

NORMA

INFRA S.A.
PRO-00017

rev 0
20.03.2023

Projeto geométrico

Geometric design

REVOGADA

INFRA S.A.

REVOGADA

© INFRA S.A. 2023

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

Sumário

Prefácio	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Projeto geométrico	2
4.1 Detalhamento básico – Planta	3
4.2 Detalhamento básico – Perfil	4
5 Critérios e parâmetros para o projeto geométrico	5
5.1 Planimetria	5
5.2 Altimetria	6
5.3 Pátios de carregamento e desvios de cruzamento	7
5.4 Faixa de domínio	8
5.5 Fases de projeto	8
5.5.1 Anteprojeto	8
5.5.2 Projeto básico	8
5.5.3 Projeto executivo	9
5.5.4 Condicionantes ambientais	9
Bibliografia	11

REVOGADA

Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços nas áreas de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA S.A. PRO-00017 – Projeto geométrico, para regulamentação dos requisitos para a definição da elaboração de Projeto Geométrico a ser utilizado em obra ferroviária.

Esta edição revoga e substitui a VALEC 80-EG-000A-17-0000 – Projeto Geométrico.

Projeto geométrico

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os procedimentos e as diretrizes básicas para a elaboração do projeto geométrico de implantação da via permanente.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas), ou um normativo que venha substituir:

INFRA PRO-00004, *Projeto básico – Critérios para apresentação*;

INFRA CPL-00006, *Interferências de Vias Férreas com Rodovias, Estradas e Caminhos – Especificação de projeto*;

VALEC 80-EG-000A-18-0001, *Superelevação em Curvas Ferroviárias*;

VALEC 80-EG-000A-21-0000, *Projeto de Pátios*;

VALEC 80-EP-000A-00-8000, *Projeto executivo de Construção de Ferrovias*;

VALEC 80-EP-000A-00-8001, *Interferências de Vias Férreas com Redes Enterradas*;

VALEC 80-EP-000A-22-8002, *Interferências de Vias Férreas com Redes Aéreas*; e

VALEC Instrução Normativa Nº 1/SUPRO-VALEC/DIREN-VALEC de 2021, *Estabelece as diretrizes para elaboração e apresentação de Anteprojeto para obras ferroviárias, no âmbito da contratação integrada, prevista no Art. 43 da Lei 13.303/2016*.

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 faixa de domínio

Terreno de pequena largura em relação ao comprimento, delimitado pelo projeto do empreendimento, em que se localizam as vias férreas e as demais instalações da ferrovia, inclusive os acréscimos necessários à sua expansão.

3.2 linha principal

Linha que liga e transpõe pátios e na qual os trens em ordem de marcha circulam com horários, licença ou sinais de bloqueios.

3.3 pátio

Área de esplanada dotada de um conjunto de vias destinado a manobras, estacionamento de veículos ferroviários e outros fins.

3.4 pátio de cruzamento

Tipo de pátio ferroviário cuja principal função é garantir cruzamentos de trens de forma adequada, sem interferir na operação da ferrovia.

3.5 perfil

Corte longitudinal do eixo da ferrovia, em que são representadas as rampas, as curvas verticais, o terreno natural e todos os elementos que especifiquem as características altimétricas da ferrovia.

3.6 planta

Projeção sobre um plano horizontal do eixo da ferrovia, em que podem ser observadas as tangentes, as curvas horizontais, os estaqueamentos e todos os elementos que a compõem.

3.7 projeto geométrico

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequada, compreendendo a definição detalhada dos aspectos geométricos de uma via.

3.8 via permanente

Conjunto de elementos e instalações com diversas funções, a fim de garantir a passagem dos trens de forma correta e segura, composto pela superestrutura e pela infraestrutura

4 Projeto geométrico

O projeto geométrico deve ser realizado posteriormente aos estudos de traçado, tendo como ponto de partida as alternativas selecionadas no estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA), que devem ser reavaliadas por meio de estudos aprofundados no projeto básico para a definição final do traçado adotado. Para este estudo, são necessárias a delimitação dos pontos de passagem que apresentam maior eficiência para a via permanente e a obtenção de informações básicas quanto a geomorfologia da região de localização do empreendimento. Ressalta-se que, caso o projeto geométrico não seja estudo proveniente de um EVTEA, as mesmas etapas devem ser seguidas.

Em caso de necessidade de otimização de traçado, o projeto geométrico deve ser elaborado sobre plantas restituídas de imagens e levantamentos de georeferenciamento, como satélites, drones, aerofotogrametria, ou sobre técnicas que permitam uma boa otimização do traçado. Todas as plantas devem estar atualizadas nas escalas 1:5000 ou 1:2000.

Na apresentação do projeto geométrico executivo devem constar as plantas em escala de 1:2000, nas quais devem ser indicados no mínimo o eixo estaqueado a cada 20 m, os pontos característicos das curvas, o quadro de coordenadas com elementos básicos para locação do eixo, a localização preliminar das obras de drenagem, o início e o fim de pátios, a linha de *offsets*, a faixa de domínio e outras indicações necessárias, conforme indicado nesta Norma.

Juntamente com a planta, deve ser apresentado o perfil longitudinal, em escala horizontal de 1:2000 e vertical de 1:200, contendo no mínimo o perfil do terreno, o greide do sublastro, o comprimento e as porcentagens das rampas, as curvas verticais e seus elementos, a localização das obras de arte correntes e especiais, a localização das sondagens e o perfil geotécnico incluindo a classificação dos solos e outras indicações necessárias, conforme apresentado em 4.2.

Devem ser igualmente apresentadas as seções transversais-tipo da plataforma, contendo as indicações de largura e declividade da plataforma, as inclinações dos taludes indicando cortes e aterros, os elementos básicos da superestrutura e tabela com locais de suas aplicações, se aplicável. Devem ser apresentados também o terreno natural, as posições dos *offsets*, os dispositivos de drenagem empregados, a largura de via para circulação de equipe de manutenção e a superelevação, calculada conforme a VALEC 80-EG-000A-18-0001.

Também devem ser representadas, tanto em tangentes quanto em curvas, além das seções transversais tipo da plataforma, a faixa de domínio, as pontes e os túneis nas diversas características previstas para a ferrovia, bem como as interferências, que devem ser tratadas conforme as INFRA CPL- 00006, VALEC 80-EG-000A-18-0001 e VALEC 80-EP-000A-22-8002.

4.1 Detalhamento básico – Planta

A planta deve conter no mínimo os seguintes detalhes:

- a) quadro de curvas;
- b) localização dos marcos para referências topográficas em nível de projeto básico e para referência de nível (RN) em projeto executivo, com elementos no quadro (como nº, km, cota). Estes dados devem ser retirados dos estudos preliminares topográficos;
- c) valor das curvas-mestras a cada 5 m, e curvas de nível a cada metro;
- d) linha de *offsets* (tracejadas para aterro e contínua para cortes, sempre hachuradas);
- e) cruzamento de eixos de coordenadas;
- f) norte geográfico;
- g) obras de arte correntes e dispositivos de drenagem superficial e profunda;
- h) numeração das curvas horizontais;
- i) pontos notáveis (PT, PC, TS, SC, CS);
- j) faixa de domínio (cotas à distância de 40 m para cada lado do eixo, com uma distância mínima de 10 m após o *offset*). No caso de áreas urbanas e outras situações restritivas, a faixa de domínio pode apresentar distâncias menores, com aprovação prévia da INFRA S.A. Para isso, a operação ferroviária não pode ser comprometida;
- k) marcação do limite e extensão de lagos de barragens, e correspondente nível da água (NA);
- l) representação de cursos d'água e suas respectivas denominações;
- m) representação das interferências (como rodovias, linhas de transmissão, entre outras);
- n) representação de obras complementares (como obras de contenção, de proteção, de mitigação de passivos ambientais, entre outras);
- o) representação das obras de arte especiais (OAE);
- p) sentido do estaqueamento;
- q) marcação em planta de terrenos alagadiços, brejos, solos moles e outros;
- r) bordas de plataforma (inclusive em casos de alargamento de corte);
- s) amarrações de pontos notáveis;
- t) azimutes;

- u) amarração das folhas;
- v) representação dos bordos da plataforma;
- w) representação de linhas de transmissão no interior da faixa de domínio;
- x) localização e numeração dos aparelhos de mudança de via dos pátios de cruzamentos, estacionamentos e manobras, da linha principal, com os nomes das localidades;
- y) representação dos bueiros, indicados em convenções-tipo (linhas tracejadas), com a extensão total e esconsidade indicadas no pé do aterro; e
- z) representação de soluções particulares para alargamento de cortes ou mudança de inclinação dos taludes onde se apresente divergência da seção transversal-tipo.

Ao indicar em planta os locais de corte e aterro, as siglas utilizadas no projeto geométrico devem ser compatibilizadas com o quadro de orientação de terraplenagem - QOT. Assim, a nomenclatura utilizada deve ser em casos de aterros, A1, A2, A3 etc., em casos de corte, C1, C2, C3 etc., e para bota-foras deve-se adotar as siglas BF-01, BF-02, BF-03 etc.

4.2 Detalhamento básico – Perfil

O perfil deve conter no mínimo os seguintes detalhes:

- a) rodapé (representação da geometria horizontal);
- b) elementos da curva vertical (como PVC, PIV, PTV e máxima, y e cotas);
- c) obras de arte correntes (localização, tipo, dimensão e extensão);
- d) perfis das sondagens (profundidade, classificação dos materiais e nível do lençol freático);
- e) resultados obtidos pelas sondagens à percussão (SPT);
- f) padronização das referências, adotar km nos quadros de curvas, referências de nível, obras de arte correntes e outros, conforme exemplo a seguir:

EXEMPLO km 350+334,08
- g) referências das cotas na escala vertical, no início e final do perfil e nos cortes de perfil;
- h) obras de arte especiais, nome do curso d'água, extensão da obra e desenho do corte longitudinal;
- i) sentido e valor das rampas;
- j) carimbo com o intervalo de quilometragem dos limites da folha;
- k) indicação da linha do terreno e do eixo da linha férrea no ponto sobre a superfície de terraplenagem (camada final do subleito); e
- l) localização e numeração dos aparelhos de mudança de via dos pátios de cruzamentos, estacionamentos e manobras.

5 Critérios e parâmetros para o projeto geométrico

As características técnicas indicadas a seguir representam os valores-padrão mínimos a serem adotados. Padrões inferiores aos fixados, quando necessários, devem ser submetidos à aprovação da INFRA S.A. antes de sua adoção.

5.1 Planimetria

Os critérios e parâmetros para planimetria são:

- raio mínimo: 343,823 m (3° 20'), para bitola larga, e 286,54 m (4° 00'), para bitola métrica;
- curvas com transição: devem ser adotadas curvas com transição espiral (clotoide), para raios iguais ou inferiores a 2291,838 m (0° 30') para ambas as bitolas, larga ou métrica;
- comprimento da transição: 1 m por cada min do grau da curva, podendo usar 0,5 m quando não houver distância suficiente entre curvas;
- tangente mínima entre curvas: 40 m; e
- tabelas para padronização dos raios: sempre que possível devem ser seguidos os valores da Tabela 1 e da Tabela 2.:

Tabela 1 — Padronização de raios de curva – Bitola larga

RAIO (m)	GRAU DA CURVA (G ₂₀)	L _c	COMPENSAÇÃO DE CURVA (%)
3437,752	0°20'	-	0,02
2291,838	0°30'	30	0,03
1718,883	0°40'	40	0,04
1375,111	0°50'	50	0,05
1145,930	1°00'	60	0,06
982,230	1°10'	70	0,07
859,456	1°20'	80	0,08
763,966	1°30'	90	0,09
687,574	1°40'	100	0,10
625,072	1°50'	110	0,11
572,987	2°00'	120	0,12
528,916	2°10'	130	0,13
491,141	2°20'	140	0,14
458,403	2°30'	150	0,15
429,757	2°40'	160	0,16
404,482	2°50'	170	0,17
382,016	3°00'	180	0,18
361,914	3°10'	190	0,19
343,823	3°20'	200	0,20

Tabela 2 — Padronização de raios de curva – Bitola métrica

RAIO (m)	GRAU DA CURVA (G_{20})	Lc	COMPENSAÇÃO DE CURVA (%)
3437,752	0°20'	-	0,02
2291,838	0°30'	30	0,03
1718,883	0°40'	40	0,04
1375,111	0°50'	50	0,05
1145,930	1°00'	60	0,06
982,230	1°10'	70	0,07
859,456	1°20'	80	0,08
763,966	1°30'	90	0,09
687,574	1°40'	100	0,10
625,072	1°50'	110	0,11
572,987	2°00'	120	0,12
528,916	2°10'	130	0,13
491,141	2°20'	140	0,14
458,403	2°30'	150	0,15
429,757	2°40'	160	0,16
404,482	2°50'	170	0,17
382,016	3°00'	180	0,18
361,914	3°10'	190	0,19
343,823	3°20'	200	0,20
327,451	3°30'	210	0,21
312,585	3°40'	220	0,22
298,984	3°50'	230	0,23
286,548	4°00'	240	0,24

Em casos excepcionais, a utilização de raios de curva diferentes dos indicados na Tabela 1 somente será permitida mediante justificativa técnica devidamente aprovada pela área competente.

5.2 Altimetria

Para altimetria, devem ser utilizados os seguintes critérios e parâmetros:

- devem ser utilizadas curvas verticais entre greides, quando a diferença algébrica das rampas for igual ou superior a 0,20% ($i_1 - i_2 \geq 0,20\%$);
- não é recomendável a inserção de curvas verticais nos locais correspondentes às curvas horizontais em projetos geométricos, e seu emprego somente será permitido mediante justificativa

técnica;

- c) devem ser utilizadas curvas parabólicas, para projeto de curvas verticais;
- d) rampa máxima compensada: 0,60%, 1,00% e 1,45% (conforme as diretrizes de projeto para o segmento em estudo);
- e) compensação em curva: 0,06% por grau de curva, conforme tabela anterior.
- f) para curvas horizontais e verticais simultaneamente, devem ser utilizadas curvas com ramos de transição em espiral, cujo comprimento é determinado de acordo com o raio adotado para cada curva e com a velocidade operante de trecho em estudo;
- g) o comprimento mínimo da curva vertical, côncava ou convexa, deve ser determinado conforme a seguir (AREMA, 2022):

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

onde

L_{min} = Comprimento mínimo de curva vertical, em metros (m);

D = Valor absoluto da diferença de rampas, expressa de forma decimal;

V = Velocidade máxima de projeto do trem passante no trecho, em quilômetros por hora (km/h);

K = 0,07712 - Fator de conversão para expressão de L , em metros (m);

A = Aceleração vertical, em metros por segundo quadrado (m/s²).

- h) comprimentos de curvas verticais inferiores a 40 m podem ser desconsiderados pela insignificância na concordância parabólica;
- i) a aceleração vertical deve ser definida com base no tipo de operação ferroviária para ambas as curvas, côncavas ou convexas (AREMA, 2022), em que deve ser adotada, em caso de cargas, uma aceleração de $A = 0,03048$ m/s² e, em caso de passageiros, uma aceleração de $a = 0,18288$ m/s²;
- j) caso as linhas projetadas sejam utilizadas para ambos os casos, isto é, para transportes de cargas e passageiros, a aceleração vertical a ser adotada deve respeitar o tipo predominante;
- k) a distância mínima entre as curvas verticais não pode ser inferior a 40 m; e
- l) nas seções criadas a partir do terreno e da via projetada deve ser desconsiderada a área de limpeza de terreno.

5.3 Pátios de carregamento e desvios de cruzamento

Os pátios preferencialmente devem ser projetados em nível, quando esta condição não puder ser atendida, o greide mínimo deve ser de 0,15% e máximo de 0,25%.

Os aparelhos de mudança de via (AMV), no início e fim dos pátios, devem estar localizados em tangentes. Ressalta-se que os aparelhos de mudança de via não podem estar presentes nos limites contidos por curvas verticais.

O detalhamento de projeto de pátios deve seguir a VALEC 80-EG-000A-21-0000.

5.4 Faixa de domínio

A faixa de domínio deve atender aos seguintes requisitos:

- a) a largura da faixa de domínio deve ter no mínimo 20 m para cada lado do eixo e pode sofrer modificações em razão das limitações impostas pelo(s) Plano(s) Diretor(es) da região afetada pela ferrovia dentro dos perímetros urbanos;
- b) caso o *offset* ultrapasse a largura da faixa de domínio de projeto, deve ser adotado afastamento mínimo de 10 m do pé do aterro e de 10 m da crista do corte;
- c) nos trechos urbanos, a faixa de domínio pode ser de 10 m além do *offset*, bem como em trechos de alto custo e alto impacto social e ambiental;
- d) deve-se estabelecer uma faixa de domínio específica com projeto de proteção adequado, submetido e previamente aprovado pelos intervenientes na escolha das definições de seus limites em casos de: áreas de preservação ambiental, zonas industriais, zonas portuárias, áreas de encostas de morros onde contenções de taludes a montante e a jusante são necessárias, túneis ferroviários, travessias de cursos d'água significativos que exijam pontes ferroviárias, locais de interseções em desnível com outras vias e passagem de nível com rodovias;
- e) a cerca de proteção não pode ficar a uma distância menor que 20 m do eixo da via mais próxima, salvo situações excepcionais, devidamente justificadas e aprovadas; e
- f) em caso de implantação de estradas laterais, estas podem ser utilizadas para serviços e manutenção ao longo da ferrovia.

5.5 Fases de projeto

O projeto geométrico deve ser elaborado na fase de anteprojeto, na fase de projeto básico e, posteriormente, na fase de projeto executivo.

5.5.1 Anteprojeto

A fase de anteprojeto deve conter as informações técnicas mínimas destinadas a demonstrar as características do objeto a ser estudado. Estas informações devem ser obtidas a partir de estudos preliminares, sondagens, relatórios de campo, projetos aprovados e/ou EVTEA.

O anteprojeto deve atender às diretrizes e apresentação (formatação, organização, figuras), conforme a Instrução Normativa Nº1 da VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A..

5.5.2 Projeto básico

O desenvolvimento do projeto básico deve ser elaborado após a fase de anteprojeto, a conclusão dos estudos e levantamentos topográficos, geotécnicos, geológicos e hidrológicos, com a finalidade de otimizar a fase construtiva e minimizar os problemas de compatibilização da situação real com a projetada.

Assim, na fase de projeto básico, devem constar os seguintes pontos:

- a) relatório do projeto contendo a memória descritiva e a justificativa do projeto;
- b) o projeto básico deve possuir a apresentação, formatação, organização e desenhos, conforme

a INFRA PRO-00004; e

c) memória-justificativa do projeto básico.

5.5.3 Projeto executivo

O desenvolvimento do projeto executivo deve conter o detalhamento do projeto antecedente (projeto básico), incluindo o levantamento e detalhamento topográfico da faixa de domínio a partir do eixo da via.

Deve constar na fase de projeto executivo, em acréscimo aos elementos apresentados no projeto básico, os seguintes pontos:

- a) relatório do projeto, contendo texto e resumo do projeto elaborado;
- b) apresentação, formatação, organização e desenhos conforme a norma 80-EP-000A-00-8000; e
- c) memória justificativa na qual deve ser apresentada a memória descritiva e a justificativa do projeto elaborado, bem como os textos, gráficos e quadros do projeto.

5.5.4 Condicionantes ambientais

Devem ser apresentadas informações costumeiramente solicitadas pelo IBAMA no âmbito de Licença de Instalação em ambas as fases de projeto básico e projeto executivo.

5.5.4.1 No que se refere ao projeto básico, devem ser apresentados os seguintes elementos:

- a) faixa de domínio da ferrovia;
- b) indicação das obras de arte correntes (OAC);
- c) áreas de preservação permanente (APP) e demais áreas sensíveis existentes;
- d) indicações das interceptações com rodovias (pavimentadas ou não);
- e) passagens em nível (PN);
- f) indicação de passagens de fauna; e
- g) acessos e vicinais que serão inviabilizados pela instalação da ferrovia.

5.5.4.2 Quanto ao projeto executivo, devem ser apresentados os seguintes itens no projeto geométrico:

- a) áreas de desapropriação/relocação;
- b) planta com cortes e aterros;
- c) jazidas de solos, pedras, areia e demais insumos minerais necessários para a construção da ferrovia;
- d) caminhos de serviço;
- e) áreas de empréstimo, de deposição de material excedente, canteiros de obras e demais áreas de apoio necessárias à obra, por meio de poligonais georreferenciadas;
- f) passagens de fauna, nas quais devem ser incluídas as adaptações de aterros, as obras de arte correntes (OAC) e as obras de arte especiais (OAE) para permeabilidade da passagem em

questão; e

- g) pontos de monitoramento de fauna e de qualidade de água, bem como outros pontos de monitoramento que se julgarem relevantes ao projeto.

Ressalta-se que fica proibida a instalação de deposição e armazenamento de material excedente, assim como instalação de jazidas, em Áreas de Preservação Permanente (APP), áreas úmidas e/ou áreas ecologicamente sensíveis.

Caso a altura do aterro passe do nível da vegetação local e resulte na separação desta, deve ser prevista uma solução em nível (passagem em nível) ou uma passagem de fauna para redução de impactos ambientais.

REVOGADA

Bibliografia

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12915**: Via Férrea – Gabarito Ferroviário e entrevia – Especificações. 4.ed. Rio de Janeiro, 2020.
- [2] _____. **ABNT NBR 16961**: Via Permanente – Estudos e Projeto Geométrico – Requisitos mínimos. 1ª edição. Rio de Janeiro, 2021.
- [3] American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA). **AREMA *Manual of Railway Engineering***. 2022.
- [4] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **ISF-209**: Projeto Geométrico. Brasília. 2015.

REVOGADA