

DNIT

Instrução de Serviço Ferroviário – ISF

ISF-209: PROJETO GEOMÉTRICO

2015

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

ISF-209: PROJETO GEOMÉTRICO

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

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

SEQUENCIAL	DATA	OBSERVAÇÃO
R01	agosto 2015	Resultado de consulta pública

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

1 OBJETIVO

2 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

3 FASES DE ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

4 APRESENTAÇÃO

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-209: PROJETO GEOMÉTRICO

1 OBJETIVO

Definir e especificar os procedimentos para a elaboração do projeto geométrico de implantação da via permanente de empreendimentos ferroviários.

2 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

2.1 Prescrições Básicas em Planta

- Eixo estaqueado de 20 m em 20 m, assinalando as estacas correspondentes aos quilômetros inteiros, bem como as estacas correspondentes às centenas de metros;
- Indicar os rumos dos alinhamentos e as curvas numeradas, constando seus elementos de tabelas laterais;
- Os pontos de segurança da linha serão todos amarrados, organizando-se para eles, croquis laterais, o mesmo ocorrendo com as RRNN que terão suas localizações e cotas assinaladas no projeto;
- Representar os bordos da plataforma e as projeções dos off-sets hachuriados em convenções diferenciando cortes e aterros;
- Serão representadas as linhas de transmissão no interior da faixa de domínio com indicação da procedência e número das posteações;
- Representar as pontes, pontilhões com os nomes dos rios, túneis, ramais, passagem de nível com rodovias, estações e postos de cruzamento;
- Localizar os aparelhos de mudança de via dos pátios de cruzamento, estacionamento e manobras, da linha principal, com os nomes das localidades, indicando o número do volume e folhas que contém os projetos específicos;
- Os aparelhos de mudança de via devem situar-se em tangentes com extensões compatíveis com as dimensões dos aparelhos a serem empregados;
- Os bueiros serão indicados em convenções tipo (linhas tracejadas) com a extensão total e esconsidade indicadas no pé do aterro;
- Outros dispositivos tais como: valetas de proteção, corta-rios, caixas de empréstimo, etc.. podem ser representados, indicando onde se encontram seus detalhes construtivos;
- A faixa de domínio será representada em todas as pranchas indicando-se os limites e suas ordenadas em relação ao eixo. A altimetria da área compreendida pela faixa de domínio será mostrada por curvas de nível, as quais, nos terrenos planos ou pouco ondulados, terão intervalos de 1 m, ou menos, de modo a não deixar espaço maior que 2,5 cm, sem visualização no desenho original, no tamanho A1; nas regiões

onduladas, fortemente onduladas e montanhosas serão indicadas curvas de nível de 5 m a 5 m;

- Assinalar terrenos alagadiços, brejos, solos moles, etc;
- Cruzamento de eixo de coordenadas;
- Norte Geográfico;
- Destacar as extensões com soluções particulares (divergindo da seção transversal-tipo) para alargamento de cortes, escalonamento ou mudança de inclinação dos taludes.

2.2 Prescrições Básicas em Perfil

- Indicar a linha de terreno e do projeto representando este o eixo da linha férrea no ponto sobre a superfície de terraplenagem, definida pela camada final do subleito;
- As estacas serão numeradas a cada 20 metros. Quando necessário serão indicadas estacas fracionárias com valores de 0 a 20 metros referidos a estaca anterior para indicação de pontos notáveis;
- As rampas deverão obedecer ao critério de rampa máxima compensada, levando em conta o efeito das curvas, não podendo ultrapassar os limites das rampas máximas estabelecidas no projeto. O critério de estabelecimento da rampa máxima compensada será baseado na fórmula:

$$i_c = i - 0,08 \times \arcsen\left(\frac{15,24}{R}\right)$$

- A fórmula acima é fundamentada nas normas da AREMA edição do ano 2009, seção 3.7.1, onde:
 - i_c = rampa máxima compensada do trecho, em percentagem;
 - i = rampa física no local da curva, em percentagem;
 - R = raio de curva horizontal, em metros;
 - Arco em graus decimais.

Como a expressão acima adequada da AREMA para unidades do sistema métrico refere-se à bitola standard ($b=1,435$ m) é preciso ajustar a equação para as bitolas métrica e larga (respectivamente 1,00 m e 1,60 m), através do fator de ajuste da bitola em questão f_b . Seus valores calculados são $f_b = 0,70$ para bitola métrica, $f_b = 1,00$ para bitola standard e $f_b = 1,12$ para bitola larga, conforme AREMA 2009 – Volume 4 – Seção 16-2-7 item 2.1.5. e subitem a, ficando assim configurada a fórmula de cálculo da compensação de rampa para as 3 bitolas:

$$i_c = i - 0,08 \times f_b \times \arcsen\left(\frac{15,24}{R}\right)$$

- Por questões de desempenho operacional dos trens é desejável que as distâncias entre os Pontos de Intersecção Vertical (PIV) consecutivos e de concavidades contrárias sejam igual ou superior ao comprimento máximo das composições previstas no projeto operacional;
- Para as concordâncias verticais parabólicas entre PIV's de concavidades de mesmo sentido (côncavo-côncavo ou convexo-convexo) é recomendável que a distância entre as extremidades de seus limites de suas curvaturas na parte interna não seja inferior a 40 metros, uma vez que as curvas parabólicas não são curvas de transição;
- As curvas de concordância vertical entre rampas obedecerão a critérios dinâmicos conforme estabelecido na norma AREMA edição de 2009, seção 3.6, 5-3-15, Curvas Verticais. O desenho da curva de concordância escolhida deve obedecer ao comprimento mínimo de concordância calculado pela seguinte fórmula:

$$L_{\min} = \frac{D \times V^2 \times K}{A}$$

Sendo:

- L_{\min} = Comprimento mínimo da curva vertical em metros;
- A = Aceleração vertical em m/s^2 (metros por segundo ao quadrado);
- D = Valor absoluto da diferença de rampas expressa de forma decimal (adimensional);
- $K = 0,07712$ (Fator de conversão para expressão de L em metros);
- V = Velocidade máxima de projeto do trem no trecho, em km/h (quilômetros por hora).

Seguindo a recomendação da norma da AREMA, serão utilizados os valores de $A = 0,03048 m/s^2$ para transporte de carga e os valores de $A = 0,18288 m/s^2$ para transporte de passageiros.

Nas linhas projetadas com predominância para trem de cargas e uso secundário de trem de passageiro, os projetos devem ser efetuados com o valor de $A = 0,03048 m/s^2$.

Nas linhas destinadas a trens preferencialmente projetadas para trens de passageiros, o valor a ser utilizado é $A = 0,18288 m/s^2$. Para os eventuais trens de cargas ou serviços serão admitidas a circulação com velocidades adequadas e inferiores aos do trem de passageiro.

Os comprimentos mínimos calculados abaixo de 40 metros podem ser desconsiderados pela pouca influência dos resultados, insignificantes na concordância parabólica;

- Não é permitida a localização de AMVs entre os limites contidos pela curva vertical;
- Os valores de comprimentos calculados para concordância (projeção horizontal da curva de concordância) podem ser arredondados para o múltiplo de 40 superior mais

próximo, considerando estacas de 20 metros e PIV preferencialmente localizado em estacas inteiras, o que simplifica o projeto e o controle da execução;

- Não é recomendável no projeto geométrico a inserção de curvas verticais nos mesmos locais correspondentes as curvas horizontais, devendo-se evitá-las na medida do possível.
- As obras-de-arte especiais e os bueiros serão representados por convenções-tipo, indicando-se para estes últimos o seu tipo e seção e os dispositivos de drenagem por linhas em convenção. Nas pontes indicar o nome do curso d'água, a extensão da obra e a cota máxima de cheia;
- Será representado o perfil geotécnico com a classificação dos solos e valores do SPT nas sondagens a percussão.

2.3 Faixa de Domínio

- A largura da faixa de domínio a ser desapropriada para cada lado do eixo do projeto geométrico de linha singela ou do eixo da entrevia em caso de linhas duplas, atenderá no mínimo ao maior dos dois valores:
 - 40 m medidos na perpendicular a partir do eixo do projeto, para cada lado;
 - Off-set de pé de aterro ou de crista de corte acrescido de mais 15 m.
- A linha curva resultante destas medidas deverá ser adequada, sendo adotado o maior dos valores para cada lado e a partir daí definido como o limite proposto para a faixa de domínio considerando o corpo contínuo de um segmento ou um conjunto de segmentos de cortes e/ou aterros. No desenho final da configuração da faixa, deve-se consolidar a solução com elementos lineares paralelos ao eixo da via, analisados caso a caso e procedidas suas concordâncias com os vizinhos em segmentos retos perpendiculares ao eixo do projeto;
- Estes segmentos de retas ou curvas devem ser delimitados com marcos adequados implantados no máximo a cada 100m ao longo de seu comprimento em cada um dos lados da faixa de domínio e nos seus vértices do início e fim de cada segmento;
- Havendo conveniência, a cerca de proteção da faixa de domínio deverá coincidir com o alinhamento acima descrito;
- Nos casos a seguir descritos, a cerca de proteção da faixa de domínio deverá ser implantada com um recuo mínimo de 5m do limite estabelecido para permitir inserção de estrada lateral por lado da faixa;
- No caso de necessidade de implantação de estradas laterais, estas se prestarão à interligação das propriedades das faixas lindeiras até os pontos de Passagem de Nível, Passagem Inferior Restrita ou Normal e Passagem Superior com relação aos cruzamentos a serem definidos em função da adequação do sistema rodoviário secundário;
- Tais estradas também poderão ser planejadas e usadas como estradas de serviço no decorrer da implantação da ferrovia e como estradas para acesso rodoviário para as

equipes de manutenção da CONCESSIONÁRIA DA FERROVIA. Serão construídas obrigatoriamente em greide colado com revestimento primário;

- Nas zonas urbanas; áreas de preservação ambiental; zonas industriais; zonas portuárias; áreas de encostas de morros que exijam soluções em contenções de taludes à montante e à jusante; em túneis ferroviários; em travessias de cursos d'água significativos que exijam pontes ferroviárias; em locais de interseção em desnível com outras vias e em passagem de nível com rodovias, convém estabelecer faixa de domínio específica com projeto de proteção adequado para cada caso em função das conveniências do entorno e submetida à prévia aprovação dos intervenientes na escolha das definições de seus limites;
- Em quaisquer casos a cerca de proteção da faixa deverá ficar a uma distância nunca inferior a 20m do eixo da via mais próxima;

2.4 Seções Transversais Típicas da Plataforma

- Serão levantadas e desenhadas as seções transversais-tipo da plataforma, faixa de domínio, pontes e túneis nas diversas características previstas para a ferrovia, em tangente e em curva, mostrando o critério de distribuição da superelevação ao longo das curvas horizontais;
- Serão levantadas e desenhadas as seções transversais indicando o terreno natural, a plataforma, as posições dos off-sets e taludes;
- As entrevias nos trechos em linha dupla devem ser definidas em função dos procedimentos operacionais, não devendo ser inferior a 4,25 metros.
- Nas seções transversais-tipo deverá constar o posicionamento da cerca de proteção com recuo mínimo de 5m para permitir a inserção de eventuais estradas de serviço na implantação da ferrovia, ou estradas para manutenção da ferrovia pelas equipes da Concessionária, ou estradas laterais para interligação das propriedades das faixas lindeiras até os pontos de passagem.

2.5 Detalhamento dos Projetos Especiais

O detalhamento dos projetos especiais deve seguir o que preconiza as instruções de serviços específicas, como, por exemplo, a ISF-218: Projeto de Pátios Ferroviários e a ISF-221: Projeto de Passagem em Nível.

3 FASES DE ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico será elaborado em duas fases:

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

3.1 Fase de Projeto Básico

O projeto geométrico nesta fase será elaborado a partir dos estudos topográficos realizados segundo o que dispõe a Instrução de Serviço ISF-203: Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Ferrovias.

O desenvolvimento das linhas do projeto geométrico obedecerá também às recomendações dos estudos geológicos, geotécnicos e hidrológicos procurando minimizar os problemas construtivos.

O projeto geométrico nesta fase deve constar:

- a) Quadro de características técnicas e operacionais;
- b) Projeto em planta, na escala de 1:2000;
 - Composição das curvas horizontais;
 - Elementos cadastrais;
 - Posicionamento dos AMVs da linha principal;
 - Pátios de cruzamento;
 - Indicação de pátios de estacionamento, manobras e carregamento;
 - Túneis, pontes e viadutos – Obras de arte especiais;
 - Bueiros e obras de arte correntes;
 - Passagem de nível com rodovias;
 - Proposição para largura da faixa de domínio.
- c) Projeto em perfil, nas escalas de 1: 2.000 (H) e 1:200 (V):
 - Composição das curvas verticais;
 - Rampas;
 - Túneis, pontes e viadutos – Obras de arte especiais;
 - Bueiros e obras de arte correntes.
- d) Seções transversais típicas da plataforma;
- e) Apresentação dos elementos especiais de projeto nas escalas 1:500 ou 1: 1000.

3.2 Fase de Projeto Executivo

O projeto geométrico nesta fase será elaborado a partir dos estudos topográficos realizados segundo o que dispõe a Instrução de Serviço ISF-204: Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia.

O projeto executivo consistirá no detalhamento do projeto básico, incluindo o levantamento topográfico da faixa de domínio a partir da locação do eixo estudado. Este projeto deverá constituir-se de:

- a) Projeto planialtimétrico, nas escalas de 1:2.000 (H) e 1:200 (V)
- b) Determinação das seções transversais do projeto, nas escalas de 1:200 ou 1: 100
- c) O detalhamento dos projetos especiais deve seguir o que preconiza as instruções de serviços específicas, como, por exemplo:
 - Pátios de cruzamento;
 - Interferências;
 - AMVs;
 - Passagem de fauna;
 - Passagem de nível com rodovias.

4 APRESENTAÇÃO

4.1 Fase de Projeto Básico

O projeto geométrico nesta fase será apresentado no relatório do projeto de engenharia a que corresponde, compreendendo os seguintes volumes:

RELATÓRIO			
VOLUME	TÍTULO	FORMATO	
		MINUTA	IMPRESSÃO DEFINITIVA
1	Relatório do Projeto – Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado.	A4	A4
2	Projeto Básico de Execução – Plantas e perfis nas escalas 1:2.000 (H) e 1:200 (V); – Desenhos das seções transversais típicas, planta de detalhes e elementos especiais	A1, dobrado em formato A3	A1, dobrado em formato A3
3	Memória Justificativa do Projeto Básico	A4	A4

4.2 Fase de Projeto Executivo

Nesta fase o projeto geométrico será apresentado através do relatório de projeto de engenharia a que corresponde, compreendendo os seguintes volumes:

RELATÓRIO			
VOLUME	TÍTULO	FORMATO	
		MINUTA	IMPRESSÃO DEFINITIVA
1	Relatório do Projeto e Documentos para Concorrência – Texto - resumo do projeto elaborado	A4	A4
2	Projeto de Execução – Plantas e perfis nas escalas 1: 2.000 (H) e 1: 200 (V); – Desenho das seções transversais, escalas 1: 200 ou 1: 100, contendo as seções do terreno, taludes de cortes e saias de aterro; – Desenhos das seções transversais-tipo; – Desenhos dos projetos de elementos especiais, – Arquivos digitais das plantas, perfis e seções transversais, compatíveis com “Software” de CAD.	A1, dobrado em formato A3	A3
3	Memória Justificativa – Memória descritiva e justificativa do projeto elaborado – Texto, gráficos e quadros.	A4	A4

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	7
1 OBJETIVO	9
2 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	9
2.1 Prescrições Básicas em Planta	9
2.2 Prescrições Básicas em Perfil	10
2.3 Faixa de Domínio	12
2.4 Seções Transversais Típicas da Plataforma	13
2.5 Detalhamento dos Projetos Especiais	13
3 FASES DE ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	13
3.1 Fase de Projeto Básico	14
3.2 Fase de Projeto Executivo	14
4 APRESENTAÇÃO	15
4.1 Fase de Projeto Básico	15
4.2 Fase de Projeto Executivo	15
ÍNDICE	17