

CONCEITOS BÁSICOS

Hélio Suêvo Rodrigues (1.1 a 1.3) e Rui José da Silva Nabais (1.4 e 1.5)

1.1 Função e constituição da via férrea

Um dos conceitos mais completos de estrada de ferro diz que ferrovia é um sistema de transporte terrestre, autoguiado, em que os veículos (motores e rebocados) se deslocam com rodas metálicas sobre duas vigas contínuas longitudinais, também metálicas, denominadas trilhos. Os apoios transversais dos trilhos, os dormentes, são regularmente espaçados e repousam geralmente sobre um colchão amortecedor de material granular denominado lastro, que, por sua vez, absorve e transmite ao solo as pressões correspondentes às cargas suportadas pelos trilhos, distribuindo-as, com taxa compatível à sua capacidade de suporte para o terrapleno (infraestrutura ferroviária).

A ferrovia é composta de dois subsistemas básicos: o de material rodante, do qual fazem parte os veículos tratores e rebocados, e o de via permanente, apresentado na Fig. 1.1, do qual fazem parte a infraestrutura e a superestrutura ferroviária.

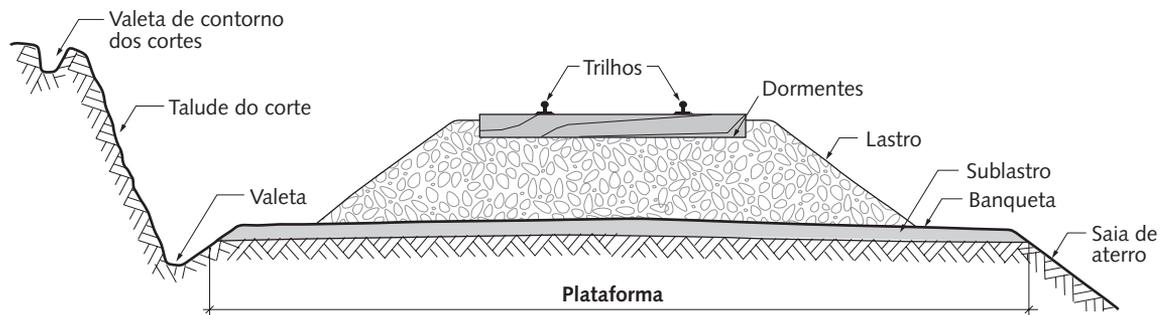


FIG. 1.1 Seção transversal da plataforma ferroviária

A infraestrutura ferroviária é o conjunto de obras que formam a plataforma da estrada e suporta a superestrutura, sendo composta por terraplenagem (aterros e cortes), sistemas de drenagem, obras de arte correntes e especiais (pontilhões, pontes e viadutos) e túneis.

A superestrutura é o segmento da via permanente que recebe os impactos diretos da carga. Seus principais componentes são os trilhos, os acessórios de fixação, os aparelhos de mudança de via, os dormentes, o lastro e o sublastro, que estão sujeitos às ações de degradação provocadas pela circulação dos veículos e de deterioração por ataque do meio ambiente.

A superestrutura é classificada como rígida, quando os dormentes são assentados sobre lajes de concreto ou quando os trilhos são fixados diretamente sobre uma viga, e como elástica, quando se utiliza lastro para distribuir convenientemente sobre a plataforma os esforços resultantes das cargas do material rodante, garantindo a elas-

tidade e fazendo com que a carga transmitida pelos trilhos seja suportada pelos dormentes e pelo lastro.

1.2 Bitola ferroviária

Denomina-se bitola (*gauge*, em inglês) o comprimento do segmento retilíneo ortogonal aos trilhos, paralelo ao plano de rolamento da via, cujas extremidades tocam as faces internas dos boletos e cujo afastamento desse segmento em relação ao plano de rolamento é de 15,88 mm, conforme apresentado na Fig. 1.2.

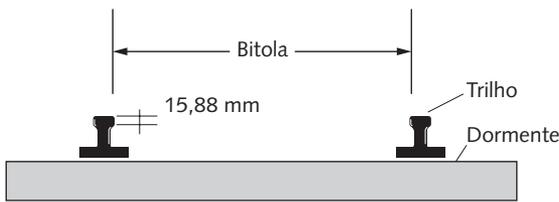


FIG. 1.2 Representação esquemática da bitola

O plano de rolamento é aquele que tangencia simultaneamente a superfície superior do boleto de cada trilho.

Na realidade, a bitola já existia antes da criação das ferrovias, na forma da bitola das rodas das carruagens. Um conjunto de fatores e variáveis cuja convergência natural resultou na adoção da bitola de 1,435 m em larga escala fez com que as posteriores variações de bitola das ferrovias ocorressem com base nessa mesma bitola (consagrada em 1907 na Conferência Internacional de Berna, na Suíça), utilizada pela grande maioria dos países, apesar de serem empregadas também outras medidas.

As outras bitolas existentes no mundo são produto das conveniências técnicas e econômicas locais, regionais e continentais, entre outras, existentes em cada época e em cada espaço geográfico, quando se efetuam os projetos com a fixação da bitola a ser adotada. Como as ferrovias, no início de sua implantação, eram pequenos trechos isolados, ligando os centros urbanos importantes e mais tarde projetados em direção ao mar, a escolha da bitola foi um fato consumado.

As outras bitolas existentes no mundo são produto das conveniências técnicas e econômicas locais, regionais e continentais, entre outras, existentes em cada época e em cada espaço geográfico, quando se efetuam os projetos com a fixação da bitola a ser adotada. Como as ferrovias, no início de sua implantação, eram pequenos trechos isolados, ligando os centros urbanos importantes e mais tarde projetados em direção ao mar, a escolha da bitola foi um fato consumado.

Como cada ferrovia se estendeu ampliando sua ação além-fronteiras, surgiu a necessidade de construção de ramais vicinais aos troncos principais com outras bitolas, ramais esses com transbordos para a alimentação de cargas nesses troncos principais. Essa expansão de ferrovias isoladas que se confrontavam com bitolas desiguais começou a obrigar a realização de estudos racionais para sua unificação. Esse problema foi se tornando cada vez mais imperioso à medida que o transbordo de carga e a perda de tempo tornavam os transportes ferroviários mais gravosos em termos econômicos.

No caso do Brasil, as estradas de ferro foram direcionadas do interior para o mar, segundo as conveniências agrícolas, sobretudo pela cultura do café. As ferrovias eram independentes e não houve a menor preocupação em uniformizar a bitola.

No Brasil, pelo Plano Nacional de Viação, a bitola padrão é a larga (1,60 m), porém a que predomina é a métrica (1,00 m). Existem outras bitolas, como as de 0,60 m, 0,76 m, 1,10 m, 1,435 m e 1,60 m/1,00 m (mista).

As vantagens e desvantagens da bitola são relativas quanto à capacidade de tráfego. Por exemplo, hoje é possível encontrar estradas de ferro de bitola métrica, como a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), da concessionária Vale, executando trabalho superior ao de muitas ferrovias de bitola larga.

O fato é que o grande número de variáveis torna a escolha de bitola um assunto polêmico, fazendo com que sua unificação seja difícil.

1.3 Noções gerais

Com o intuito de facilitar o entendimento dos tópicos anteriormente apresentados e dos aspectos envolvidos na operação ferroviária, esta seção oferece algumas informações sobre os tipos de veículos ferroviários, os trens e os pátios de carga e descarga, bem como noções de frenagem.

1.3.1 Veículos ferroviários

Os veículos ferroviários, denominados material rodante, são compostos de algumas unidades tratoras que dispõem de motores para rebocar outros veículos, a exemplo das locomotivas, ou para sua própria movimentação (auto de linha, por exemplo), além de equipamentos como vagões, que não possuem motores e são simplesmente rebocados.

Material rodante de tração

Locomotivas diesel-elétricas

As locomotivas diesel-elétricas, as mais empregadas em trens de carga no Brasil, são constituídas de unidades com um motor diesel que aciona um gerador elétrico de corrente contínua (CC) ou um alternador de corrente alternada (CA), o qual alimenta os motores elétricos de tração (Fig. 1.3). Esses motores podem ser do tipo CC e, nas locomotivas mais modernas, motores de indução trifásicos CA, controlados eletronicamente.

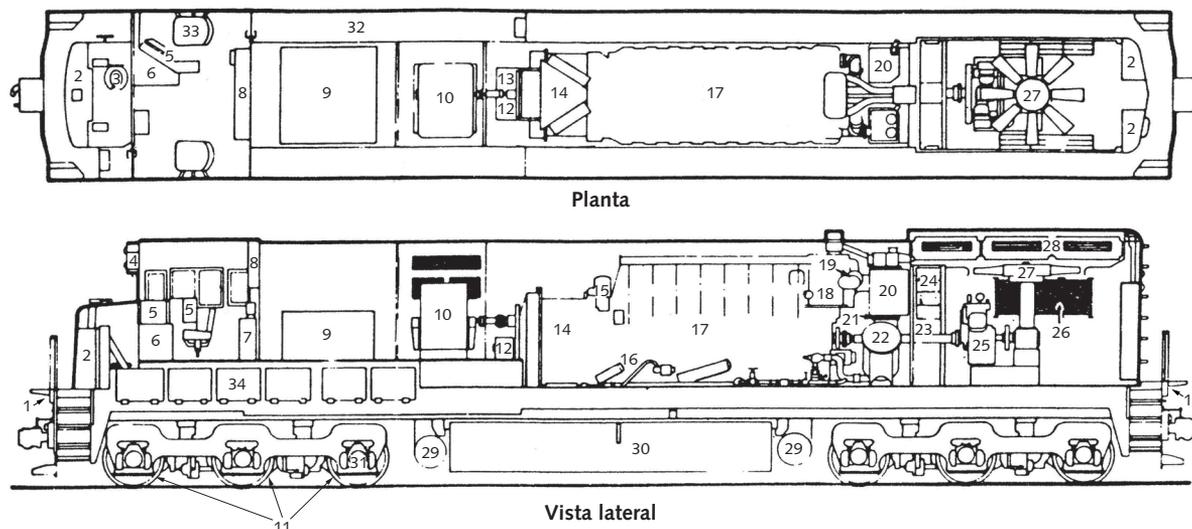
Essa combinação permite, por um lado, que as locomotivas diesel-elétricas desenvolvam toda a potência do motor diesel em baixas velocidades do trem, porque a rotação do motor não está associada à rotação das rodas. Por outro lado, o motor de tração elétrico tem seu torque máximo em baixas rotações, o que significa que a locomotiva diesel-elétrica possui alta capacidade de tração na partida.

Nos veículos em que o motor é acoplado à movimentação da roda por meio de caixa de transmissão, a exemplo dos veículos rodoviários, a potência cresce com a rotação do motor, ou seja, em baixas rotações não se dispõe de toda a potência do motor nem do esforço de tração máximo.

As modernas locomotivas diesel-elétricas e elétricas são classificadas pela disposição de seus truques e pela quantidade de eixos tratores por truque (A para um eixo, B para dois eixos, C para três eixos e D para quatro eixos), sendo comuns os seguintes tipos:

- *BB*: dois truques com dois eixos tratores cada;
- *BBB*: três truques com dois eixos tratores cada;
- *CC*: dois truques com três eixos tratores cada;
- *DD*: dois truques com quatro eixos tratores cada.

No caso de eixos não tratores, são fornecidos números para a quantidade de eixos por truque. Assim, a locomotiva a vapor com rodas não tratores pode, por exemplo,



- | | | |
|------------------------------------|---|---|
| 1 - Conexões para unidade múltipla | 14 - Gerador auxiliar | 24 - Filtros de ar do motor diesel (papel) |
| 2 - Caixa de areia | 15 - Governador | 25 - Compressor de ar |
| 3 - "Toilete" | 16 - Bomba de alimentação de combustível e filtro (<i>strainer</i>) | 26 - Grelhas do freio dinâmico |
| 4 - Faróis e caixa de número | 17 - Motor diesel | 27 - Ventilador do radiador |
| 5 - Controles de operação | 18 - Resfriador intermediário (<i>inter-cooler</i>) | 28 - Radiador |
| 6 - Aquecedor de cabine | 19 - Turboalimentador | 29 - Reservatório de ar |
| 7 - Resfriador de água | 20 - Tanque de água de refrigeração | 30 - Tanque de combustível |
| 8 - Painel de controle do diesel | 21 - Resfriador do óleo lubrificante | 31 - Alternador de eixo |
| 9 - Lastro | 22 - Filtro de óleo lubrificante | 32 - Bateria (lado direito) |
| 10 - Equipamento soprador | 23 - Filtros de ar do motor diesel (inercial) | 33 - Equipamento do freio a ar (lado direito) |
| 11 - Motores elétricos de tração | | 34 - Compartimento do equipamento de controle |
| 12 - Gerador auxiliar | | |
| 13 - Excitador | | |

FIG. 1.3 Configuração de uma locomotiva diesel-elétrica

ser do tipo 2AAA1 (truque com dois eixos não tratores, três eixos individuais tratores e um eixo não trator).

O peso por eixo das locomotivas é limitado pelas características mecânicas de projeto e pela capacidade da via permanente, sobretudo das obras de arte. Atualmente, esse valor é limitado em 32 t/eixo na bitola larga com locomotivas tipo CC com cerca de 180 t. Na bitola métrica, com 25 t/eixo, pode-se ter locomotivas de 150 t.

Locomotivas elétricas

Locomotivas elétricas são aquelas cujos motores elétricos de tração são alimentados por fonte externa, por meio de pantógrafos que fazem contato com a rede aérea de alimentação de energia elétrica ou de sapatas com o terceiro trilho energizado.

A alimentação para locomotivas de maior potência, utilizadas em trens pesados ou trens de passageiros de alta velocidade, pode ser em corrente contínua, em voltagens que variam de 600 V a 3.000 V, ou em corrente alternada, em 25 kV ou 50 kV.

No caso de alimentação em corrente alternada, além de se fazer rebaixamento de tensão, são empregados retificadores para transformação em corrente contínua a fim de alimentar os motores de tração em CC ou trifásico para CA.

Antigamente, o controle das locomotivas era feito por resistores utilizados para variar a tensão aplicada nos motores de tração. Atualmente, são empregados diodos e tiristores no *chopper control* e recursos eletrônicos, no caso de motor trifásico de CA.

Locomotivas a vapor

Locomotivas a vapor foram as primeiras a ter rodas acionadas pelos pistões dos cilindros, alimentados pelo vapor produzido pela caldeira, que era abastecida por lenha, carvão ou óleo combustível. O vagão *tender* acoplado à locomotiva serve como reservatório de água e de combustível para abastecer a caldeira.

No Brasil, as locomotivas a vapor continuam em operação em alguns trens turísticos.

Automotrizes

Automotrizes são as unidades dotadas de propulsão própria, a exemplo de unidades automotrizes de passageiros e autos de linha.

Outros tipos

Exemplos de outros tipos de material rodante de tração:

- locomotiva diesel-hidráulica, em que o motor é acoplado a uma bomba hidráulica que aciona uma turbina ligada às rodas;
- turbina de gás, que aciona um gerador que alimenta o motor de tração;
- locotrator, que é um veículo rodoferroviário utilizado em manobras;
- carro com motor linear/levitação magnética etc.

Material rodante rebocado

Vagões

Os vagões de carga geralmente são dotados de dois truques com dois eixos cada, caixa com estrutura central que recebe a carga, aparelhos de choque e engates com acoplamento automático. A nomenclatura dos vagões é composta de três letras, por exemplo, GDT, que servem para caracterizar o vagão. Há também uma faixa numérica de seis dígitos mais o dígito verificador, que indica o proprietário e a sequência numérica do vagão.

A primeira letra indica o *tipo* do vagão, conforme os exemplos a seguir:

- *fechado* (F): carga geral embalada ou granel com descarga de fundo;
- *gôndola* (G): granéis sólidos e produtos siderúrgicos;
- *hopper* (H): granéis sólidos e grãos nos vagões fechados;
- *plataforma* (P): produtos siderúrgicos, contêineres e veículos;
- *tanque* (T): granéis líquidos e cimento a granel;
- *isotérmico* (I): cargas frigorificadas;
- *animais* (A): vagões-gaiola para transporte de animais.

A segunda letra representa o *subtipo* do vagão quanto às características de tipo de descarga, se fechado ou revestido ou tipo de utilização, conforme os exemplos a seguir:

- *vagão fechado*: FR (revestido), FS (sem revestimento), FL (lateral – descarga), FE (escotilha para carregamento) e FH (*hopper* – descarga de fundo com tremonha);
- *vagão-gôndola*: GD (*dumper* – descarga com *car-dumper*), GP (portas laterais), GF (fundo móvel – descarga), GH (*hopper* – bordas basculantes ou fundo em lombo de camelo) e GT (tombantes – bordas tombantes);
- *vagão hopper*: HA (aberto), HF (fechado – granéis sólidos), HT (tanque convencional) e HE (com proteção anticorrosiva);
- *vagão-plataforma*: PA (automóveis – com dois pavimentos), PB (bobina), PC (contêiner), PD (dispositivo para fixação de contêiner), PE (convencional com piso metálico), PG (para *piggy-back* – reboques rodoviários) e PR (rebaixado – para cargas de grandes dimensões);
- *vagão-tanque*: TC (convencional), TG (gases), TP (pulverulento), TS (serpentina – para aquecimento);
- *vagão isotérmico*: IC (convencional);
- *vagão de animais*: AC (convencional, com estrado e estrutura metálica);
- vagão do serviço não remunerado, por exemplo, HN.

A terceira letra representa o peso bruto do vagão e a bitola, conforme a Tab. 1.1.

TAB. 1.1 Relação entre o tamanho da bitola, o peso por eixo, o peso bruto máximo do vagão e as respectivas letras de identificação do vagão

Manga (classe de capacidade do eixo)			Peso bruto máximo do vagão (t)
Bitola de 1,00 m	Bitola de 1,60 m	Peso por eixo (t)	
A	-	7,500	30
B	P	11,75	47
C	Q	16,00	64
D	R	20,00	80
E	S	25,00	100
F	T	32,50	130
-	U	37,50	150

Exemplos de nomenclatura de vagões:

- *GDT*: vagão-gôndola com descarga de fundo com 130 t de peso bruto (bitola de 1,60 m);
- *FHD*: vagão fechado *hopper* (com tremonhas) com 80 t de peso bruto (bitola de 1,00 m);
- *PBS*: vagão-plataforma para bobinas com 100 t de peso bruto (bitola de 1,60 m).

Carro de passageiros

Os carros de passageiros são classificados nos seguintes tipos:

- poltrona;
- dormitório;
- restaurante;
- correio;
- bagageiro.

Outros tipos

Exemplos de outros tipos de material rebocado, que são equipamentos rebocados por locomotivas:

- guindastes ferroviários;
- equipamentos de manutenção de via.

Trens unidades

Trens unidades são composições formadas por carros-motores que podem ter carros-reboques, por exemplo:

- trens de passageiros urbanos e de subúrbios;
- metrô;
- veículos leves sobre trilhos (VLTs).

1.3.2 Classificação de trens

Os trens de carga são geralmente formados por uma locomotiva posicionada à frente do trem que reboca um comboio de vagões. Existem trens com tração distribuída, com locomotivas no meio e/ou na cauda do trem telecomandadas pela locomotiva principal. Os maiores trens no País podem chegar a ter 330 vagões, com cerca de 3 km de comprimento, como é atualmente o caso na Estrada de Ferro Carajás (EFC).

Os trens podem ser classificados em diversas categorias, seja pela carga transportada, seja pelo tipo de serviço que executam, e possuem prioridades de circulação em função de seu tipo.

Pela carga

Cargueiros

Os trens cargueiros são aqueles compostos de vagões de carga, carregados ou vazios, e podem ser caracterizados como:

- *trem unitário*: composto de vagões com a mesma carga, com origem e destino únicos (por exemplo, trem de minério entre a mina e o porto, trem de carvão mineral entre o porto e a usina siderúrgica, trem de celulose entre a fábrica e o porto);
- *trem direto*: completo, entre dois polos formadores de trens, transporta diversas mercadorias, sem paradas intermediárias para entregar ou pegar carga (por exemplo, trem de derivados de petróleo entre a refinaria e o pátio ligado às bases das distribuidoras);
- *trem parador*: coleta e deixa vagões ao longo de seu percurso;
- *trem local*: faz a conexão entre o pátio e os pontos de carga e descarga dos clientes.

De passageiros

Os trens de passageiros podem ser classificados como urbanos, intercidades e de longa distância. Podem ser paradores, diretos e expressos e ainda apresentar linhas exclusivas, como os trens urbanos e os de alta velocidade, ou conviver com trens cargueiros.

Mistos

Muito comuns antigamente, os trens mistos transportavam vagões de carga junto à locomotiva e carros de passageiros na cauda.

De serviço

Trens de serviço são aqueles que transportam carga não remunerada, da própria ferrovia, ou trens de manutenção da via ou de socorro.

Pela prioridade

Os trens são classificados dentro de uma ferrovia como de alta prioridade, média prioridade e baixa prioridade de circulação, o que define qual trem deve esperar a passagem do outro nos cruzamentos ou estacionar para ser ultrapassado.

Usualmente, os trens de passageiros são de alta prioridade por transportar pessoas. Também são de alta prioridade trens com carga de alto valor agregado com prazo definido de entrega da carga, por exemplo, no esquema *just in time*, no suprimento de um ciclo de produção.

Trens com carga de alto valor agregado, como automóveis e contêineres, geralmente são, no mínimo, de média prioridade de circulação.

Trens com mercadorias a granel podem receber prioridade baixa de circulação, uma vez que o que importa é a produção acumulada em determinado período (quinzenal, por exemplo), e não o transporte específico da carga daquele trem.

Essas prioridades podem ser diferentes de ferrovia para ferrovia em função de características de seu negócio, por exemplo, com os trens unitários obtendo prioridade.

Desempenho dos trens

Velocidade dos trens

A velocidade dos trens é classificada da seguinte maneira:

- *velocidade de percurso*: é a velocidade média do trem entre os pátios de cruzamento, sem considerar os tempos gastos nas paradas e esperas;
- *velocidade comercial*: é a velocidade obtida pela divisão da distância entre a origem e o destino de determinado trem e o tempo total para fazer esse percurso. Os tempos de parada e espera são considerados.

Tipos de licenciamento

Uma das questões básicas da ferrovia é a segurança na circulação dos trens, buscando-se assegurar que um trem não se choque com outro no mesmo sentido ou em sentido contrário.

Em via singela, o licenciamento do trem, que é a permissão dada ao maquinista para prosseguir, permite que apenas um trem possa circular na seção limitada por dois pátios de cruzamento, dotados de linha principal e pelo menos um desvio de cruzamento, além de estabelecer a linha em que o trem deve chegar no pátio do final da seção.

Em via dupla, o licenciamento objetiva manter trens sucessivos no mesmo sentido a distâncias seguras uns dos outros.

Existem diversos tipos de licenciamento de trens, com diferentes graus de confiabilidade e tempos necessários para essa atividade.

O licenciamento influencia o desempenho dos trens em função dos tempos de licenciamento e eventuais paradas obrigatórias. Dos diferentes tipos, podem ser citados:

- talão (com agente de estação);
- *staff* elétrico (com agente de estação);
- via rádio (pode ser combinado com chave de mola);
- via satélite com console digital na locomotiva (combinado com GPS);
- sinal externo com circuito de via;
- *automatic train control* (ATC) com *cab-signal* na cabine da locomotiva;
- seções de bloqueio móveis.

Elementos restritivos para a velocidade

Os elementos a seguir, essencialmente físicos, restringem a velocidade de percurso dos trens:

- condições geométricas da linha (curvas de pequeno raio e descidas acentuadas e longas que provocam aquecimento das rodas em razão da frenagem);
- estado de manutenção da via permanente e do material rodante, que pode introduzir limitação de velocidades operacionais;
- obras de arte (pontes, viadutos e túneis, que limitam a velocidade de passagem);
- passagens de nível;
- áreas urbanas;
- aparelhos de mudança de via (AMVs) (linha desviada);
- velocidade máxima autorizada no trecho (VMA);
- licença restritiva ou condicional.

A velocidade comercial é influenciada por esses elementos restritivos, sendo necessário considerar também o tempo gasto pelas esperas e atrasos para o cruzamento de trens, as paradas intermediárias para coletar ou deixar vagões e paralisações da circulação de trens decorrentes de troca de equipagem, revistas mecânicas, abastecimento de locomotivas, manutenção e problemas na via, acidentes, falha mecânica etc.

Aumento da velocidade

O aumento da velocidade de percurso pode ser obtido com as seguintes medidas:

- aumento da quantidade de locomotivas, aumento da potência das locomotivas ou redução da carga rebocada;
- melhoria do estado de manutenção da via permanente e do material rodante;
- construção de variantes que melhorem as condições geométricas da linha e/ou evitem áreas urbanas;
- eliminação de passagens de nível.

A velocidade comercial pode ser incrementada com o aumento da velocidade de percurso, mas a adoção das seguintes medidas geralmente apresenta resultados muito mais expressivos:

- planejamento da circulação de trens em que haja racionalização de cruzamentos e pontos de parada para pegar ou deixar vagões, com o intuito de reduzir

as esperas de cruzamento e os tempos necessários para troca de equipagens, revistas mecânicas e abastecimento de locomotivas, levando em conta os tempos e os programas de manutenção da via permanente;

- gerenciamento e controle da circulação de trens;
- melhorias no sistema de licenciamento.

É importante ressaltar que o aumento da velocidade comercial resulta na redução das frotas de vagões e locomotivas necessárias para a realização dos transportes, economiza equipagens e melhora a competitividade da ferrovia nos segmentos de transporte de mercadorias de maior valor agregado (contêineres, automóveis, suprimento de indústrias que trabalham no sistema *just in time* etc.).

Outra maneira de reduzir a frota necessária é a redução dos tempos de parada nos terminais de origem e destino dos trens, principalmente para os vagões que ficam aguardando carga ou descarga.

Indicadores de desempenho

Estes são alguns exemplos de indicadores de desempenho de trens e das locomotivas e vagões que os compõem:

a] Produção

- ♦ TU (tonelada útil): tonelagem da carga transportada em determinado período, por exemplo, TU/ano;
- ♦ TB (tonelada bruta): tonelagem da carga somada ao peso dos vagões, inclusive os vazios, que é transportada em determinado período, por exemplo, TB/ano;
- ♦ TKU (tonelada-quilômetro útil): somatório do produto das TUs pelas distâncias percorridas pela carga, em km;
- ♦ TKB (tonelada-quilômetro bruta): somatório do produto das TBs pelas distâncias percorridas pelos vagões, em km;
- ♦ *Receita de transporte* (R\$): receita gerada em determinado período, por exemplo, anual.

b] Trens

- ♦ velocidade de percurso;
- ♦ velocidade comercial;
- ♦ trem-quilômetro: distância percorrida pelos trens em determinado período;
- ♦ TKU/trem-quilômetro: corresponde ao carregamento médio do trem.

c] Locomotivas

- ♦ TKU/locomotiva, TKU/locomotiva disponível, TKU/HP, TKB/locomotiva (por período);
- ♦ *percurso anual*: locomotiva-quilômetro;
- ♦ *disponibilidade (%)*: percentual do tempo em que as locomotivas estão à disposição do transporte (mede a qualidade da manutenção);
- ♦ *utilização da disponibilidade (%)*: percentual do tempo disponível efetivamente utilizado para trens e manobras (mede a qualidade do gerenciamento do transporte);
- ♦ consumo de combustível (L/1.000 TKU e L/1.000 TKB).

d] Vagões

- ♦ TU/vagão;
- ♦ TKU/vagão (por período);
- ♦ *disponibilidade (%)*: percentual do tempo em que os vagões estão à disposição do transporte (mede a qualidade da manutenção);
- ♦ *percurso anual*: vagão-quilômetro;
- ♦ *percentual de percurso carregado*: mede o aproveitamento do vagão;
- ♦ *receita/vagão*: por período.

Métodos de cálculo de desempenho de trens*Cálculos manuais*

Antigamente, o desempenho dos trens era estabelecido por meio de cálculos manuais, dos quais eram obtidos valores estimados, uma vez que algumas simplificações eram adotadas.

O processo era extremamente trabalhoso e lento, além de exigir muito esforço para calcular o desempenho do trem.

Simuladores de desempenho de trens

Definidos os tipos de trens por trecho, as características das locomotivas (esforço trator, peso, dimensões) e dos vagões (peso, dimensões), a geometria da via (planta e perfil), as velocidades máximas autorizadas por trecho, os pontos de restrição de velocidade e os pontos de parada, os desempenhos dos trens podem ser verificados em um simulador do tipo TPC (*train performance calculator*), sendo obtidas, em forma de planilha, as seguintes saídas para os pontos ao longo da linha:

- quilometragem do ponto;
- tempo acumulado de percurso em cada ponto;
- velocidade a cada ponto, possibilitando verificar se a velocidade mínima de circulação nas rampas críticas foi observada;
- forças atuantes no trem;
- potência desenvolvida;
- consumo de óleo diesel acumulado.

Existe também o simulador TPO (*Train Performance Optimizer*), por meio do qual se busca otimizar, por exemplo, o combustível, adequando-se o desempenho do trem com essa finalidade. Nesse caso, aproveita-se a energia cinética para subir rampas.

As ferrovias têm simuladores de operação de trens para treinamento de maquinistas e estudos de condução. Esses simuladores são dotados de réplicas de locomotivas com cabine, manipuladores de comando de tração e freios e contam, ainda, com a projeção da linha que se está simulando.

Pátios e terminais

Na ferrovia, o transporte de carga começa e termina nos pátios e terminais, onde são feitos os carregamentos, as descargas dos vagões e a formação e decomposição dos trens. Como se vê, eles têm papel fundamental na cadeia de transporte ferroviário.

Tipos de pátio

Existem diferentes tipos de pátio, escolhidos de acordo com as características da carga e dos volumes a serem movimentados.

Pátios planos

■ *Pátios convencionais com feixe de linhas*

São os pátios que têm um ou mais feixes de linhas, com declividade máxima de 0,2%, e que normalmente são utilizados para pequenas e médias movimentações,

sendo os vagões movimentados por locomotivas de manobra e/ou posicionador de vagões (Fig. 1.4).

■ *Peras ferroviárias*

São os terminais que possuem pera ferroviária para carregamento, geralmente com tulhas alimentadas por esteiras, ou para descarga de vagões em moegas, na maioria das vezes (Fig. 1.5). São empregadas para o transporte de grandes volumes de produtos a granel, como grãos, minérios e carvão mineral. Usualmente, a composição (locomotivas e vagões) é mantida sem desacoplamento durante a operação.

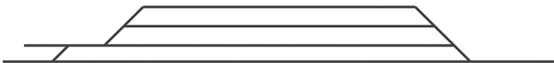


FIG. 1.4 Representação de um pátio convencional com feixe de linhas

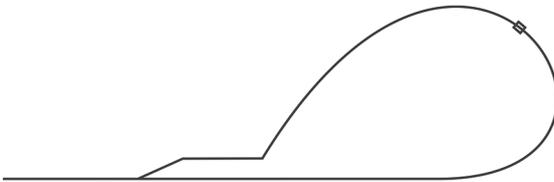


FIG. 1.5 Representação da pera ferroviária

Pátios de gravidade (hump yards)

São utilizados para triagem direta de um trem e apresentam uma linha mais elevada, na qual os vagões são empurrados pela locomotiva, desacoplados no topo da rampa e descem controladamente pelo declive (Fig. 1.6). Há um radar para a medição de velocidade,

um anemômetro para a medição da velocidade e da direção do vento e retardadores de velocidade, acionados pelo sistema, que adéquam a velocidade de acordo com a linha de destino e a posição na linha onde o vagão deve parar. Esses pátios atendem grande volume de vagões, porque são rapidamente triados. Geralmente, existe outro feixe de linhas na saída do pátio de gravidade, onde os trens são classificados e formados.

Funções exercidas nos pátios

Os pátios podem exercer diversas funções, de acordo com suas dimensões, as cargas movimentadas e o posicionamento do pátio na malha ferroviária:

- cruzamento de trens, com linhas para realizar o cruzamento de dois trens;
- recepção e formação de trens de longa distância com vagões destinados ao pátio ou com origem nele;
- recepção e formação de trens coletores e distribuidores de vagões carregados e vazios em desvios na região;
- triagem de vagões de acordo com seus destinos, classificação dos vagões no trem, com ordenação de acordo com os sucessivos pátios onde o trem deverá operar, e estacionamento dos vagões que aguardam o trem que os levará a seu destino;

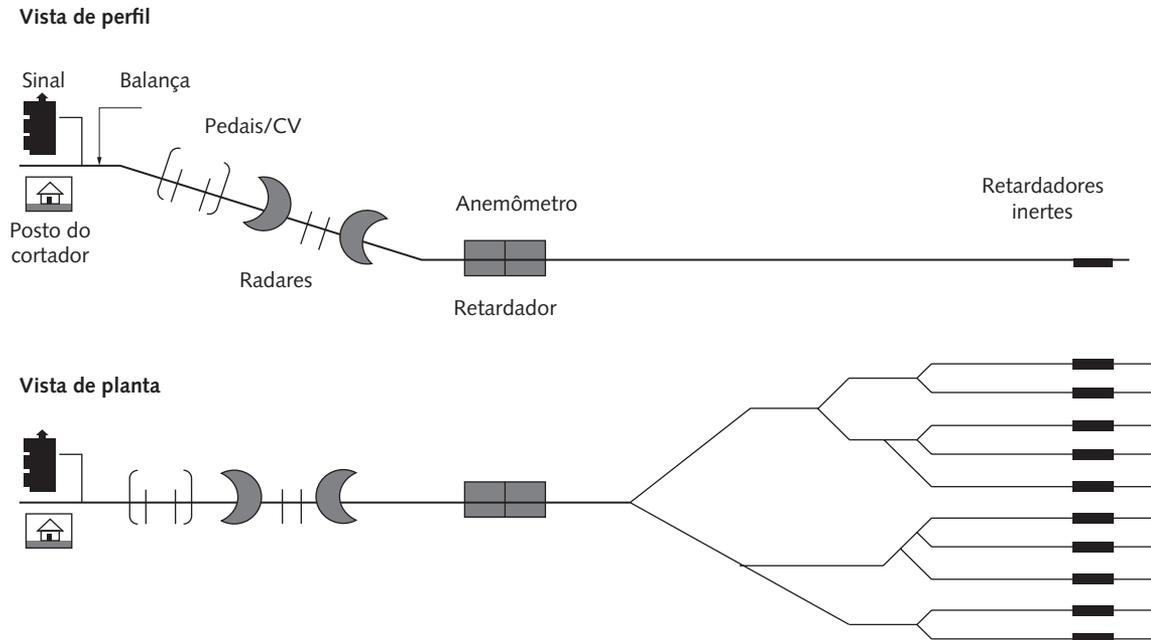


FIG. 1.6 Representação de um pátio de gravidade (*hump yard*)

- centralização e distribuição de carga de uma região, com coleta e distribuição de carga para pátios menores;
- transbordo de carga entre vagões de bitolas diferentes, por exemplo, 1,60 m e 1,00 m, ou troca de truques dos vagões com bitolas diferentes;
- carregamento e descarga de mercadorias em linhas do pátio e armazéns;
- armazenagem e estocagem de carga;
- linhas de abastecimento de locomotivas com óleo diesel e areia;
- linhas para lavagem de vagões para reutilização com outra carga;
- linhas de circulação interna;
- haste de manobra e de estacionamento de locomotivas;
- estacionamento de vagões avariados;
- linhas de apoio e acesso aos depósitos e oficinas de manutenção de locomotivas e vagões;
- triângulo de reversão de locomotivas ou girador de locomotivas, para inverter o sentido de circulação da(s) locomotiva(s);
- linhas de residência de manutenção da via permanente e estacionamento de equipamentos de manutenção da via.

A seguir, são detalhadas algumas dessas atividades e apresentados alguns aspectos que fazem parte das atividades de um pátio ferroviário.

Triagem, formação e classificação

A triagem dos vagões consiste em fazer sucessivas manobras em um grupo de vagões de modo a separá-los segundo seu destino.

A formação de um trem é feita com o agrupamento dos vagões com mesmo destino ou que serão deixados ao longo da viagem em pátios intermediários e com a conexão de mangueiras de freio entre os vagões.

A classificação é a manobra nos vagões do trem para formar grupos com mesmo destino e ordenados de acordo com a sequência de manobras previstas nos pátios intermediários.

Planejamento de manobras

A composição do trem que chega é fornecida pelo sistema de controle operacional. Com base nessa informação e na ocupação do pátio, são definidas as manobras para a triagem dos vagões do trem, de acordo com os destinos locais.

Os trens de distribuição são formados para os pontos de carga/descarga, com posicionamento de vagões em bloco para cada cliente e de acordo com a sequência de atendimento e a forma das manobras previstas (cauda ou frente). A(s) locomotiva(s) de manobra posiciona(m) os vagões nos pontos de carga/descarga (encoste), iniciando a contagem da estadia.

Esses trens conseguem simultaneamente fazer a coleta (retirada) de vagões destinados ao pátio, os quais podem estar carregados ou vazios. Poderão ser formados trens exclusivamente coletores de vagões em função da programação de trens e do tempo de carga/descarga no cliente.

Ao chegar ao pátio, os vagões de trens coletores são triados de acordo com os destinos externos e eventualmente reaproveitados para carregamento.

Os trens formados no pátio com destino externo podem ser de dois tipos: 1) direto para outro pátio (trem lotado), sendo, nesse caso, composto de vagões com destino àquele pátio ou além dele, de acordo com a Ordem de Serviço de Formação de Trens; 2) com paradas intermediárias para entregar e/ou pegar vagões, devendo os vagões ser agrupados por destino (blocados), ordenados segundo a sequência de pátios ao longo da rota e posicionados segundo o tipo de manobra prevista.

A redução dos tempos de permanência das locomotivas e vagões nos terminais representa sensível economia para a ferrovia, com redução da frota necessária e economia de combustível e de pessoal.

Em geral, os tempos de permanência dos vagões nos terminais para carga e descarga excedem o tempo gasto em seu deslocamento.

Documentação de trens e vagões

Os documentos que habitualmente acompanham os vagões/trem são: Nota Fiscal de Transporte Ferroviário de Carga, Conhecimento de Transporte Ferroviário de Cargas, Despacho de Cargas em Lotação e Boletim do Trem.

É fundamental que essa documentação esteja disponível na hora programada de partida dos trens, para não causar atrasos e prejuízos. A preocupação com o peso da carga dos vagões deve ser constante, por razões tanto comerciais quanto de segurança operacional.

Atualmente, os recursos de transmissão de informação permitem que documentos sejam recebidos por meio eletrônico, acelerando as operações. Outro aspecto a

se atentar é o despacho em grupo de acordo com o destino, para facilitar a formação dos trens.

Estadia de vagões

A estadia dos vagões corresponde ao tempo que os vagões permanecem à disposição dos clientes para as operações de carga e descarga.

Os contratos comerciais estabelecem as condições de entrega e recebimento dos vagões, especificando os dias da semana e horários, bem como o período de estadia livre, em que não há cobrança de taxa. Quando o vagão fica retido além do tempo estipulado, inicia-se a cobrança de estadia.

Nos casos de vagões de uma ferrovia em outra, as condições de estadia são estabelecidas pelos convênios de tráfego mútuo.

Equipamentos de carga e descarga

Em função da natureza da carga, são empregados diversos tipos de equipamento de carga ou descarga de vagões:

- *granéis sólidos*: tulha (silo de carregamento para grãos, minérios, carvão etc.), moega sob a linha para descarga e transferência para esteiras que levam a carga para silos e pilhas, *car dumper* (tombador de vagões sobre a moega, especialmente com minério de ferro, e que mantém a composição sem desacoplar os vagões graças aos engates rotativos), pá carregadeira etc.;
- *granéis líquidos*: bicos de carregamento alimentados por tubulação, que carregam os vagões-tanque por cima e descarregam acoplando mangueiras às tubulações de descarga ligadas aos tanques e silos (derivados de petróleo, álcool e cimento a granel com descarga pneumática);
- *carga geral*: empilhadeira, ponte e pórtico rolante, *krane-car*, eletroímã para produtos siderúrgicos e ferrosos, carga e descarga manual;
- *contêineres*: pórtico e ponte rolante, *stacker* (empilhador), “*transtêiner*” (estrutura sobre pneus ou rodas sobre trilhos).

Equipamento de movimentação de vagões nos pátios

Para posicionar os vagões nos pontos de carga e descarga geralmente são empregados os seguintes equipamentos:

- locomotivas principais que chegam ao pátio no trem, principalmente no caso de trens unitários;
- locomotivas de manobra alocadas ao pátio, geralmente menores ou mais antigas que as principais;
- locotrator (*track-mobil*, veículo rodoferroviário) e trator, para pequena quantidade de vagões;
- posicionador de vagões com garras ou com cabos (*car puller*).

Nos pátios com bitola mista, é comum a utilização de vagões “maromba”, que possuem engates de bitolas diferentes (no eixo de cada bitola), de modo a permitir que uma locomotiva consiga manobrar vagões das duas bitolas.

Sinalização de pátios

Usualmente, os pátios de menor movimentação apresentam linhas internas não sinalizadas, e a movimentação dos aparelhos de mudança de via (AMV) é feita manualmente.

Em pátios de grande movimento, geralmente existe um controle local que comanda a abertura e o fechamento dos sinais luminosos e a movimentação, a distância, das máquinas de chave elétricas ou pneumáticas, que posicionam os aparelhos de mudança de via (AMVs).

1.4 Fases de um projeto

É importante salientar que um projeto ferroviário, por sua importância e custo, sempre deve ser desenvolvido em pelo menos três fases:

- estudos preliminares (ou de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA);
- anteprojeto (ou projeto básico – instrução normativa nº 80-IN-011A-00-7001 da Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., empresa pública vinculada ao Ministério dos Transportes);
- projeto final de engenharia (ou projeto executivo – instrução normativa nº 80-IN-012A-00-8001 da Valec).

Cada fase deve apresentar nível de detalhe e de exatidão compatíveis com seus objetivos, custos e prazos de elaboração.

Concomitantemente com a implantação da ferrovia, deve-se elaborar o *as built* (como construído), no qual são mostradas todas as adequações e/ou alterações ocorridas durante a obra em relação ao projeto contratado.

Apesar da importância do *as built*, ele não será abordado neste livro, uma vez que não difere do serviço de qualquer outra modalidade da Engenharia Civil.

1.4.1 Estudos de viabilidade

Definida a necessidade de transporte de pessoas ou bens entre dois pontos que, pelas características, possa ser feito por ferrovia, ou constatada a necessidade de reforma, ampliação ou melhoria da capacidade de uma ferrovia existente, são necessários estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEAs) para definir sua viabilidade, receitas e custos estimados, prazos de implantação e a comparação de sua eficiência com outros meios de transporte concorrentes ou complementares.

Ressalte-se que a ferrovia, um pouco menos que a hidrovia – pois esta exige um rio navegável durante todo o ano (ou a maior parte dele) –, tem limitações quanto a origens e destinos se comparada com modais rodoviários, pois estes permitem o transporte porta a porta. Isso leva a considerar a intermodalidade dos transportes, em que cada um, com suas vantagens, pode complementar os demais, otimizando o sistema de transporte como um todo.

No caso de uma ferrovia existente, os estudos de viabilidade das melhorias a serem implantadas são mais simplificados em relação à sua implantação, pois:

- a) seu traçado e seus principais pontos de passagem estão definidos, o que resume ou mesmo elimina o estudo de traçado. Nesse caso, geralmente há apenas

melhorias pontuais para a solução de problemas específicos, em particular quanto à operação ou em razão de interferências, por exemplo, em núcleos habitacionais desenvolvidos em torno da ferrovia. Pode ainda existir a necessidade de criar ligações com outros centros produtores ou de consumo;

- b] as demandas já são bem conhecidas e consolidadas, o que minimiza erros por estimativas de projeções de taxas de crescimento e de previsões de implantação de empreendimentos (futuros clientes);
- c] o conhecimento estabelecido sobre o regime pluviométrico e o comportamento de bacias hidrográficas facilita o detalhamento do custo de drenagem;
- d] o histórico da manutenção da ferrovia, particularmente de toda a via permanente, fontes de materiais de construção etc., minimiza erros de estimativa de custos de sua implantação e conservação;
- e] dados concretos sobre a operação minimizam problemas quanto à simulação operacional, consumos de combustível ou de energia elétrica etc.

De qualquer modo, o estudo preliminar é composto pela estimativa de custos, somando-se todas as despesas ao longo da vida útil da ferrovia, incluindo a implantação inicial da via permanente e as melhorias futuras, a aquisição de material rodante, a desapropriação da faixa de domínio, as compensações ambientais e a operação e manutenção da via.

Em seguida, ponderam-se as receitas estimadas (inclusive as extraoperacionais – ver Medeiros, 1987) e se verifica a relação custo-benefício e as taxas internas de retorno para a tomada de decisão. Também é pertinente, nessa fase, considerar os benefícios e os custos sociais associados.

A metodologia para o cálculo de receitas e demais estudos econômicos ou de custos operacionais ou sociais não cabe neste livro, sendo listados aqui apenas os procedimentos que levam à estimativa de custo direto de implantação.

Os estudos preliminares se iniciam pela definição da demanda e dos pontos obrigatórios de passagem e, por meio dos estudos operacionais, são definidos os parâmetros condicionantes do projeto, tais como: comprimento das composições, rampas máximas por trecho, raio mínimo, largura da(s) bitola(s), tipo de via (singela ou dupla), tipo de tração, espaçamento entre desvios de cruzamento e maneira de sua implantação (no início ou em fases), tipo e localização das instalações auxiliares, pátios de integração (unimodais ou multimodais), tipo de vagão e de locomotiva e tipo de sinalização e de telecomunicações.

No caso de transporte de passageiros, deve-se também incluir a seleção dos locais das estações comuns e de integração unimodal ou multimodal. Entre os diversos critérios para a seleção de estações de integração, pode ser utilizado o da centralidade (Nabais, 2005).

A partir daí, sobre as cartas de escalas de 1:50.000 ou 1:25.000, pode ser definida a diretriz e suas alternativas para desenvolver, com o auxílio de dados geológicos, o projeto geométrico, permitindo a estimativa do custo de terraplenagem e do comprimento e custo das principais OAEs (túneis, pontes, viadutos). Nessa fase, a estimativa de custos de drenagem, superestrutura ferroviária, obras complementares e de rema-

nejamento de interferências pode ser feita por um valor médio por quilômetro, pois a identificação de fontes de materiais de construção é muito imprecisa.

Estudos ambientais e arqueológicos também são fundamentais nessa fase, uma vez que a presença de obstáculos ambientais ou de sítios arqueológicos pode ser decisiva para a seleção do traçado e, eventualmente, inviabilizar o empreendimento.

O custo de desapropriação nessa fase deve ser estimado com base na área total a ser desapropriada multiplicada por valores médios de terrenos, estimados por localização e tipo de ocupação de forma macro (pasto, tipo de ocupação agrícola, benfeitorias atingidas).

Já a estimativa de custo de construção da infraestrutura de via permanente pode ser obtida do Sistema de Custos Rodoviários (Sicro) (DNIT), e a da superestrutura, dos preços médios de licitações recentes no Brasil.

Os custos de material rodante dependem da frota selecionada, enquanto os das instalações auxiliares devem ser estimados por valores médios. Por sua vez, os custos anuais de conservação e manutenção podem ser estimados em consulta a operadoras ferroviárias ou com base em dados históricos para cada tipo de ferrovia e de região.

Por fim, os custos de melhorias constam de eventuais ajustes de traçado ou correções do greide, implantação de desvios de cruzamento adicionais etc. Essas melhorias são implantadas somente quando necessárias e já com a ferrovia gerando receitas operacionais e extraoperacionais, sendo seus custos individualizados para cada ferrovia e trecho (Medeiros, 1987).

Para o desenvolvimento do projeto geométrico, pode ser utilizado o Escopo Básico EB-101 da publicação IPR 726 do DNIT (2006c), substituindo-se, por exemplo, os estudos de tráfego pelos operacionais.

A Fig. 1.7 ilustra, de modo sucinto, a sequência de operações para o estudo de viabilidade técnico-econômica.

1.4.2 Anteprojetos

Definida a viabilidade técnico-econômica, passa-se à fase seguinte: anteprojeto ou projeto básico. No Brasil, o desenvolvimento do projeto básico pode ser efetuado de acordo com a instrução normativa nº 80-IN-011A-00-7001 (apresentação de projeto básico) da Valec.

Fundamentalmente, essa fase é composta do desenvolvimento dos estudos e projetos das principais disciplinas em escalas apropriadas (geralmente, 1:5.000), conseguindo-se, assim, quantitativos estimados com maior nível de precisão, e pode-se alcançar até aproximadamente 20% dos valores finais. Para a obtenção dessa escala, pode-se trabalhar com fotografia aérea, em voo que permita fotografia na escala de 1:15.000 (pode ser restituída em 1:5.000 e com curvas de nível a cada 2 m), em que já podem ser identificados os principais acidentes topográficos, pequenas e médias bacias hidrográficas, a extensão aproximada das principais OAEs e algumas das principais interferências.

Nessa fase, são necessários alguns estudos de campo com, no mínimo, investigações geotécnicas e sondagens nas margens dos rios, para ser possível avaliar o tipo de

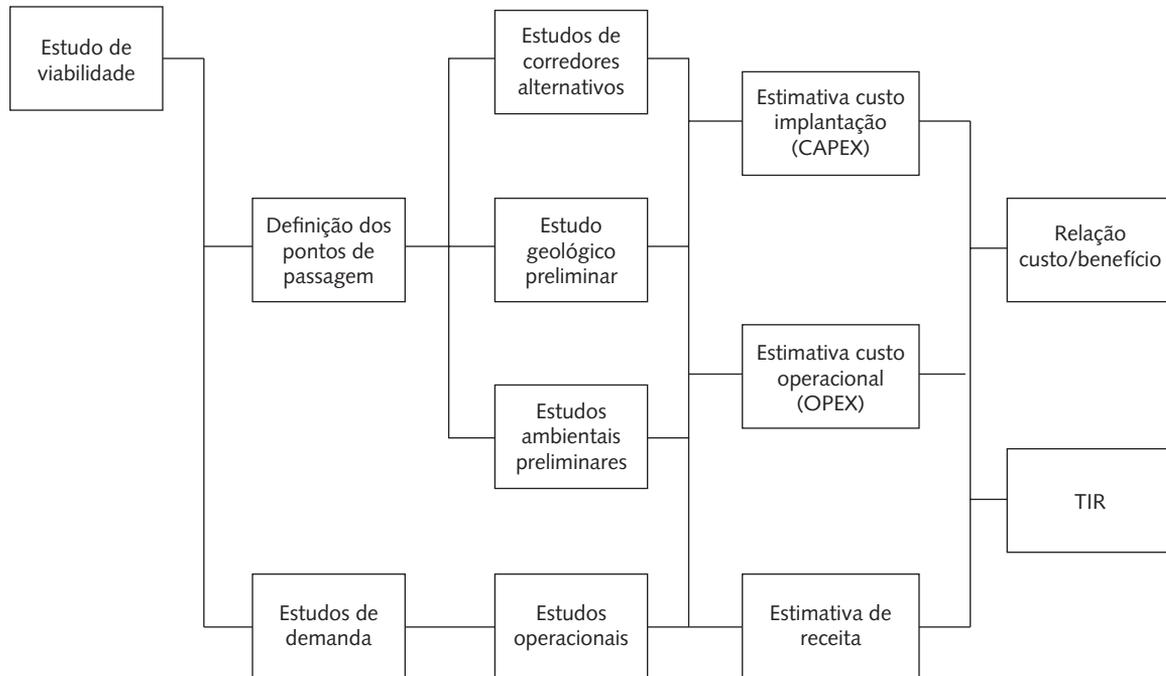


FIG. 1.7 Fluxograma do estudo de viabilidade técnico-econômica

fundações das OAEs e ter noção das distâncias de transporte, com base em uma pesquisa inicial de pedreiras, jazidas e areais e na identificação de locais onde haja solos de baixa capacidade de suporte. Deve-se aproveitar essa fase para tentar melhorar cruzamentos de rios, identificar as interferências mais importantes e localizar potenciais locais para a instalação de canteiros etc. Além da parte geológica e geotécnica, vistorias de profissionais ligados a geometria, hidrologia e drenagem são muito recomendadas.

Assim, obtém-se um traçado mais detalhado que o da fase inicial, com raios de curvatura adequados à classe da ferrovia, podendo ser lançado um greide e serem estimados volumes, classificados e a distribuição de terraplenagem. Também podem ser elaborados anteprojetos de drenagem, obras de arte correntes e especiais, contenções e remanejamento de interferências, além de serem avaliadas obras complementares. O anteprojeto de desapropriação também pode ser elaborado, com os laudos e avaliações das propriedades e benfeitorias a serem desapropriadas.

É nessa fase também que os estudos ambientais começam a ser detalhados, atendo para a obtenção de licenças adequadas a esta e à próxima fase do projeto, tais como as licenças de supressão de vegetação, permitindo o desenvolvimento dos serviços de campo.

No que diz respeito à superestrutura ferroviária, procede-se ao seu cálculo adequado ao tipo de trem adotado e à carga prevista – distância entre dormentes e tipo de dormente, espessura de lastro e tipo de trilho, além da identificação preliminar de pedreira de lastro, a qual já deve ter amostras coletadas e ensaiadas para verificar sua qualidade e avaliar sua suficiência volumétrica. Admite-se, nessa fase de estudo, que pedreiras comerciais sejam indicadas, mas é recomendável o estudo de pedreiras inexploradas, principalmente se a distância de transporte, a qualidade

do material e sobretudo a extensão do projeto e os volumes de brita necessários (lastro, dormentes, moirões de cercas, bueiros e demais obras de concreto) justificarem a instalação de uma central de britagem exclusiva para a implantação.

Com esses anteprojetos concluídos, pode-se estimar os serviços necessários e avaliar os quantitativos de maneira mais precisa em relação à fase anterior, sendo viável, portanto, estimar o custo da obra com mais detalhe e exatidão. Com base na lei de licitações (Lei nº 8.666 – Brasil, 1993), já é possível licitar a obra com esses valores, sabendo-se, entretanto, que sofrerão variações expressivas nas fases posteriores.

No entanto, não se pode esquecer que o projeto dito básico, ou anteprojetos, apesar de já fornecer nível adequado à licitação e contratação das obras, ainda não apresenta bom nível de detalhe. Deve-se, então, passar à fase seguinte, que permite a execução dos serviços com menos surpresas e imprevistos.

A Fig. 1.8 ilustra as fases do projeto básico.

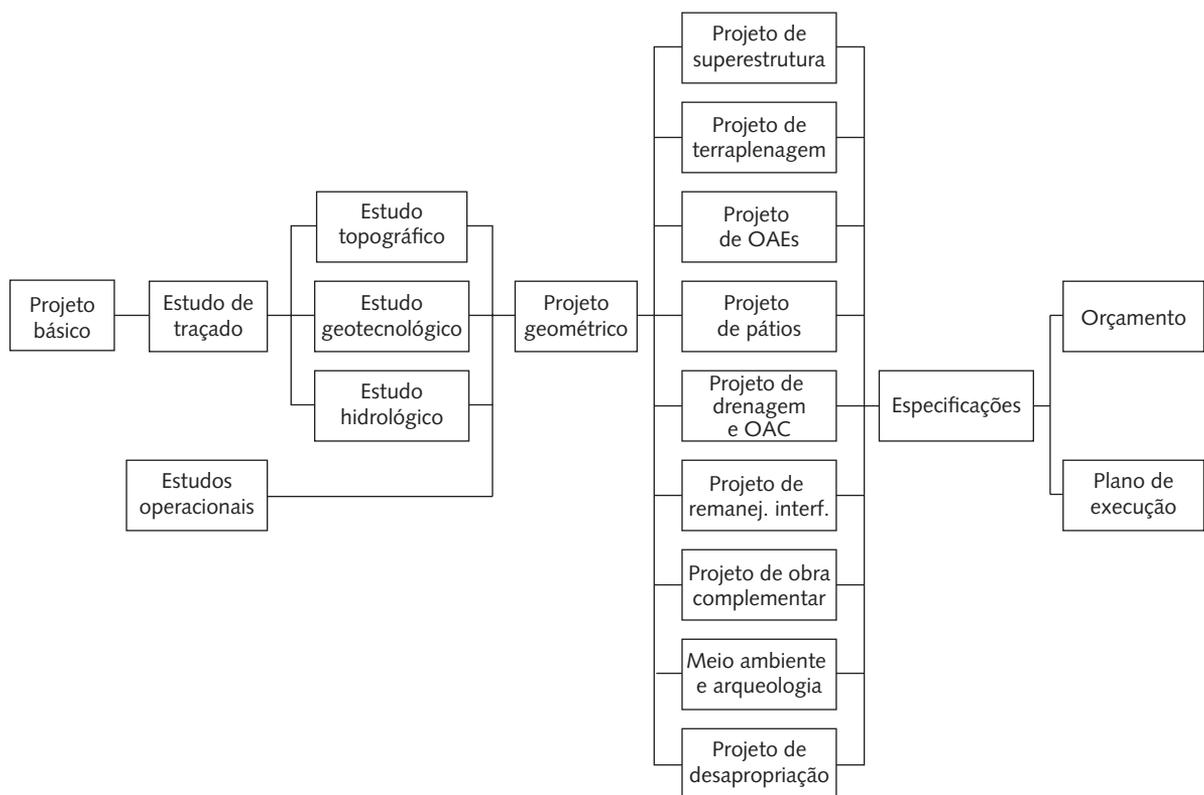


Fig. 1.8 Fluxograma do projeto básico (instrução normativa nº 80-IN-011A-00-7001 da Valec)

1.4.3 Projeto executivo

Concluído o anteprojetos, passa-se à fase de projeto final, de engenharia ou executivo, em que se realiza topografia de campo, mais investigações geotécnicas e mais serviços de campo nas diversas disciplinas do projeto.

Nessa fase, trabalha-se com escalas menores (1:500 a 1:2.000) e são emitidas notas de serviço de todas as disciplinas: terraplenagem, drenagem e OAC, superestrutura e obras complementares. As OAEs e os túneis deverão ser detalhados como mostrado nos capítulos correspondentes deste livro.

O grau de precisão dos quantitativos se aproxima muito dos valores finais da obra. É nessa fase que se corrigem pequenas diferenças de traçado e greide, evitando os principais problemas que não foram detectados anteriormente, em particular desapropriações de benfeitorias de valor histórico, arqueológico, social ou financeiro, problemas de solos moles ou de natureza geológica, problemas associados à arqueologia e ao meio ambiente, interferências de maior importância etc.

Em suma, a principal diferença do projeto básico para o projeto executivo é o nível de precisão e de detalhe, pelo uso de escalas mais adequadas e maior informação das equipes de campo.

O projeto de desapropriação engloba o cadastro de benfeitorias para a aplicação de valores reais, e o orçamento é determinado com base em quantitativos calculados, e não em estimativas ou valores médios.

Nos Caps. 3 a 7, serão abordados os principais aspectos do projeto executivo, cuja sequência usual é apresentada na Fig. 1.9.

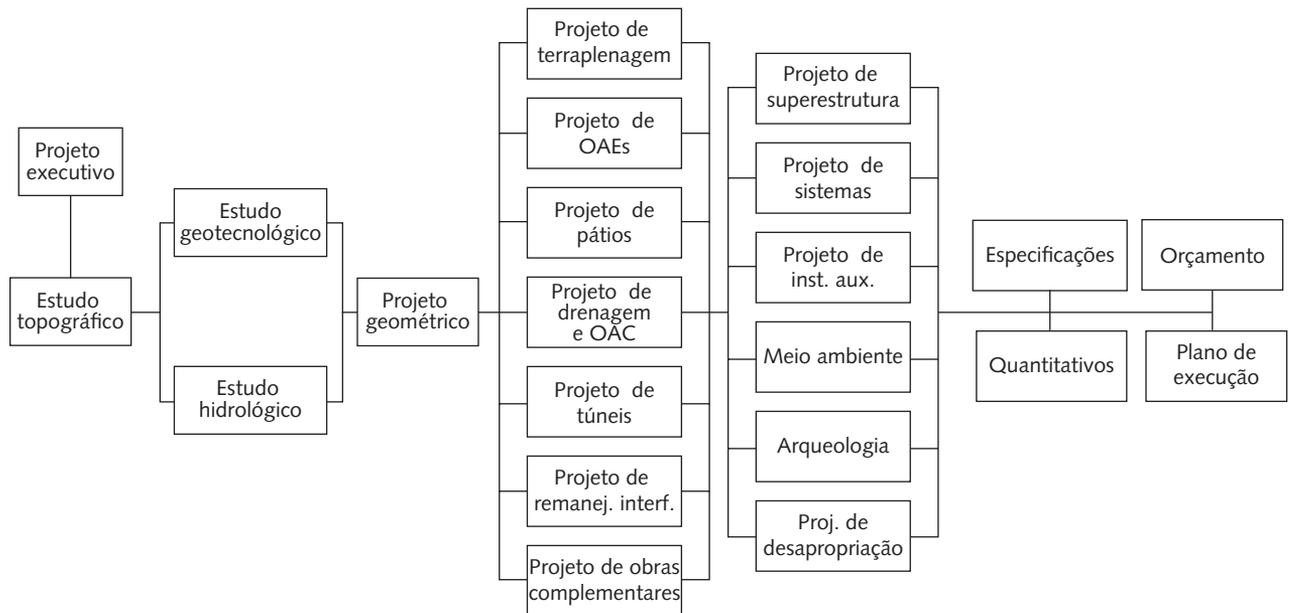


FIG. 1.9 Fluxograma do projeto executivo (instrução normativa nº 80-IN-012A-00-8001 da Valec)

1.5 Especificações

O Brasil possuía um conjunto de normas e especificações do corpo técnico da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA). Com sua extinção, grande parte desse acervo se perdeu.

Recentemente, a Valec, em grande parte influenciada por esse acervo e por alguns técnicos advindos da RFFSA, desenvolveu e atualizou uma coletânea de normas de projeto e de construção, com o acréscimo e a adaptação de normas, especificações e instruções de serviço do extinto DNER (atual DNIT) e da experiência internacional. Participaram desse empreendimento profissionais da área ferroviária, consultores e o corpo técnico da Valec.

A Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), órgão do Ministério das Cidades responsável pela política de transporte metropolitano de passageiros, também possui normas e especificações de serviços ferroviários em vigor, elaboradas por seu corpo técnico e que refletem sua experiência acumulada e padrões em uso no Brasil.

É importante salientar que a experiência e a vocação da Valec são direcionadas para o transporte de carga, enquanto a CBTU é responsável pelo transporte urbano de passageiros (essa responsabilidade está em processo de descentralização para os Estados desde a década de 1990).

Atualmente, o DNIT, por meio de sua Diretoria de Infraestrutura Ferroviária, efetua consulta pública para a emissão de um conjunto de Instruções de Serviços Ferroviários (ISF) com enfoque no projeto (ver <www.dnit.gov.br/noticias/consulta-publica-instrucoes-de-servicos-ferroviarios>). A Valec e o DNIT pertencem ao Ministério dos Transportes, o que poderá facilitar a criação de um único e coerente conjunto de especificações, com a atualização das normas existentes e em vigor e que atualmente regulam os contratos de projeto, construção e fornecimentos entre o Ministério e seus diversos fornecedores.

Além dessas três entidades governamentais (Valec, CBTU e DNIT), há a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as operadoras de ferrovias, as entidades de classe (associações de consultores de engenharia e de fornecedores de material rodante e de materiais e equipamentos ferroviários) e os organismos internacionais ligados à ferrovia (por exemplo, a Arema, antiga Area). Todos apresentam normas e padrões próprios.

É evidente a necessidade da criação de comitês interministeriais e da presença de representantes da sociedade para que, somando-se as experiências individuais, crie-se um padrão único de normas, evitando duplicidades ou mesmo eventuais contradições, prejudiciais para a produtividade e a qualidade de projetos e obras. Os documentos produzidos pelo DNIT e pela Valec estão sendo padronizados atualmente.

A seguir, são detalhadas as especificações brasileiras mais relevantes.

1.5.1 Especificações da Valec

Ao longo de sua existência, a Valec desenvolveu normas e especificações tanto para projetos básicos e executivos (as principais serão descritas nos capítulos correspondentes a cada disciplina) quanto para obras e materiais, utilizando ou adaptando às atuais condições brasileiras, sempre que viável, especificações de órgãos reconhecidos, como o DNIT.

1.5.2 Especificações do DNIT

A Diretoria de Infraestrutura Ferroviária (DIF) do DNIT desenvolve uma série de minutas de Especificações de Projeto (ISF), bem como de Especificações de Materiais (ETM) e de Serviços (ETS), exemplificadas nos capítulos correspondentes.

Além disso, no que diz respeito às especificações de materiais e de obras, o DNIT possui amplo espectro de especificações rodoviárias, aplicáveis em terraplenagem, drenagem, obras complementares e obras de arte correntes e especiais. Como os serviços de pavimentação são usuais em praticamente todos os projetos ferroviários

(por exemplo, acessos, pátios intermodais e instalações de apoio), as especificações de pavimentação do DNIT também são aplicáveis.

1.5.3 Especificações da ABNT

A ABNT também possui leque amplo de especificações, principalmente para materiais de via permanente (infraestrutura e superestrutura). A NBR 7641 (TB 131) (ABNT, 1980), por exemplo, estabelece toda a terminologia ferroviária.

Salvo casos especiais devidamente justificados, as normas da ABNT devem ser seguidas. Também podem ser utilizadas normas internacionais reconhecidas, em particular normas dos Estados Unidos ou do Reino Unido (British Standards), que têm experiência secular nessa área.