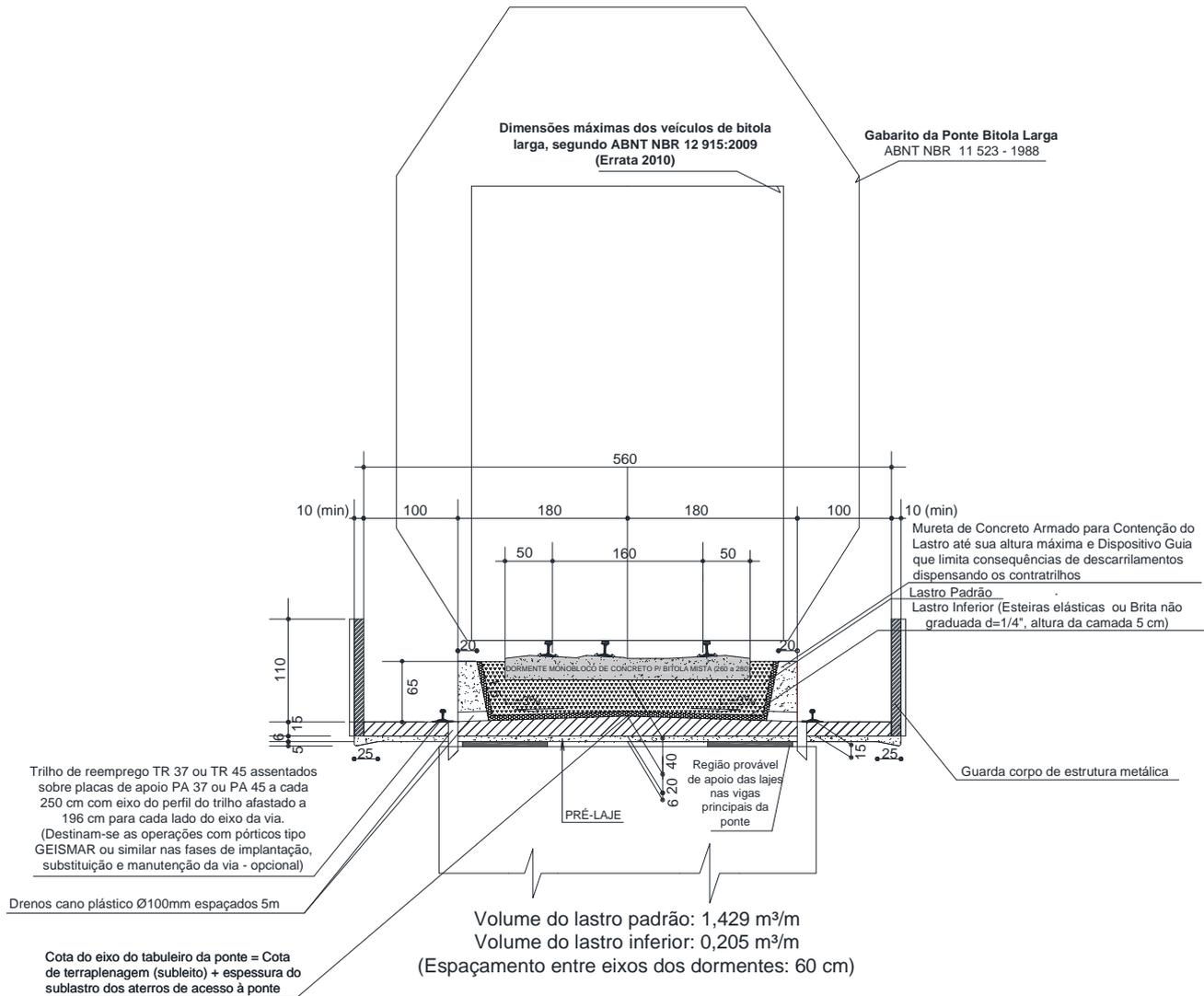
### **2 SUPERESTRUTURA**

#### **2.1 Modulação**

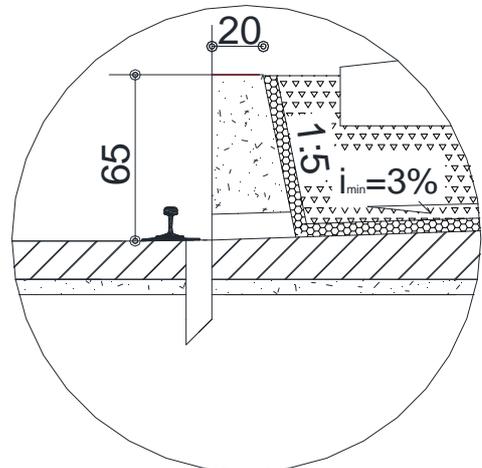
- a) Para determinação da modulação dos vãos, devem ser apresentados estudos comparativos entre as várias soluções possíveis, onde a solução adotada deverá ser plenamente justificada e comprovada, visando à viabilidade técnica, a estética, o menor custo e a operacionalidade.
- b) A solução deverá prever, em princípio, vãos ferroviários de 20, 25 ou 30 m de extensão.
- c) No caso de travessias cuja conformação natural do terreno imponha a adoção de vão de maior porte, face ao impedimento ou dificuldade da execução de cimbramento, este deverá ser estudado convenientemente.
- d) Para o mesmo lote de obras de arte especiais devem ser obedecidas as características geométricas semelhantes.
- e) As pontes poderão ser isostáticas com vãos pré-moldados ou hiperestáticos com vãos moldados "in loco". Para pontes altas, poderá ser adotada a solução hiperestática com esforços horizontais concentrados nos encontros.

- f) É recomendável para um determinado lote de obras, ou dentro da mesma obra, o projeto adotar módulos iguais de superestrutura, correspondente a "n" vezes os vãos tipos, de forma a melhorar ainda mais as condições de padronização da execução de obras.
- g) As obras de arte especiais ferroviárias de vias singelas e duplas, de comprimentos iguais ou maiores que 20 m, poderão ter a conformação transversal dos tabuleiros, de conformidade com as figuras a seguir apresentadas de 1 a 4, ou outra conformação, devidamente definida no Termo de Referência do Projeto.

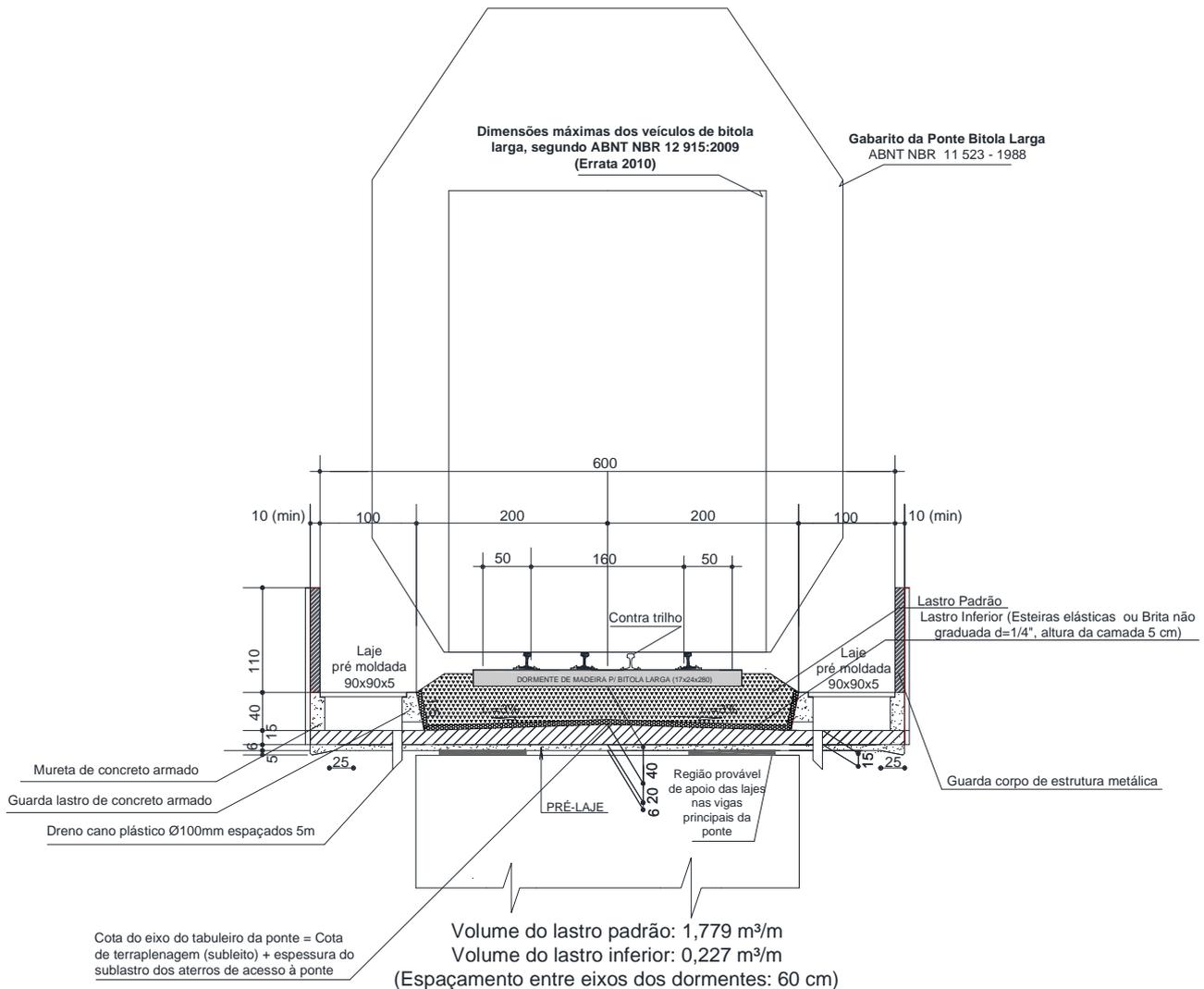
**Figura 1 – Gabarito de ponte em tangente, linha singela – bitola mista (configuração da superestrutura da OAE e da via permanente com dormentes monoblocos ou biblocos de concreto armado ou protendido em linhas novas para trens tipo até TB 360)**



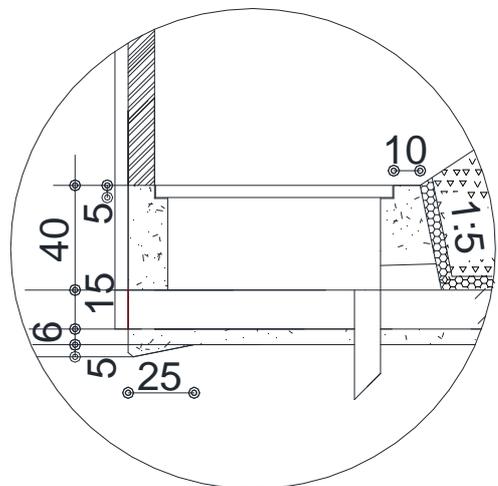
- Os passeios permitem a implantação de dutos autorizados de produtos não perigosos. Não é permitido em nenhuma hipótese passagens de pedestres. Destinam-se a transito de pessoas das equipes de manutenção e manuseio de maquinas leves, ferramentas e materiais. A adoção de passeios dispensa o uso de refúgios, estes últimos só justificados em pontes sem tabuleiros ou de tabuleiros estreitos e restritos a larguras mínimas da via permanente. Nestes casos serão observadas normas especificas de suas utilizações pelas empresas operadoras.
- A configuração proposta para linhas novas em dormentes de concreto monoblocos ou biblocos dispensa o uso de contratrilhos.
- A inclinação do tabuleiro sob a via em contato com o lastro inferior deve ser providenciada no lançamento do concreto estrutural, não se permitindo complementação com argamassa corretiva. Já nos passeios o projetista deve sugerir inclinações direcionadas aos drenos, tanto através de variações de cotas, como através de argamassas corretivas para consecução das declividades necessárias.
- É obrigatória a verificação da excentricidade dos eixos das bitolas e suas consequências, levando em conta também as cargas por eixo dos trens tipo previstas para cada bitola.
- Para as pontes locadas em curvas horizontais proceder com os acréscimos de medidas laterais e verticais de acordo com a ABNT NBR 12915:2009 (Errata 2010) - vide itens 10, 11, 14, 15, 16 e 17.



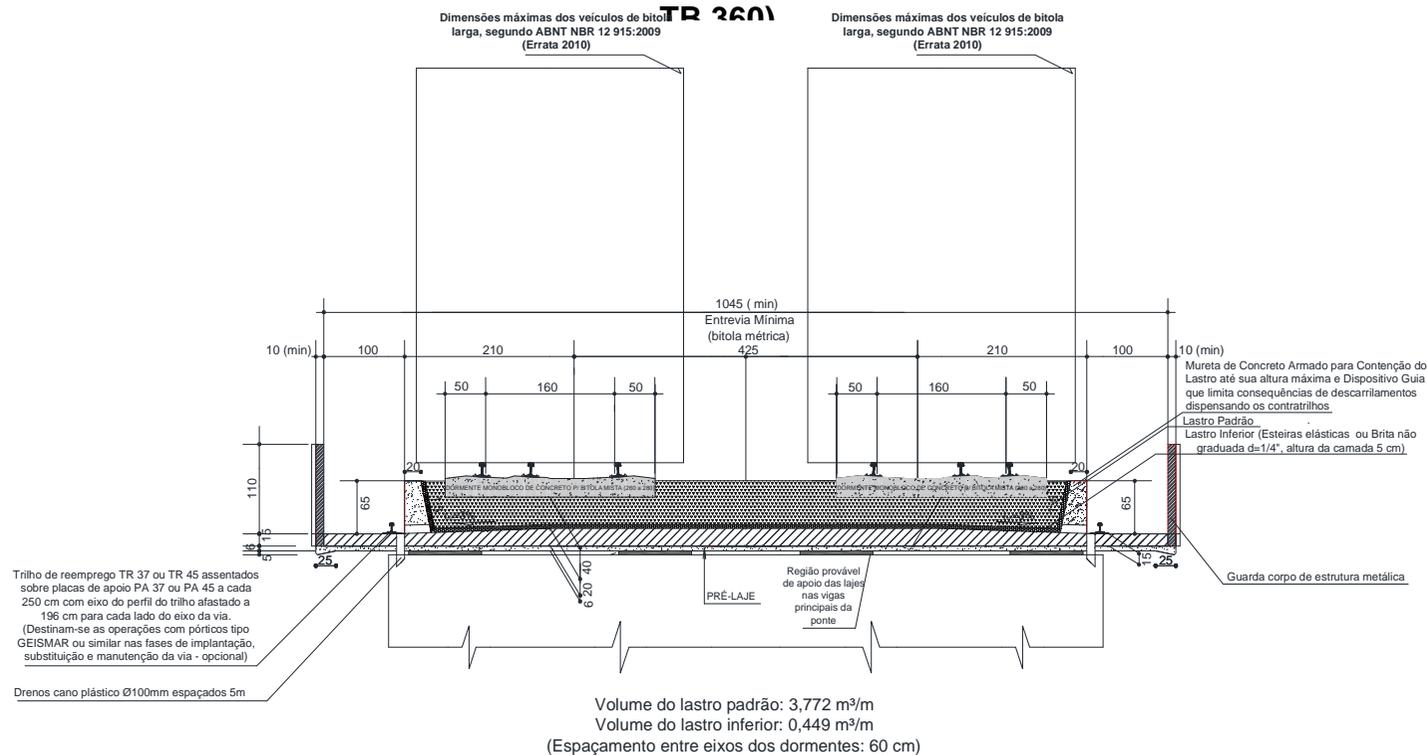
**Figura 2 – Gabarito de ponte em tangente, linha singela – bitola mista (configuração da superestrutura da OAE e da via permanente com dormentes de madeira em linhas novas ou em usos para trens tipo até TB-360)**



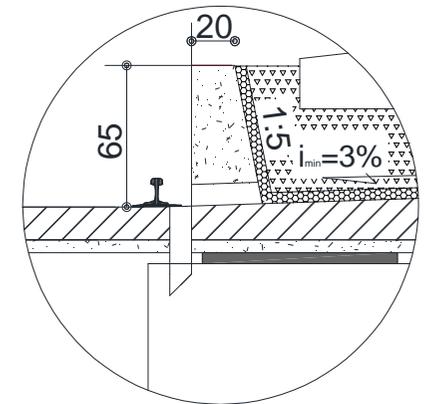
- Os passeios permitem a implantação de dutos autorizados de produtos não perigosos. Não é permitido em nenhuma hipótese passagens de pedestres. Destinam-se a transito de pessoas das equipes de manutenção e manuseio de maquinas leves, ferramentas e materiais. A adoção de passeios dispensa o uso de refúgios, estes últimos só justificados em pontes sem tabuleiros ou de tabuleiros estreitos e restritos a larguras mínimas da via permanente. Nestes casos serão observadas normas especificas de suas utilizações pelas empresas operadoras.
- A configuração proposta para linhas em ponte e viadutos com dormente de madeira não dispensa o uso de contratrilhos, para raios de curva menores do que 500 metros.
- A inclinação do tabuleiro sob a via em contato com o lastro inferior deve ser providenciada no lançamento do concreto estrutural, não se permitindo complementação com argamassa corretiva. Já nos passeios o projetista deve sugerir inclinações direcionadas aos drenos, tanto através de variações de cotas, como através de argamassas corretivas para consecução das declividades necessárias.
- É obrigatória a verificação da excentricidade dos eixos das bitolas e suas consequências, levando em conta também as cargas por eixo dos trens tipo previstas para cada bitola.
- Para as pontes locadas em curvas horizontais proceder com os acréscimos de medidas laterais e verticais de acordo com a ABNT NBR 12915:2009 (Errata 2010) - vide itens 10, 11, 14, 15, 16 e 17.



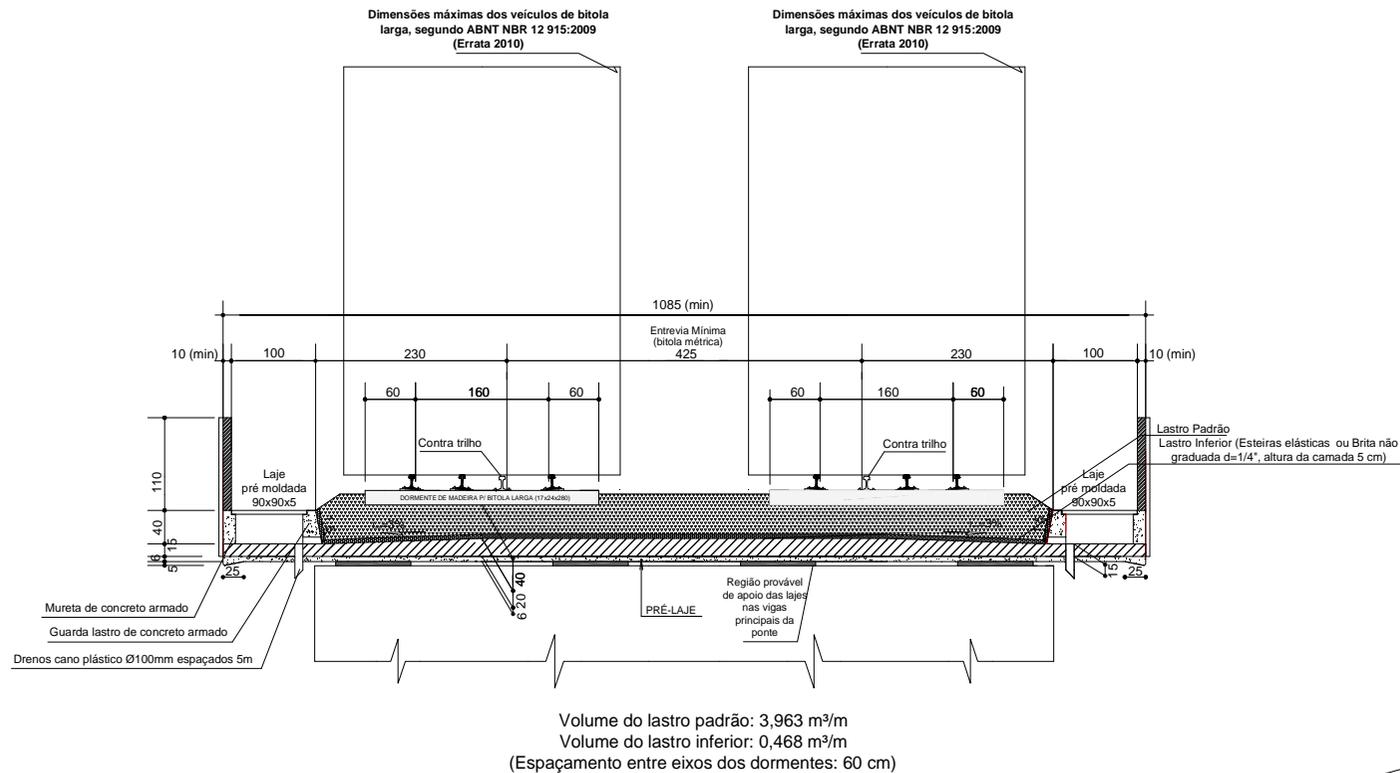
**Figura 3 – Gabarito de ponte em tangente, linha dupla – bitola mista (configuração da superestrutura da OAE e da via permanente com dormentes monoblocos ou biblocos de concreto armado ou protendido em linhas novas para trens tipo até**



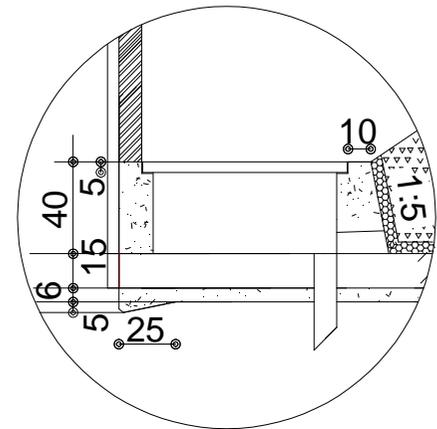
- Os passeios permitem a implantação de dutos autorizados de produtos não perigosos. Não é permitido em nenhuma hipótese passagens de pedestres. Destinam-se a transito de pessoas das equipes de manutenção e manuseio de maquinas leves, ferramentas e materiais. A adoção de passeios dispensa o uso de refúgios, estes últimos só justificados em pontes sem tabuleiros ou de tabuleiros estreitos e restritos a larguras mínimas da via permanente. Nestes casos serão observadas normas especificas de suas utilizações pelas empresas operadoras.
- A configuração proposta para linhas novas em dormentes de concreto biblocos ou monoblocos dispensa o uso de contratrilhos.
- A inclinação do tabuleiro sob a via em contato com o lastro inferior deve ser providenciada no lançamento do concreto estrutural, não se permitindo complementação com argamassa corretiva. Já nos passeios o projetista deve sugerir inclinações direcionadas aos drenos, tanto através de variações de cotas, como através de argamassas corretivas para consecução das declividades necessárias.
- É obrigatória a verificação da excentricidade dos eixos das bitolas e suas consequências, levando em conta também as cargas por eixo dos trens tipo previstas para cada bitola.
- Para as pontes locadas em curvas horizontais proceder com os acréscimos de medidas laterais e verticais de acordo com a ABNT NBR 12915:2009 (Errata 2010) - vide itens 10, 11, 14, 15, 16 e 17.



**Figura 4 - Gabarito de ponte em tangente, linha dupla – bitola mista (configuração da superestrutura da OAE e da via permanente com dormentes de madeira em linhas novas ou em usos para trens tipo até TB 360)**



- Os passeios permitem a implantação de dutos autorizados de produtos não perigosos. Não é permitido em nenhuma hipótese passagens de pedestres. Destinam-se a transito de pessoas das equipes de manutenção e manuseio de maquinas leves, ferramentas e materiais. A adoção de passeios dispensa o uso de refúgios, estes últimos só justificados em pontes sem tabuleiros ou de tabuleiros estreitos e restritos a larguras mínimas da via permanente. Nestes casos serão observadas normas específicas de suas utilizações pelas empresas operadoras.
- A configuração proposta para linhas em ponte e viadutos com dormente de madeira não dispensa o uso de contratrilhos, para raios de curva menores do que 500 metros.
- A inclinação do tabuleiro sob a via em contato com o lastro inferior deve ser providenciada no lançamento do concreto estrutural, não se permitindo complementação com argamassa corretiva. Já nos passeios o projetista deve sugerir inclinações direcionadas aos drenos, tanto através de variações de cotas, como através de argamassas corretivas para consecução das declividades necessárias.
- É obrigatória a verificação da excentricidade dos eixos das bitolas e suas consequências, levando em conta também as cargas por eixo dos trens tipo previstas para cada bitola.
- Para as pontes locadas em curvas horizontais proceder com os acréscimos de medidas laterais e verticais de acordo com a ABNT NBR 12915:2009 (Errata 2010) - vide itens 10, 11, 14, 15, 16 e 17.



## 2.2 Refúgios

Os refúgios dos tabuleiros devem ter dimensões mínimas de 0,45m x 1,00m, espaçados regularmente de 10 m em 10 m, com guarda corpo, e não devem ser posicionados sobre as juntas de dilatação. Podem ser dispensados, desde que não contrariem normas específicas de segurança das concessionárias do sistema de transporte.

## 2.3 Laje de Transição

- As placas de transição para encontros de obras de arte são obrigatórias nos casos de encontros leves em viadutos ferroviários, nos encontros em caixão do tipo leve e/ou aporticado e caixa de brita. Em encontros em caixão do tipo tradicional, com contenção lateral plena, ficará a cargo do projetista seu uso ou não, mediante justificativa técnica.
- As placas de transição devem se apoiar inteiramente nos aterros de acesso e possuírem 3,0 m de comprimento mínimo e espessura mínima de 30 cm, ligadas ao encontro por meio de articulação de concreto, sem armadura passante.
- A porção de aterro sob a laje de transição deverá ser construído com o mesmo grau de compactação que o restante aterro de acesso. Entretanto, na falta de laje de transição o material de aterro de acesso e o grau de compactação, nas proximidades do encontro (cerca de 10,00 m a 20,0 m), deverá ser devidamente estudado de modo a evitar erosão e recalque.

## 2.4 Alas

- As alas deverão ser projetadas de modo que fiquem mergulhadas pelo menos 50 cm no terrapleno projetado, sua espessura não deverá ser inferior a 25 cm e, de preferência, deverá confinar toda a laje de transição.

## 2.5 Juntas de Dilatação

- As juntas de dilatação nas obras de arte especiais são dispositivos deformáveis que permitem movimentos relativos entre duas partes da estrutura. Sendo as juntas sujeitas a desgastes, principalmente as de padrão JENNE, deverão ser previsto obrigatoriamente o uso de chapas metálicas de alta resistência à corrosão de 5 mm de espessura, presas por pinos de fixação. As chapas devem possuir 20 cm de largura e são dobradas nas extremidades cerca de 25 cm. Para fixação das mesmas ao tabuleiro são soldados pinos de 12,5 cm de espessura com 7,5 cm de comprimento, afastados entre si cerca de 30 cm.

## 2.6 Guarda-Corpo

- O guarda-corpo deve ser metálico e deve ser devidamente detalhado no projeto.
- O guarda-corpo deverá ter altura variando entre 90 e 110 cm.
- O guarda-corpo deverá ser dimensionado e verificado para cargas horizontais de 0,80 kN/m na altura do corrimão, de acordo com a Norma NBR-6120.

## 2.7 Declividade Transversal

- Para o tabuleiro observar declividade mínima de 2%.
- A declividade transversal deverá ser prevista na própria concretagem, nunca por enchimento.

## 2.8 Impermeabilização

- A fim de garantir a durabilidade e funcionalidade da obra de arte especial é importante ser verificada a necessidade de aplicação de uma camada de impermeabilização de, no mínimo 3 cm, acima do tabuleiro, com o objetivo de protegê-lo de inúmeros problemas patológicos que poderão surgir com a infiltração de água, integrada ao oxigênio e outros componentes agressivos da atmosfera.
- A carga permanente devido à camada de impermeabilização deverá ser considerada no cálculo estrutural, em conformidade com a espessura prevista.

## 2.9 Drenagem

- Deverá ser apresentado o esquema de drenagem pluvial, localizando-se adequadamente os elementos de captação das águas pluviais sobre o tabuleiro. Esses elementos, com maior capacidade de captação deverão situar-se na faixa próxima do guarda-lastro, passeios e refúgios.
- Quando houver possibilidade de descarga direta, em obras sobre cursos d'água ou terreno natural protegido contra erosão, a captação será efetuada através de buzinetes com diâmetro e espaçamento estabelecidos em função da área de contribuição. Sendo que o diâmetro mínimo de 100 mm, espaçados de 5 metros, é uma solução conservadora que dispensa verificação.
- Quando a obra de arte especial for drenada por buzinetes, a captação sobre a região de aterro de encontro deverá ser lançada fora dos limites da obra de arte especial, a fim de evitar a conseqüente erosão.
- Em obra de arte especial sobre vias rodoviárias e ferroviárias drenada por buzinetes, deverá ser evitada a disposição dos mesmos sobre as vias de rolamentos e acostamentos e sobre as vias permanentes.
- Noutros casos, como nas obras urbanas ou sobre outras vias rodoviárias ou ferroviárias, a solução de drenagem será composta por elementos de grande capacidade de engolimento e prumadas semi-verticais. Os elementos de captação, isto é, caixas com grelhas, deverão ser dispostas próximos dos pilares, para facilidade de fixação ou da instalação embutida da prumada semi-vertical.
- Os elementos de captação deverão ser providos de ralos de aço inoxidável, visando evitar a fuga de brita e garantir maior durabilidade.
- Sempre que houver possibilidade de acúmulo de água em partes internas da estrutura deverão ser deixados buzinetes de diâmetro mínimo de 75 mm, nos pontos baixos de cada bacia de captação.

- Nos casos de obras com vigas ou pilares de seção celular, devem ser previstos, em cada um dos diversos compartimentos, drenos para o caso de eventual infiltração de águas pluviais, devendo sua locação e o detalhamento constar, obrigatoriamente, nos projetos.

## 2.10 Pingadeiras

- Pingadeiras devem ser dispostas nas extremidades dos tabuleiros, como elementos de drenagem essenciais à manutenção, ao bom aspecto e durabilidade da obra de arte especial.

## 2.11 Aberturas de Construção e de Inspeção da Obra

- O projeto será desenvolvido e detalhado de forma a garantir o acesso a todos os pontos da estrutura, para inspeção e manutenção, em especial nas estruturas em caixão, articulações do tipo Gerber, aparelhos de apoio e pilares vazados.
- As aberturas destinadas a esse fim devem localizar-se em regiões de pequenas solicitações, devem ser consideradas no cálculo e convenientemente armadas.
- Na superestrutura as aberturas podem ser localizadas nas lajes superiores e inferiores e nas transversinas. As aberturas de inspeção nas lajes superiores devem ser evitadas.
- As aberturas das lajes devem ter 70 cm x 70 cm e as das transversinas 110 cm na horizontal e 70 cm na vertical. As aberturas de inspeção definitivas devem ser dotadas de tampas metálicas ou de concreto, bem como detalhadas no projeto.

## 3 MESOESTRUTURA

A mesoestrutura é constituída pelos elementos: Aparelhos de Apoio, Pilares e Encontros.

### 3.1 Aparelhos de Apoio

- De modo geral são usados aparelhos de apoio de elastômero fretado com chapas de aço, entretanto em casos especiais, quando devidamente justificado, podem ser usados aparelhos de apoio do tipo cernoflon ou metálicos.
- As chapas dos aparelhos de apoio de neoprene deverão ser dimensionadas e possuir chapas de aço de 3 mm de espessura mínima e prever um envolvimento de elastômero de 3 mm em todas as suas faces.
- O assentamento dos aparelhos de apoio dar-se-á sobre uma camada de grout de 2 cm de altura, com o objetivo de nivelar a colocação do aparelho e evitar acúmulos de água ou detritos junto ao mesmo.
- O projeto dos aparelhos de apoio de neoprene fretado exige verificações do tipo: verificação da ligação aço x elastômero, verificação do escorregamento, verificação do bordo menos comprimido, verificação da estabilidade e verificação das espessuras de aço.

- Nas estruturas com vigas pré-moldadas que utilizam placas de ancoragem, o apoio em placas de neoprene far-se-á, ou inteiramente na placa de ancoragem ou inteiramente na viga pré-moldada, mas nunca parcialmente e simultaneamente nestes dois elementos estruturais.
- A distância mínima entre faces de aparelho de apoio e as faces de pilares ou vigas não deve ser inferior a 10 cm. As armaduras de cantos, de pilares e vigas, devem ser detalhadas de maneira a garantir a integridade do projeto.

### **3.2 Pilares**

- Para as obras com superestrutura isostática e pilares curtos e de porte médio, adotar seção transversal retangular maciça, até o limite de sua vantagem econômica e construtiva, ou então, após verificação, adotar seção transversal retangular vazada constante.
- Quando, excepcionalmente, houver necessidade de variação de seção ao longo da altura em um ou mais pilares de uma determinada obra, todos os pilares deverão conter o mesmo tipo de variação, de forma a preservar a unidade estética da mesoestrutura.
- Para estruturas com ligação rígida entre a superestrutura e a mesoestrutura os pilares deverão ser do tipo “PAR DE FACAS”, com as dimensões necessárias.
- Para pilares intermediários e esbeltos deverão ser feitas avaliação de dimensões mínimas e estudo de estabilidade. Para obras de arte especiais com pilares esbeltos, deverá ser adotada a solução de viga contínua com esforços horizontais transmitidos no topo ou em parte aos encontros.
- De acordo com a NBR 6118 e, segundo as normas internacionais devem ser considerados os chamados “efeitos de 2ª ordem” onde deverão ser realizados os cálculos de pilares à flexão composta para que o equilíbrio seja analisado a partir da configuração deformada das peças estruturais. Devendo ser analisada a estabilidade global do pilar e verificada a adoção de efeitos de 2ª ordem, com não linearidade física, geométricas ou ambas.
- A mesoestrutura deve ser projetada com pleno conhecimento do processo construtivo adotado, como a utilização de formas convencionais, trepantes ou deslizantes, considerando assim, espessuras de cobertura e armaduras com detalhes também diferenciados. O sistema construtivo influi no seu detalhamento, no caso particular de formas deslizantes as prescrições da NBR 6118 devem ser observadas.
- Na execução deve ser previsto o escoamento de águas eventualmente infiltradas quando utilizada a seção caixão para pilares.
- Nos pilares-paredes e nos pilares celulares, para as transições entre blocos e pilares devem ser previsto armaduras horizontais, convenientemente dispostas, para absorver efeitos de retrações de concretos de idades diferentes.

- Nos topos desses pilares, além das fretagens convencionais, haverá necessidade de armaduras horizontais, do tipo de blocos parcialmente carregados, para considerar a entrada de cargas da superestrutura.
- Todos os pilares ou respectivas vigas travessas devem ser previstos locais (nichos, rebaixos ou outros dispositivos) para acoplagem de macacos hidráulicos a serem utilizados no soerguimento da superestrutura para substituição dos aparelhos de apoio com relativa facilidade. Nesse sentido, serão previstos e indicados no projeto os equipamentos destinados ao levantamento do tabuleiro, o posicionamento dos mesmos sobre a estrutura, a capacidade de carga e as especificações necessárias às operações de levantamento e substituição dos aparelhos de apoio.
- Na Memória de Cálculo deverá ser apresentada a justificativa da solução adotada para o soerguimento do tabuleiro, através de verificação da resistência dos dispositivos para a solicitação introduzida; os cálculos, nessa situação de carga, serão desenvolvidos, adotando-se a situação mais desfavorável (combinação de cargas móveis e permanentes, adotando-se o coeficiente de majoração de cargas igual a 1,2 ou atuação apenas da carga permanente, com coeficiente de majoração de cargas igual a 1,4).

### 3.3 Encontros

- Os encontros serão de concreto armado, com dimensões compatíveis com os esforços a que estarão submetidos, bem como adequadas às condições existentes de relevo do terreno.
- Deverá ser apresentada análise de estabilidade dos encontros em relação às alturas dos aterros, através da compatibilização dos esforços horizontais x verticais, inclusive considerando a sobrelevação dos carregamentos devidos aos impactos e frenagens, assim como da verificação da possibilidade de existência de cunha de ruptura do aterro e de recalque, visando a determinação da adoção da solução em encontros leves ou aporticados (pesados).
- No caso da ligação rígida da superestrutura aos encontros, estes poderão ser preenchidos com brita ou outro material disponível que compatibilize o peso do conjunto, encontro + enchimento, com os esforços horizontais ou de levantamento.
- Nas pontes ferroviárias, recomenda-se evitar encontros do tipo leve, onde os aterros de acesso estejam sujeitos às influências das enchentes máximas ou outros tipos de erosão. Nos casos de viadutos ferroviários, com rara possibilidade de quaisquer tipos de erosão ou com proteção adequada, podem-se usar encontros leves.
- Recomendam-se encontros em caixão do tipo arrimo pleno (pesado), caixão de brita ou do tipo aporticado para as pontes ferroviárias em geral, em função de critérios econômicos e de segurança. Para os mesmos, os projetistas deverão expor métodos construtivos dos aterros de acesso, com destaque especial nas pranchas com detalhes executivos.
- Os encontros terão normalmente cortinas, laje de transição e alas. Havendo passeios laterais terão mais guarda-lastros e guarda-corpos.

- As cortinas são dotadas, no lado externo, de um ou dois dentes ao longo de todo o seu comprimento. O dente superior é obrigatório para suportar a laje de transição e o inferior poderá ser adotado para melhor definir a contenção do aterro.
- Em virtude do esquema estrutural adotado para as lajes de transição, da proximidade dos eixos do trem-tipo e para evitar artifícios de cálculo que reduzam demasiadamente a atuação da carga móvel sobre as cortinas, recomenda-se que estas sejam dimensionadas para um trem-tipo constituído de duas cargas concentradas, afastadas de dois metros, e cada uma com o valor da metade da carga do veículo-tipo, sem impacto. As solicitações de carga permanente das lajes de transição somente poderão ser consideradas quando desfavoráveis para a estrutura.
- As alas são solidárias às cortinas e devem ter geometria adequada para contenção lateral dos aterros de acesso. Podem ser dispensadas quando as lajes de transição estiverem contidas pelas paredes laterais do encontro.
- No preenchimento do prisma de aterro complementar, contido pela cortina e alas do encontro, sob a laje de transição, deverá ser especificado no projeto solo-cimento.
- Os encontros fechados deverão ter janelas para inspeção de seu interior.
- Havendo passeios laterais, guarda lastros e guarda-corpos estes devem ser prolongados até o alinhamento das extremidades das alas ou dos encontros.

## 4 INFRAESTRUTURA

### 4.1 Prescrições Gerais

- A infraestrutura é constituída de elementos estruturais que recebem as cargas provenientes das ações verticais, horizontais longitudinais e transversais, transmitindo-as as camadas do subsolo capazes de suportá-las com segurança. As deformações das camadas subjacentes à fundação devem ser compatíveis com as permitidas pela superestrutura. A implantação das fundações não deve causar danos às estruturas vizinhas, nem comprometer a estabilidade das encostas ou dos maciços em que as mesmas se apoiem. As fundações podem ser diretas (blocos e sapatas) e profundas (tubulão e estaca).
- Na escolha de um dos tipos de fundação, deverão ser analisadas as informações sobre a capacidade de suporte do terreno e as condições de execução propriamente ditas, tais como: nível d'água, coesão de material, necessidade de escoramentos, danos às estruturas vizinhas, deformações das camadas subjacentes, ensecadeiras, estabilidade de encostas, erosões ou qualquer outra condicionante de ordem técnica, construtiva e econômica.
- Na fase de Projeto Básico, deverá ser executada uma sondagem mista para cada linha de apoio da estrutura, mantendo sempre o posicionamento desta no baricentro do bloco de fundação, objetivando melhor caracterização geotécnica, além de reduzir, significativamente, a alteração da concepção dos elementos de infraestrutura. Em todos os casos, é importante que exista uma sondagem no exato local de cada

fundação e, pelo menos, um número mínimo de quatro furos de sondagem nos locais das fundações, por obra de arte especial;

- Para comprovação da capacidade de carga das fundações das obras de arte especiais, deverá ser executada prova de carga estática e dinâmica, seguindo detalhadamente os critérios e especificações de projeto baseados na norma NBR 6122, atendendo aos requisitos de quantidade mínima de provas de carga, qualidade e conhecimento destes elementos de fundação, nos mais variados tipos de solos, trazendo maior segurança e confiabilidade as fundações das obras.

#### **4.2 Fundações em Sapata**

- As fundações diretas serão do tipo sapata rígida; não serão aceitas sapatas flexíveis. De preferência serão adotados blocos rígidos compatíveis com as taxas de suporte do terreno. Salvo justificativa específica não será permitido o assentamento de fundação direta em terrenos de capacidade de suporte menores ou iguais a  $1,50 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **4.3 Fundações em Tubulão**

- Os tubulões serão executados em concreto armado. Quando previstos para serem cravados a ar comprimido, estes deverão ser dimensionados convenientemente.
- O espaçamento entre tubulões deverá ser definido em função da folga entre o limite de duas bases vizinhas.
- No caso dos tubulões a ar comprimido, o detalhamento da armadura longitudinal dos tubulões deverá prever emendas tantas quantas forem necessárias para que as barras tenham dimensões tais que possam entrar nas campânulas que ficam sobre as camisas.
- Os blocos de coroamento dos tubulões deverão ter preferencialmente seus níveis inferiores, acima do nível d'água na época da sua construção.
- Os materiais decorrentes das escavações são classificados de acordo com as seguintes definições:
  - Material de 1ª categoria - compreendem solos em geral, residuais ou sedimentares, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade que apresente, com SPT menor ou igual a 35.
  - Material de 2ª categoria - compreende aquele com resistência ao desmonte inferior a da rocha sã, cuja extração se processe com o emprego de rompedor pneumático ou ripper e com SPT compreendido entre 35 e 50 e recuperação de, até, 50%.
  - Material de 3ª categoria - compreende aquele com resistência ao desmonte equivalente ao da rocha sã, com SPT maior que 50.
- O uso da concepção estrutural de fundações em tubulão a ar comprimido deve seguir as seguintes recomendações:
  - Com o atendimento às Normas Regulamentadoras NR 15 Anexo 6, NR 7, NR – 18 e NR – 33, no que tange as questões de insalubridades e riscos no

desenvolvimento dos trabalhos para a execução de tubulões a ar comprimido, se faz necessário quatro equipes para que seja preservado o tempo máximo de exposição contínua e/ou substituição de trabalhador em caso de saída do ambiente pressurizado devido alguma necessidade de realização durante a etapa construtiva. Agregando, conseqüentemente, altos custos de execução levando a adoção desta concepção estrutural a casos extremos em questões principalmente logísticas.

- A câmara de hiperbárica é de uso obrigatório para que, junto com a equipe do SESMT (Serviço Especializado em Medicina e Segurança do Trabalho), composta por um médico do trabalho e por um enfermeiro do trabalho, para que se oriente e fiscalize os serviços executados sob ar comprimido, evitando doenças descompressivas.
- Deve-se observar como fator limitante na utilização de tubulões a ar comprimido a máxima profundidade de 18 m. Está terminantemente proibida a implantação destas estruturas em profundidades superiores a essa, independentemente da altura da lâmina d'água;
- Outro impedimento é a inutilização de qualquer tipo de explosivos dentro da câmara de compressão, ou seja, nenhum corte rochoso poderá ser realizado a fogo, independentemente da profundidade atingida;
- A pressão máxima interna a ser aplicada deve ser de 2 kg/cm<sup>2</sup>, sendo que as campânulas devem ser obrigatoriamente testadas com uma pressão de até 7 kg/cm<sup>2</sup>. Além disso, são sugeridos em diversas fiscalizações de obras onde se executa este tipo de tubulão, melhorias no nível de comunicação entre os trabalhadores, onde atualmente é realizada de maneira precária e insegura, por meio de sinais sonoros por batidas na campânula o qual deve ser substituído por sistema de comunicação eletrônica.
- Deve ser previsto no local a elaboração de um procedimento operacional para resgate por manopé com guincho em casos de acionamento em que haja pane no sistema elétrico;
- Os procedimentos operacionais devem conter claramente a elaboração de um plano de serviços com treinamentos, inclusão de projeto das plataformas de trabalho com ponto de fixação de cintos de segurança e monitoração de gases no interior do ambiente confinado.

#### **4.4 Fundações em Estaca**

- A estaca utilizada num determinado lote de construção será obrigatoriamente do mesmo tipo para todas as OAE. No caso de estacas metálicas, estas serão constituídas por perfil(s) de linhas de fabricação nacional.
- A escolha do tipo de estaca deverá ser devidamente fundamentada nos aspectos técnicos e econômicos.

## 5 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

As características dos principais materiais componentes dos diversos elementos que compõe a estrutura e que deverão ser adotadas no projeto estão abaixo discriminadas:

### 5.1 Concreto

- Para superestrutura adotar  $f_{ck} = 30,0$  MPa em tabuleiros com vigas protendidas e  $f_{ck} = 35,0$  MPa em tabuleiros de estrutura em balanços sucessivos, em ambos incluindo as lajes e transversinas e excluindo guarda-lastro, caixa de cabos, placas de forma pré-moldadas, refúgios e lajotas pré-moldadas de passeio.
- Para os complementos como guarda-lastro, caixa de cabos, placas de forma pré-moldadas, refúgios e lajotas pré-moldadas de passeio e outros adotar  $f_{ck} = 20,0$  MPa.
- Para os pilares, encontros e laje de transição adotar  $f_{ck} = 25,0$  MPa.
- Para sapatas, tubulões (inclusive enchimento de núcleo e base alargada), blocos de coroamento de tubulões, vigas de amarração de blocos, adotar  $f_{ck} = 25,0$  MPa. Para estacas, tipo raiz ou escavada, adotar  $f_{ck} = 20,0$  MPa.
- Para concreto de regularização adotar  $f_{ck} = 15,0$  MPa.
- Resistências características diferentes deverão ser devidamente justificadas.

### 5.2 Aço

- De uma maneira geral - aço CA-50 para concreto armado e aço CP-190 RB para concreto protendido.
- Para fretagens ou armaduras que, por ventura, tiverem que sofrer dobramentos após sua colocação o aço CA-25 poderá ser utilizado.

### 5.3 Aço de Estrutura Metálica e Materiais de Ligação

A tabela 1 apresenta os valores nominais mínimos, a menos que uma faixa seja mostrada, da resistência ao escoamento ( $f_y$ ) e da resistência à ruptura ( $f_u$ ) de aços relacionados por Normas Brasileiras para uso estrutural em perfis e chapas, conforme as especificações destas Normas Brasileiras, que atendem às condições relacionadas às propriedades mecânicas exigidas pela Norma ABNT NBR 8800:2008 ( $f_y \leq 450$  Mpa e relação  $f_u/f_y \geq 1,18$ ). Não são relacionados os aços com resistência ao escoamento inferior a 250 Mpa, por não estarem sendo utilizados na prática. Nos aços da ABNT NBR 7007, que são aços para perfis, a sigla MR significa média resistência mecânica, a sigla AR alta resistência mecânica e a sigla COR resistência à corrosão atmosférica.

**Tabela 1 - Aços especificados por normas brasileiras para uso estrutural**

ABNT NBR 7007 AÇOS-CARBONO E MICROLIGADOS PARA USO ESTRUTURAL E GERAL			ABNT NBR 6648 CHAPAS GROSSAS DE AÇO- CARBONO PARA USO ESTRUTURAL			ABNT NBR 6649 ABNT NBR 6650 CHAPAS FINAS (A FRIO/QUENTE) DE AÇO CARBONO PARA USO ESTRUTURAL		
DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
MR 250	250	400-560				CF-26	260/260	400/410
AR 350	350	450	CG-26	255	410	CF-28	280/280	440/440
AR 350 COR	350	485	CG-28	275	440	CF-30	---/300	---/490
AR 415	415	520						
ABNT NBR 5000 CHAPAS GROSSAS DE AÇO DE BAIXA LIGA E ALTA MECÂNICA			ABNT NBR 5004 CHAPAS FINAS DE AÇO DE BAIXA LIGA E ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA			ABNT NBR 5008 CHAPAS GROSSAS E BOBINAS GROSSAS, DE AÇO DE BAIXA LIGA, RESISTENTES À CORROSÃO ATMOSFÉRICA PARA USO ESTRUTURAL		
DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
G-30	300	415	F-32 / Q-32	310	410	CGR 400	250	380
G-35	345	450	F-35 / Q-35	341	450	CGR500	370	490
G-42	415	520	Q-40	380	480	CGR500A	370	490
G-45	450	550	Q-42	410	520			
			Q-45	450	550			
ABNT NBR 5920 / 5921 CHAPAS FINAS E BOBINAS FINAS (A FRIO/QUENTE), DE AÇO DE BAIXA LIGA, RESISTENTES À CORROSÃO ATMOSFÉRICA, PARA USO ESTRUTURAL			ABNT NBR 8261 PERFIL TUBULAR, DE AÇO-CARBONO, FORMADO A FRIO, COM E SEM COSTURA, DE SEÇÃO CIRCULAR OU RETANGULAR PARA USOS ESTRUTURAIIS					
DENOMINAÇÃO	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	DENOMINAÇÃO	SEÇÃO CIRCULAR		SEÇÕES QUADRADAS E RETANGULARES		
				f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	
CFR 400	---/250	---/380	B	290	400	317	400	
CFR 500	310/370	450/490	C	317	427	345	427	

Nota: Para limitações de espessura, ver norma correspondente

Na tabela 2 são fornecidos os valores nominais mínimos, a menos que uma faixa seja mostrada, da resistência ao escoamento e da resistência à ruptura de alguns aços estruturais de uso frequente, relacionados pela ASTM, conforme as especificações da própria ASTM. Nesta tabela, os dados que constam nas colunas “Produtos” e “Grupo de perfil ou faixa de espessura disponível” são meramente indicativos (para informações mais precisas, deve ser consultada a ASTM A6).

**Tabela 2 - Ações de uso frequente especificados pela ASTM para uso estrutural**

CLASSIFICAÇÃO	DENOMINAÇÃO	PRODUTO	GRUPO DE PERFIL <sup>a</sup> OU FAIXA DE ESPESSURA <sup>b</sup> DISPONÍVEL	GRAU	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Aços-carbono	A36	Perfis	1,2 e 3	-	250	400 a 500
		Chapas e barras <sup>c</sup>	t ≤ 200 mm			
	A500	Perfis	4	A	230	310
				B	290	400
Aços de baixa liga e alta resistência mecânica	A572	Perfis	1,2 e 3	42	290	415
				50	345	450
				55	380	485
			1 e 2	60	415	520
		65		450	550	
		Chapas e barras <sup>c</sup>	t ≤ 150 mm	42	290	415
			t ≤ 100 mm	50	345	450
			t ≤ 50 mm	55	380	485
	t ≤ 31,5 mm		60	415	520	
		65	450	550		
A992 <sup>d</sup>	Perfis	1,2 e 3	-	345 a 450	450	
Aços de baixa liga e alta resistência mecânica resistentes à corrosão atmosférica	A242	Perfis	1	-	345	485
			2	-	315	460
			3	-	290	435
		Chapas e barras <sup>c</sup>	t ≤ 19 mm	-	345	480
			19 mm < t ≤ 37,5 mm	-	315	460
			37,5 mm < t ≤ 100 mm	-	290	435
	A588	Perfis	1 e 2	-	345	485
			t ≤ 100 mm	-	345	480
		Chapas e barras	100 mm < t ≤ 125 mm	-	315	460
			125 mm < t ≤ 200 mm	-	290	435
Aços de baixa liga temperados e autorevenidos	A913	Perfis	1 e 2	50	345	450
				60	415	520
				65	450	550

Nota: <sup>a</sup> Grupo de perfis laminados para efeito de propriedades mecânicas:

- Grupo 1: perfis com espessura de mesa inferior ou igual a 37,5 mm;
- Grupo 2: perfis com espessura de mesa superior a 37,5 mm e inferior ou igual a 50 mm;
- Grupo 3: perfis com espessura de mesa superior a 50 mm;
- Grupo 4: perfis tubulares.

<sup>b</sup> t corresponde à menor dimensão ou ao diâmetro da seção transversal da barra. <sup>c</sup> Barras redondas, quadradas e chatas. <sup>d</sup> A relação f<sub>u</sub>/f<sub>y</sub> não pode ser inferior a 1,18.

- Nas plantas contendo desenhos e detalhes construtivos de estruturas metálicas, devem ser inseridos quadros resumos, especificando tipo e características das peças e ligações (soldas e parafusos), quantidades, pesos e áreas unitárias, pesos e áreas totais e observações pertinentes.
- Nessas plantas deverão ser especificados os tipos de tratamentos e pinturas para proteção da estrutura metálica.

## 5.4 Parafusos

Na tabela 3 são fornecidos os valores mínimos da resistência ao escoamento e da resistência a ruptura de parafusos, de acordo com suas respectivas normas ou especificações, bem como os diâmetros nos quais os mesmos podem ser encontrados. Os parafusos fabricados com aço temperado não podem ser soldados nem aquecidos.

**Tabela 3 - Materiais usados em parafusos**

ESPECIFICAÇÃO	f <sub>yb</sub> (MPa)	f <sub>ub</sub> (MPa)	DIÂMETRO d <sub>b</sub>	
			mm	pol
ASTM A307	–	415	–	½ ≤ d <sub>b</sub> ≤ 4
ISO 898-1 Classe 4.6	235	400	12 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 36	–
ASTM A325 <sup>a</sup>	635	825	16 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 24	½ ≤ d <sub>b</sub> ≤ 1
	560	725	24 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 36	1 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 1½
ISO 4016 Classe 8.8	640	800	12 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 36	–
ASTM A490	895	1035	16 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 36	½ ≤ d <sub>b</sub> ≤ 1½
ISO 4016 Classe 10.9	900	1000	12 ≤ d <sub>b</sub> ≤ 36	–

Nota: <sup>a</sup>Disponíveis também com resistência a corrosão atmosférica comparável a dos aços AR 350 COR ou a dos aços ASTM A588

## 5.5 Metais de Soldas

A resistência mínima a tração dos metais de soldas mencionados na norma ABNT NBR 8800:2008 – Subitem 6.2.5.1. – Tabela 8.

## 5.6 Conectores de Cisalhamento Tipo Pino com Cabeça

Os conectores de cisalhamento tipo pino com cabeça, usados na construção mista de aço e concreto devem ter dimensões e ser soldados aos perfis de aço de acordo com a AWS D1.1.

O aço estrutural utilizado para conectores pino com cabeça de diâmetro até 22,2 mm deve ser o ASTM A108-Grau 1020, devendo ser especificado com resistência ao escoamento de 345 MPa, resistência à ruptura de 415 MPa, alongamento mínimo de 50 mm de 20% e redução mínima de área de 50%.

## 5.7 Tratamentos da Estrutura Metálica

Nos projetos de estruturas metálicas devem ser indicados os tipos de preparo e proteção das superfícies, bem como a norma técnica adotada.

Nas tabelas 4, 5 e 6 são apresentadas orientações genéricas sobre preparo de superfícies, as normas técnicas aplicáveis nos métodos de limpeza de superfícies metálicas (a título de orientação) e orientações genéricas sobre o sistema de pinturas, respectivamente.

**Tabela 4 - Orientação genérica sobre o preparo de superfícies**

VARIÁVEIS	TIPO DE LIMPEZA	AMBIENTE		
		RURAL	URBANO, INDUSTRIAL OU MARÍTIMO	COMPONENTES ENTERRADOS
Preparo de superfície mínimo	Limpeza mecânica	St 3	St 3	–
	Jateamento abrasivo	Sa 2½	Sa 2½	Sa 2½
Faixa de espessura do sistema de pintura (base seca, µm)	Limpeza mecânica	125 – 175	150 – 250	250 – 375
	Jateamento abrasivo	80 – 125	100 – 200	240 – 300

**Tabela 5 - Critérios normativos usuais para limpezas de superfícies metálicas**

MÉTODO DE PREPARO		NORMA SUECA SIS 055900-67	NORMA SSPC	NORMA PETROBRAS	NORMA NACE RM-01-70	NORMA BS-4232-67	
Ferramentas mecânicas	Limpeza mecânica	St 2	SSPC-SP2	N-6	–	–	
	Limpeza mecânica rigorosa	St 3	SSPC-SP3	N-7	–	–	
Jato abrasivo	Ligeiro	Sa 1	SSPC-SP7	N-9a	Sa 1	NACE-4	–
	Comercial	Sa 2	SSPC-SP6		Sa 2	NACE-3	3ª Classe
	Metal quase branco	Sa 2½	SSPC-SP10		Sa 2½	NACE-2	2ª Classe
	Metal branco	Sa 3	SSPC-SP5		Sa 3	NACE-1	1ª Classe
Outros métodos	Limpeza com solventes	–	SSPC-SP1	N-5	–	–	
	Limpeza a fogo	–	SSPC-SP4	–	–	–	
	Decapagem química	–	SSPC-SP8	N-10	–	–	
	Enferrujamento e jato abrasivo	–	SSPC-SP9	N-11	–	–	

Nota: Os padrões de grau de limpeza são definidos através do estado em que as superfícies ficam após o tratamento de limpeza:

- **St 2:** Limpeza manual, executada com ferramentas manuais como escovas, raspadores, lixas e palhas de aço.
- **St 3:** Limpeza mecânica executada com ferramentas mecanizadas como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas.
- **Sa 1:** É o jato ligeiro (brush off). A superfície resultante deverá encontrar-se inteiramente livre de óleos, graxas e materiais como carepa, tinta e ferrugem soltas. A carepa e a ferrugem remanescentes poderão permanecer, desde que firmemente aderidas. O metal deverá ser exposto ao jato abrasivo por tempo suficiente para provocar a exposição do metal base em vários pontos da superfície sob a camada de carepa.
- **Sa 2:** Chamado de jato comercial. A superfície resultante do jateamento poderá apresentar manchas e pequenos resíduos devidos à ferrugem, carepa e tinta. Pelo menos 2/3 da área deverá estar isenta de resíduos visíveis, enquanto o restante será limitado pelas manchas e resíduos.
- **Sa 2½:** Chamado de jato ao metal quase branco. É definida como superfície livre de óleo, graxa, carepa, ferrugem, tinta e outros materiais, podendo apresentar pequenas manchas claras devidas a resíduos de ferrugem, carepa e tinta. Pelo menos 95% da área deverá estar isenta de resíduos visíveis, sendo o restante referente aos materiais acima mencionados.
- **Sa 3:** Conhecido como jato ao metal branco. Após a limpeza, o aço deverá exibir cor metálica uniforme, branco-acinzentada, sendo removidos 100% de carepas e ferrugens. A superfície resultante estará livre de óleos, graxas, carepa, tinta, ferrugem e de qualquer outro depósito.

**Tabela 6 – Orientação genérica sobre os sistemas de pinturas**

AMBIENTE	TIPO	TINTA	DEMÃOS	ESPESSURA SECA POR DEMÃO (µm)	ESPESSURA SECA TOTAL (µm)	CUSTO	EXPECTATIVA DE DURABILIDADE (ANOS)*	OBS
Rural 1	Fundo e acabamento	Alquídica dupla função	1	75	75	Baixo	3 – 6	–
Rural 2	Fundo	Primer alquídico	1	40	120	Médio	4 – 7	–
	Acabamento	Esmalte alquídico	2	40				
Rural 3	Fundo	Primer epóxi	1	40	120	Médio	6 – 9	Calcina
	Acabamento	Esmalte epóxi	2	40				
Urbano 1	Fundo	Primer alquídico	2	40	160	Baixo	4 – 7	–
	Acabamento	Esmalte alquídico	2	40				
Urbano 2	Fundo e acabamento	Epoximastic cores	1	120	120	Médio	6 – 9	Calcina
Urbano 3	Fundo e acabamento	Poliuretano duplo função	2	70	140	Alto	7 – 10	Resistente à calcinação
Industrial 1	Fundo e acabamento	Epoximastic cores	2	125	250	Médio	6 – 9	Calcina
Industrial 2	Fundo	Primer epóxi	1	75	275	Médio	6 – 9	Calcina
	Acabamento	Esmalte epóxi	2	100				
Industrial 3	Fundo	Primer epóxi	1	125	275	Alto	7 – 10	Resistente à calcinação
	Acabamento	Esmalte poliuretano	2	75				
Marítimo 1	Fundo	Primer etil-silicato de zinco	1	75	265	Alto	8 – 12	Resistente à calcinação
	Intermediária	Epóxi-poliamida (tie-coat)	1	40				
	Acabamento	Esmalte Poliuretano	2	75				
Marítimo 2	Fundo	Primer epóxi rica em zinco	1	75	275	Alto	7 – 11	Resistente à calcinação
	Intermediária	Esmalte epóxi	1	125				
	Acabamento	Esmalte poliuretano	1	75				
Marítimo 3	Fundo	Primer epóxi	2	125	300	Alto	6 – 10	Resistente à calcinação
	Acabamento	Esmalte poliuretano	1	50				

## 5.8 Critérios de Dimensionamento e Coeficientes

- a) Na elaboração dos cálculos da carga permanente deverão ser adotados os seguintes pesos específicos:
- Concreto armado e protendido: 25 KN/m<sup>3</sup> (2,5 tf/m<sup>3</sup>)
  - Camada impermeabilizante: 24 KN/m<sup>3</sup> (2,40 tf/m<sup>3</sup>)
  - Lastro: 18 KN/m<sup>3</sup> (1,80 tf/m<sup>3</sup>)
  - Dormentes, trilhos e fixações: 8,0 KN/m (0,80 tf/m)
- b) Quanto aos coeficientes de majoração, minoração e combinação das ações a serem considerados nas verificações dos estados limites últimos e de serviço dos diversos elementos estruturais, estes deverão seguir o preconizado para obras de arte especiais ferroviárias especificados na NBR 8681.
- c) Os coeficientes de segurança dos materiais deverão seguir o preconizado na NBR 6118.

## 5.9 Normas Pertinentes

A elaboração dos projetos deverá obedecer às condições gerais prescritas nesta instrução de serviço e as especificações das Normas Brasileiras em vigor, em suas últimas edições. Segue relação de normas pertinentes à elaboração dos projetos:

- NBR-6118: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
- NBR-6122: Projeto e Execução de Fundações
- NBR-6497: Levantamento Geotécnico
- NBR-7187: Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido
- NBR-7188 Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres
- NBR-7189: Cargas Móveis Para Projeto Estrutural de Obras Ferroviárias
- NBR-7190: Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira
- NBR-7191: Execução de Desenhos Para Obras de Concreto Simples ou Armado
- NBR-7197: Projeto de Estruturas de Concreto Armado Protendido
- NBR-7480: Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado
- NBR-7482: Fios de Aço Para Concreto Protendido
- NBR-7483: Cordoalhas de Aço Para Concreto Protendido
- NBR-7651: Gabarito Ferroviário
- NBR-8681: Ações e Segurança nas Estruturas
- NBR-8953: Concreto para Fins Estruturais – Classificação por Grupos de Resistência
- NBR-9050: Acessibilidade e Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos

- NBR-9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado
- NBR-9286: Terra Armada
- NBR-9472: Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto
- NBR-11522: Gabarito de Construção de Instalação Fixa Ferroviária – Bitola Métrica em Tangente ou em Curva com Raio da mais de 350m – Formas e Dimensões
- NBR-10839: Execução de Obras de Arte Especiais em Concreto Armado e Protendido
- NBR-11523: Gabarito de Construção de Instalação Fixa Ferroviária – Bitola Normal e Larga em Tangente ou em Curva com Raio da mais de 500m – Formas e Dimensões
- NBR-12655: Concreto – Preparo, controle e recebimento
- NBR-14931: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento
- NBR 12915: Via Férrea – Entrela e Gabarito Ferroviário – Requisitos

Nos casos de inexistência de Normas Brasileiras ou quando estas forem omissas ou insuficientes, será permitida a utilização de normas estrangeiras, mediante autorização, por escrito, da DIF/DNIT. Portanto, poderão ser adotadas normas estruturais estrangeiras, sendo indicado o uso das seguintes: Code - Modele CEB -Fip pour les Structures en Béton, Building Code Requirements for Reinforced Concret - ACI - 318 e Deutsche Industrie Normen, AASHTO – Standard Specifications for Highway Bridges – Division I, entre outras.

**ANEXO Nº II****DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

O Eng.º \_\_\_\_\_, responsável pelo Projeto de Obras de Arte Especiais, e a empresa \_\_\_\_\_, aqui representada pelo seu responsável técnico, o Eng.º \_\_\_\_\_, declaramos que calculamos e verificamos os quantitativos relativos ao Projeto de Obras de Arte Especiais, pelos quais assumimos total responsabilidade.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Engenheiro Responsável

\_\_\_\_\_  
Empresa

**ÍNDICE**

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>1 OBJETIVO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 DEFINIÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>3 FASES DO PROJETO</b> .....	<b>9</b>
<b>4 ELABORAÇÃO DO PROJETO</b> .....	<b>9</b>
4.1 Fase Preliminar.....	9
4.1.1 Coleta de Elementos Básicos.....	9
4.1.1.1 Informações Locais.....	10
4.1.1.2 Informações do Projeto da Ferrovia.....	12
4.2 Fase de Projeto Básico.....	12
4.2.1 Definição da Concepção do Projeto;.....	13
4.2.2 Apresentação dos Documentos da Solução Escolhida:.....	13
4.3 Fase de Projeto Executivo.....	14
4.3.1 Cálculos Estruturais.....	15
4.3.2 Desenhos.....	16
4.3.2.1 Desenhos de Formas.....	16
4.3.2.2 Desenhos de Armação.....	16
4.3.2.3 Desenhos de Execução.....	16
4.3.3 Especificações e Quantitativos.....	17
4.3.4 Orçamento e Plano de Execução.....	17
4.4 Revisões de Projeto Executivo.....	17
<b>5 APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>18</b>
5.1 Fase Preliminar.....	18
5.2 Fase de Projeto Básico.....	18
5.3 Fase de Projeto Executivo.....	19
<b>1 PRELIMINARES</b> .....	<b>22</b>
<b>2 SUPERESTRUTURA</b> .....	<b>22</b>
2.1 Modulação.....	22
2.2 Refúgios.....	28
2.3 Laje de Transição.....	28

2.4	Alas .....	28
2.5	Juntas de Dilatação .....	28
2.6	Guarda-Corpo.....	28
2.7	Declividade Transversal .....	29
2.8	Impermeabilização .....	29
2.9	Drenagem.....	29
2.10	Pingadeiras.....	30
2.11	Aberturas de Construção e de Inspeção da Obra .....	30
<b>3</b>	<b>MESOESTRUTURA.....</b>	<b>30</b>
3.1	Aparelhos de Apoio .....	30
3.2	Pilares .....	31
3.3	Encontros .....	32
<b>4</b>	<b>INFRAESTRUTURA.....</b>	<b>33</b>
4.1	Prescrições Gerais .....	33
4.2	Fundações em Sapata .....	34
4.3	Fundações em Tubulão.....	34
4.4	Fundações em Estaca.....	35
<b>5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS .....</b>	<b>36</b>
5.1	Concreto.....	36
5.2	Aço .....	36
5.3	Aço de Estrutura Metálica e Materiais de Ligação.....	36
5.4	Parafusos .....	39
5.5	Metais de Soldas.....	39
5.6	Conectores de Cisalhamento Tipo Pino com Cabeça .....	39
5.7	Tratamentos da Estrutura Metálica.....	39
5.8	Critérios de Dimensionamento e Coeficientes.....	42
5.9	Normas Pertinentes.....	42
<b>ÍNDICE.....</b>		<b>45</b>