

DNIT

***Diretoria de Infraestrutura
Ferroviária***



Produto 8

Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
2. INTERFERÊNCIAS URBANAS	3
3. PARÂMETROS DE INTERVENÇÃO - CONCEITOS	5
4. DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS	12
5. ANÁLISE DOS PARÂMETROS E INDICAÇÃO DA INTERVENÇÃO	21
6. PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE	30
7. FLUXOGRAMA DA ANÁLISE	36
8. ANEXOS	38
9. BIBLIOGRAFIA	60

PRODUTO 8

Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo a definição de parâmetros indicadores para intervenções em passagens em nível em áreas urbanas e a implementação de uma sistemática de determinação de solução mais apropriada para servir de subsídio ao estabelecimento, pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, de diretrizes necessárias à elaboração de projetos visando à eliminação ou a redução de interferências do tráfego ferroviário em centros urbanos.

O estudo auxiliará, ainda, na determinação de diretrizes para que os postulantes a projetos de contornos ferroviários, transposição e travessia de linha férrea possam, previamente, verificar a adequação de seus pleitos e definir prioridades de projeto e implantação.

1.2. Considerações Gerais

O surgimento e expansão de áreas urbanas às margens das ferrovias desencadearam processos de conflitos com as comunidades quando da passagem do trem, tais como a retenção do tráfego urbano gerando congestionamentos, níveis de ruído, poluição atmosférica e acidentes, sendo esse último muitas vezes devido à ausência ou deficiência de sinalização das passagens em nível e ao descuido e à imprudência dos motoristas e pedestres.

Os trens, por sua vez, são forçados a trafegar com velocidade baixa nessas áreas, reduzindo assim a competitividade desse modal de transporte devido à diminuição de sua eficiência operacional e energética.

Para a eliminação ou redução desses problemas, melhorias físicas devem ser implementadas, no entanto, a escolha da solução a ser adotada depende basicamente das condições locais e do tipo de interferência existente.

Neste estudo estão identificados os principais tipos de interferências urbanas e os parâmetros técnicos a serem considerados para auxiliar na definição da intervenção a ser adotada. Também está contemplada uma sistemática com procedimentos para inferir e projetar análises conclusivas.

2. INTERFERÊNCIAS URBANAS

2.1. Passagens em Nível

Passagens em nível são os cruzamentos dos modais rodoviário e ferroviário em um mesmo plano. Estes cruzamentos são pontos de conflito com o tráfego de veículos urbanos e a circulação de pedestres, que colocam em risco a operação ferroviária e a comunidade local.

2.2. Invasão de Faixa de Domínio

Entende-se como faixa de domínio a faixa de terreno de pequena largura em relação ao comprimento em que se localizam as vias férreas e demais instalações da ferrovia, inclusive os acréscimos necessários à sua expansão.

O item III, do Art. 4, da Lei nº 6.766, de 1979, alterada pela Lei nº 10.932, de 2004 reza: *“ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica”*.

De acordo com o Comitê de Planejamento da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF, baseado em dados de 2007, foram verificadas 434 invasões na faixa de domínio das malhas concedidas à iniciativa privada.

Principais problemas causados pela invasão da faixa de domínio:

- ◆ Risco de acidentes;
- ◆ Prejuízo ao desempenho operacional, das ferrovias em virtude da redução da velocidade média de 40km/h para 5km/h nas áreas urbanas;
- ◆ Roubos de carga e vandalismo;
- ◆ Dificuldade de captação de cargas de alto valor agregado.

2.3. Níveis de Ruído

É o conjunto de todos os ruídos provenientes de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo, numa determinada área que causam desconforto auditivo.

Ao falar sobre poluição sonora é preciso distinguir som de ruído. Som é qualquer variação de pressão que o ouvido humano possa captar, enquanto ruído é o som ou conjunto de sons indesejáveis, desagradáveis e perturbadores.

No presente estudo a poluição sonora é decorrente do ruído do motor da locomotiva, contato roda x trilho quando da passagem dos trens e o acionamento da buzina para fins de alerta aos motoristas e pedestres e, em alguns casos, os dispositivos sonoros quando do acionamento das *cancelas* em passagens em nível com sinalização ativa.

2.4. Poluição Atmosférica

Poluição atmosférica é o efeito provocado por alterações na atmosfera susceptíveis de causar impacto a nível ambiental ou de saúde humana, através da contaminação por gases, partículas sólidas, líquidas em suspensão, material biológico ou energia.

Em áreas onde há interferências como invasão da faixa de domínio e passagens em nível inadequadas, a composição ferroviária é obrigada a percorrer esse trecho com velocidade bastante reduzida, aumentando o tempo para transpor a extensão ferroviária em conflito com a área urbana, podendo em alguns casos gerar prolongadas retenções do tráfego local.

A poluição atmosférica gerada devido à existência de uma transposição ferroviária em nível inadequada, em área urbana, conforme descrito acima, é geralmente resultante da emissão de poluentes pelos veículos retidos que, somados à emissão dos gases expelidos pelas locomotivas que tracionam a composição ferroviária, ocasionam uma grande concentração de poluentes no local da passagem em nível. No entanto essas emissões não causam grandes impactos ambientais, porém gerar relativo desconforto a quem transita, reside ou trabalha nas proximidades.

3. PARÂMETROS DE INTERVENÇÃO - CONCEITOS

3.1. Passagem em Nível

Existem três parâmetros de análise de Passagens em nível:

A. Fator Ponderado de Acidentes (FPA)

O **FPA** é definido pela norma brasileira NBR 11440 e determina a potencialidade de risco de uma passagem em nível.

B. Grau de Importância (Gi)

O **Gi** é definido pela norma brasileira NBR 10938 como um indicador que relaciona o fluxo de veículos rodoviários com a quantidade de trens que passam em um cruzamento por um dia, aplicando um fator representativo das condições operacionais da passagem em nível.

C. Momento de Circulação (MC)

O **MC** é definido pela norma brasileira NBR 7613 como um indicador similar ao Grau de Importância - **Gi**, porém relaciona o volume de veículos rodoviários com a quantidade de trens que cruzam a PN durante o dia e a noite.

Para a determinação do Grau de Importância e do Momento de Circulação é necessário o levantamento das características físicas da área onde a passagem em nível (PN) está localizada, assim como os aspectos dos tráfegos ferroviário e rodoviário existentes no local.

Essas informações serão utilizadas também para análise, avaliação e definição do tipo da solução a ser adotada para eliminar ou minimizar a interferência.

Relacionamos a seguir os parâmetros a serem identificados:

3.1.1. Classificação da Via Urbana

A classificação das vias urbanas normalmente é realizada levando em consideração o volume de tráfego e o acesso ao local. Entende-se que o usuário ajusta seu comportamento de acordo com as condições físicas e operacionais encontradas. De acordo com o Código Brasileiro de Trânsito (2005), Lei 9.503, de 23/09/97, Art. 60, as vias urbanas abertas à circulação classificam-se, de acordo com sua utilização em:

- Via de Trânsito Rápido;
- Via Arterial;
- Via Coletora;
- Via Local.

3.1.2. Volume de Tráfego Rodoviário e Ferroviário

Para a determinação do volume de tráfego rodoviário e ferroviário, é necessária uma pesquisa de campo onde serão observados o número de veículos rodoviários que cruzam a passagem em nível durante um período de tempo e o número diário de trens que atravessam a área urbana em questão no mesmo período. Os dados observados indicarão a probabilidade de ocorrência de conflitos que possam afetar a segurança do tráfego e sua fluidez na passagem em nível.

A observação da composição do tráfego rodoviário é fundamental. Sendo assim, devem ser considerados: carros de passeio, motocicletas, coletivos e caminhões, de forma distinta, pois esses últimos apresentam características operacionais mais restritas do que os demais veículos, necessitando de um tempo maior para atravessarem o cruzamento. Deve-se levar em conta também o trânsito de pedestres, bicicletas e veículos de tração animal.

De acordo com a NBR 15680, item **15**, alínea **b**, a Passagem em Nível Pública não é permitida “em via férrea com intervalo de tráfego inferior a 30 minutos”. Ou seja, se o número de trens que atravessam o cruzamento for tal que o intervalo entre eles seja menor do que 30 minutos, a norma contraindica a permanência da passagem em nível.

3.1.3. Velocidade Máxima Autorizada

Os motoristas de veículos rodoviários devem obedecer à velocidade máxima permitida na via urbana indicada por meio de sinalização visual, assim como os maquinistas e operadores de veículos ferroviários devem respeitar a velocidade máxima do trecho para a movimentação de trens.

A velocidade de cada transporte tem influência em outro importante parâmetro que deve ser observado em passagens em nível: a Distância de Visibilidade de Parada (**DVP**), a ser abordado mais adiante no item 3.1.11 deste tópico.

3.1.4. Trânsito de Pedestres

A quantidade de pedestres e ciclistas que cruzam a passagem em nível deve ser considerada. Em áreas urbanas, o tráfego de pedestres pode ser muito intenso, principalmente nas proximidades de fábricas, escolas, conjuntos residenciais, rodovias e do comércio em geral. Quanto mais intenso o fluxo de pedestres, maior a incidência de riscos no cruzamento rodoferroviário.

3.1.5. Número de Vias Férreas

Os riscos inerentes a um cruzamento rodoferroviário estão intrinsecamente relacionados com o número de linhas férreas existentes. Quanto maior o número de trilhos a serem transpostos, maiores serão os riscos, pois os veículos irão demandar mais tempo para atravessar a passagem em nível. A avaliação do risco na travessia de múltiplas vias férreas é mais complexa nos casos em que dois ou mais trens atravessam o cruzamento ao mesmo tempo. É difícil precisar em qual via e a que velocidade um trem se aproxima.

Não se deve confundir vias férreas com tráfego regular com um pátio ferroviário. Neste último, devido às características de operação (manobra/formação de trens), é proibida a existência de passagem em nível.

3.1.6. Histórico de Acidentes

De acordo com o Artigo 2º, da Resolução ANTT nº 1431, de 26/04/2006, “*considera-se acidente ferroviário a ocorrência que, com a participação direta de trem ou veículo ferroviário, provocar danos a este, a pessoas, a outros veículos, a instalações, a via permanente, ao meio ambiente ou a animais, desde que ocorra a paralisação do tráfego*”.

Um indicador do nível de segurança oferecido em uma passagem em nível é a quantidade e a gravidade dos acidentes que ali ocorreram durante certo intervalo de tempo. Estes dados representam o potencial de perigo em cada cruzamento e devem ser usados juntamente com outros parâmetros na escolha das melhorias que poderão ser recomendadas.

3.1.7. Rampas de Aproximação

Conforme a NBR-15680, passagens em nível somente são admitidas em trecho em nível para ambas as vias, sendo admitida a rampa máxima de 3% para a via férrea.

Apesar de serem proibidos, muitos cruzamentos não se enquadram nessa condição. A rampa pode acarretar a diminuição da visibilidade (aproximação em aclave) ou aumento da distância de frenagem (aproximação em declive).

Em passagem em nível com rampa rodoviária pode ocorrer, por exemplo, de um motorista parar o veículo sobre a linha férrea para, então, certificar-se da aproximação ou não de uma composição ferroviária, procedimento que intensifica as condições de risco em um cruzamento.

3.1.8. Número de Faixas de Rodagem

As vias urbanas apresentam características que, em algumas situações, podem prejudicar a perfeita visualização do cruzamento rodoferroviário e da sinalização existente no local. As vias urbanas normalmente têm sentido duplo, com uma faixa por sentido, porém existem locais onde duas ou mais faixas são utilizadas por sentido. Nestes casos, a visibilidade pode ser prejudicada, especialmente onde o volume de tráfego for muito intenso.

3.1.9. Condições do Pavimento

Segundo a NBR-15680, a Passagem em Nível Pública deve ser revestida para o trânsito rodoviário, pelo menos nas faixas destinadas aos veículos e nos trechos mínimos em tangente e nível.

Entende-se por trecho em tangente o trecho em que, geometricamente, a via urbana se apresenta em linha reta e, por trecho em nível, quando o cruzamento se dá no mesmo nível da via férrea.

A pavimentação dos cruzamentos rodoferroviários deve ser mantida no melhor estado de manutenção possível para facilitar o deslocamento dos veículos rodoviários. Um pavimento em estado de conservação inadequado pode provocar redução de velocidade nos veículos e até paradas indevidas sobre a via férrea.

O tipo de pavimentação utilizado também deve ser observado, pois somente em cruzamentos com pavimentação asfáltica poderá ser implantada a sinalização horizontal.

Outro importante aspecto é o enchimento ou pavimentação que deve existir entre os trilhos da ferrovia. Assim como a via urbana, este deve estar no melhor estado de manutenção possível, sem valas ou buracos, a fim de facilitar a travessia e evitar que qualquer veículo fique preso sobre os trilhos.

3.1.10. Iluminação

A iluminação inadequada compromete as condições de segurança de uma passagem em nível. Os cruzamentos devem ser dotados de iluminação diferenciada da existente na via urbana local visando facilitar a sua identificação por motoristas e pedestres.

De acordo com o Railroad-Highway Grade Crossing Handbook – 1986 (Manual de Cruzamentos Rodoferroviários, elaborado pelo Ministério dos Transportes Norte Americano), a iluminação deve ser efetiva sobre as seguintes condições:

- Tráfego noturno de trens;
- Locais onde trens operam em baixas velocidades;
- Passagens em nível fechadas por longos períodos à noite;
- Passagens em nível onde a luz dos faróis dos veículos que esperam do outro lado da PN passa por debaixo do trem podendo fazer com que os motoristas no sentido oposto, ao verem os faróis, julguem que o caminho está livre.

A falta de iluminação ou iluminação insuficiente pode proporcionar redução da visibilidade nas passagens em nível. Essa situação pode fazer com que a sinalização existente no local não seja percebida, escondendo os perigos existentes e as condições de risco próprias de cruzamentos rodoferroviários.

3.1.11. Distância de Visibilidade de Parada (DVP)

O Manual de Cruzamentos Rodoferroviários - 1987 (elaborado pelo Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN) define Distância de Visibilidade de Parada como a distância de visibilidade necessária para o veículo parar com segurança, após o motorista perceber um objeto na pista; ou seja é, a distância de visibilidade mínima na via urbana suficiente para permitir que um veículo trafegando na velocidade máxima

permitida no trecho pare antes de alcançar o objeto. Todas as passagens em nível devem atender à Distância de Visibilidade de Parada.

3.1.12. Triângulo de Visibilidade

De acordo com o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários - DENATRAN, ao aproximar-se de um cruzamento rodoferroviário, o motorista de um veículo deve ter visibilidade que abranja o cruzamento e uma área lateral suficiente para que ele tenha o controle o seu veículo no caso da aproximação de um trem, evitando situações perigosas; ou seja, uma área onde a visibilidade seja suficiente para que o motorista tome a decisão de parar ou não, com segurança.

Algumas considerações a serem feitas a respeito desse parâmetro:

- O Manual de Cruzamentos Rodoferroviários é uma referência sem, entretanto, ter a força de Lei. Todo o trânsito no território nacional é regido pelo Código de Trânsito Brasileiro - CTB, instituído pela Lei Nº 9.503 de 23/09/1997;
- O conceito para utilização do “Triângulo de Visibilidade” considerado no Manual contraria o que determina o Código de Trânsito Brasileiro no seu artigo Art. 212, que estabelece: Deixar de parar o veículo antes de transpor a linha férrea é infração gravíssima penalizada com multa;
- Outro ponto observado em relação ao Manual refere-se à Lei 6.766 de 19/12/1979, alterada pela Lei nº 10.932, de 2004, que proíbe a construção à distância inferior a 15 metros do eixo da linha férrea. Portanto, se são permitidas construções a 15 metros do eixo da ferrovia, torna-se inviável, em muitos casos nas áreas urbanas, a aplicação do triângulo de visibilidade instituído pelo referido Manual, pois edificações nessa distância da linha compromete a visibilidade do motorista.
- Assim, a visibilidade para o motorista se dará quando ultrapassada a divisa da faixa de domínio ferroviária (15 metros até o eixo da linha), quando este deverá parar e certificar-se da aproximação de qualquer trem e, então, decidir sobre cruzar a linha ou aguardar a passagem da composição que porventura esteja se aproximando.

Em função destas considerações, o que precisa ser assegurada é a Visibilidade de Parada e não necessariamente o “Triângulo de Visibilidade”. Por essas razões, esse parâmetro não será considerado no presente estudo.

3.2. Invasão da Faixa de Domínio

Devido aos vários e grandes problemas resultantes desse tipo de interferência, as concessionárias operam as locomotivas nesses locais a baixas velocidades, acarretando acréscimo de tempo para a composição ferroviária atravessar o município, o que pode ocasionar retenção do tráfego urbano e aumento do custo do transporte ferroviário. Para solucionar essa interferência é necessário o restabelecimento da faixa de domínio da ferrovia através da remoção das edificações existentes, assim como é recomendada a vedação da faixa.

A ação de reintegrar a faixa de domínio cabe unicamente ao poder público. Após ser reintegrada uma faixa de domínio invadida, recomenda-se que sejam realizados programas de educação e conscientização da população sobre os riscos e problemas que surgem quando as faixas de domínio das ferrovias são ocupadas.

3.3. Níveis de Ruído

Em virtude da variação de critérios referentes aos níveis de ruídos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu normas gerais de emissão de ruídos através da Resolução nº 001, de 08/03/1990, que estabelece que *“a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução”*.

Segundo a referida Resolução, as fontes sonoras devem ser limitadas a níveis que atendam à Norma NBR 10151, que recomenda, como níveis máximos de ruído externo para conforto acústico, os valores constantes da seguinte tabela.

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais e escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Na tabela seguinte são apresentados vários níveis de pressão sonora para algumas fontes de ruído conhecidas.

Tipos de ruídos	Nível de conforto	Nível de ruído (dB)
Fogos de artifício	DOLOROSO	150
Avião a jato decolando		140
Tiro de arma de fogo		130
Sirene de ambulância	PERIGOSO	120
Martelo pneumático		110
Buzina de locomotiva a 30 m	FATIGANTE	100
Motocicleta, Rua movimentada		90
Passagem de composição ferroviária	DESAGRADÁVEL	80
Restaurante barulhento		70
Pessoas conversando		60
Escritório		50
Sala de estar	REPOUSANTE	40
Quarto		30
Deserto		20
Camâra acústica		10

Fonte: www.nidcd.nih.gov

3.4. Poluição Atmosférica

Não serão determinados parâmetros de intervenção para poluição atmosférica, pois verificou-se que essa é atenuada ou até eliminada quando as interferências em passagens em nível e/ou invasões de faixas de domínio, que são as que ocorrem com maior frequência em áreas urbanas, são minimizadas ou removidas.

4. DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS

Para se realizar uma análise detalhada é necessária a obtenção de vários dados referentes às características físicas e operacionais de cada local onde é identificada a existência de área de interferência urbana.

4.1. Passagem em Nível

4.1.1. Sinalização Existente

A identificação da sinalização existente tem a finalidade de verificar o tipo de dispositivo empregado na passagem em nível, para que ao final da análise possa ser indicada a sua manutenção ou troca por outro dispositivo que apresente maior grau de segurança.

A identificação da sinalização deverá obedecer a Norma PB 802 (Passagem em Nível Pública - Equipamentos de Proteção) e o Manual de Cruzamentos Rodoferroviários do DENATRAN, conforme descrição abaixo (detalhes na seção ANEXOS):

PROTEÇÃO PASSIVA	
Tipo 0	Sem Proteção
Tipo 1a	Proteção simples
Tipo 1b	Proteção simples com sinalização de advertência
PROTEÇÃO ATIVA MANUAL	
Tipo 2a	Balizador manual
Tipo 2b	Barreira manual
Tipo 2c	Balizador manual com sinalização de advertência
Tipo 2d	Barreira manual com sinalização de advertência
PROTEÇÃO ATIVA ELÉTRICA	
Tipo 3a	Campainha com controle manual
Tipo 3b	Sinais luminosos com controle manual
Tipo 3c	Campainha e sinais luminosos com controle manual
Tipo 3d	Campainha e barreira manual
Tipo 3e	Sinais luminosos e barreira manual
Tipo 3f	Campainhas, sinais luminosos e barreira manual
PROTEÇÃO ATIVA AUTOMÁTICA	
Tipo 4	Campainha e sinais luminosos com controle automático
Tipo 5	Barreira automática

4.1.2. Classificação da via

A. Via Urbana

As vias deverão ser definidas conforme anexo I do código nacional de trânsito e manual brasileiro de sinalização de trânsito.

A.1. Via de Trânsito Rápido

Aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros, sem travessia de pedestres em nível e velocidade máxima entre 80 e 90 km/h;

A.2. Via Arterial

Aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade e velocidade máxima entre 50 e 70 km/h;

A.3. Via Coletora

Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que necessite entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arterial, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade e velocidade máxima entre 40 e 50 km/h;

A.4. Via Local

Aquela caracterizada por interseções em nível não sinalizadas por semáforos, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas e velocidade máxima entre 30 e 40 km/h.

B. Via Férrea

B.1. Via de Bitola Métrica

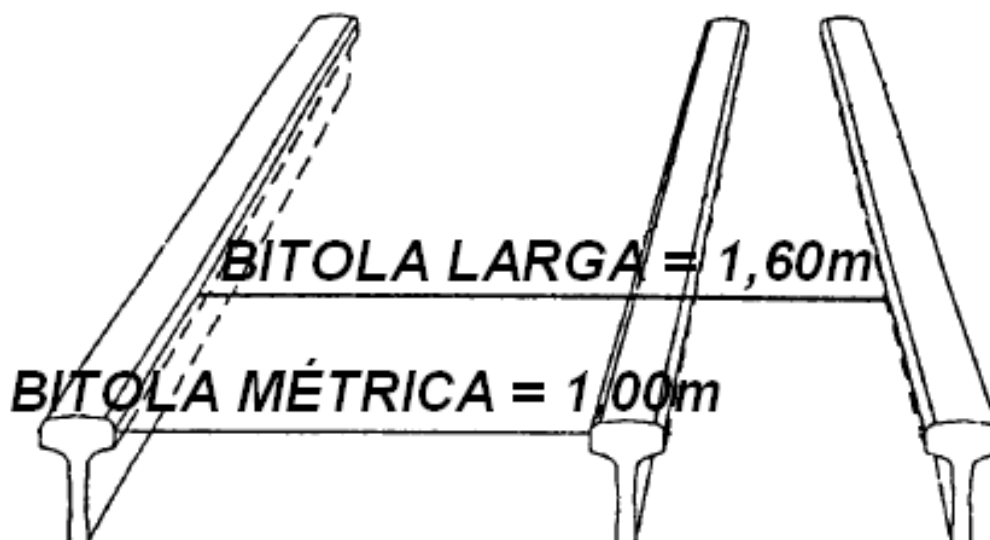
Via que apresenta trilhos dispostos, com distância entre as faces internas dos boletos de 1,0m (um metro);

B.2. Via de Bitola Larga

Via que apresenta trilhos dispostos, com distância entre as faces internas dos boletos de 1,60m (um metro e sessenta centímetros);

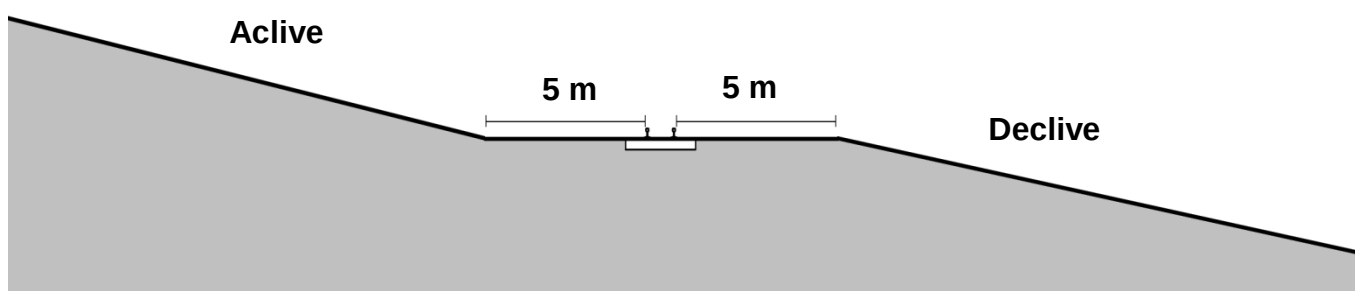
B.3. Via de Bitola Mista

Similar à via de bitola larga, com a presença de um terceiro trilho, cuja face interna do boleto está a 1,0m (um metro) da face interna do boleto do trilho esquerdo.

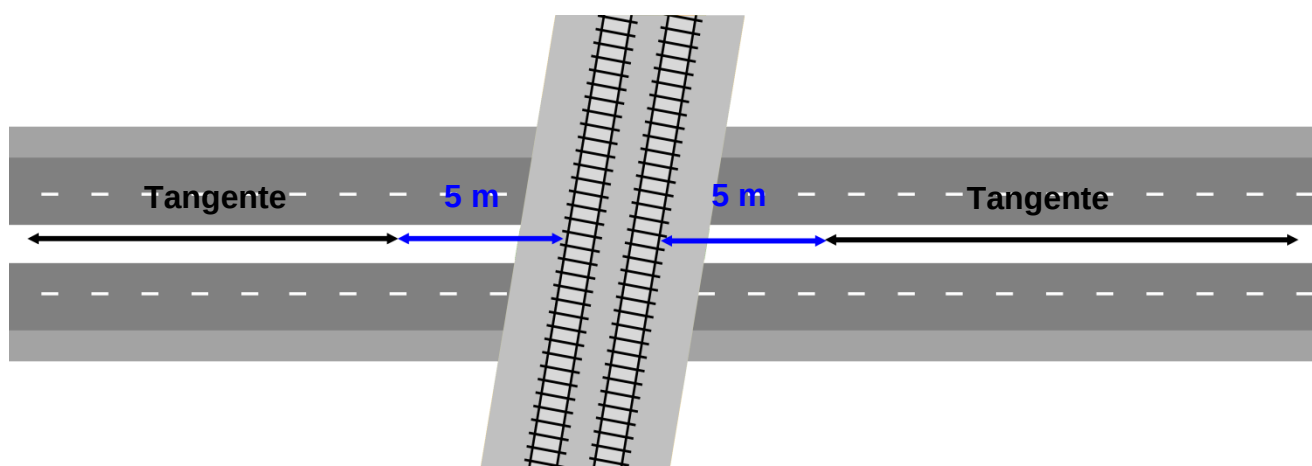


4.1.3. Rampa de aproximação

As rampas rodoviárias deverão ser medidas a partir de 5,0m (cinco metros) de distância do trilho, tanto para o lado direito como para o esquerdo.



As tangentes máximas também deverão ser medidas a partir de 5,0m (cinco metros) de distância do trilho, para ambos os lados.



Deverá ser observado se a extensão das tangentes encontradas atendem as condições técnicas para uma passagem em nível estabelecidas pela norma NBR 15680, onde os trechos antes do primeiro trilho e depois do segundo trilho devem apresentar tangentes mínimas com extensões de 25,0m (vinte e cinco metros).

4.1.4. Condições do relevo

Deve ser verificada a influência do relevo que contém a via, na visão de quem trafega na via rodoviária.

A. Plano

Região das rodovias que apresenta grandes distâncias de visibilidade sem aclive ou declive;

B. Ondulado

Região onde o terreno apresenta inclinações naturais contendo cortes e aterros de dimensões reduzidas que podem comprometer a visibilidade;

C. Montanhoso

Região onde a inclinação natural do terreno apresenta variações abruptas e que, frequentemente, contém cortes e aterros de grandes dimensões que geralmente limitam a visibilidade.

4.1.5. Condições do pavimento

Conforme a norma NBR 15680, as vias públicas devem ser asfaltadas em pelo menos 40m (quarenta metros) de ambos os lados da linha férrea e no trecho correspondente à superestrutura da via férrea deve ser utilizado contratrilho.

A pavimentação do trecho da via urbana próximo à passagem em nível e entre os trilhos deve estar em perfeito estado de conservação, pois essa influi diretamente tanto na parada do veículo como no auxílio para cruzar a passagem; logo as condições da pavimentação deverão ser classificadas da seguinte maneira:

A. Via urbana

A.1. Regular

O pavimento da via está em perfeitas condições de conservação;

A.2. Irregular

O pavimento da via apresenta buracos e/ou ondulações na superfície;

A.3. Inexistente

A via não apresenta nem tipo de pavimento.

B. Via Férrea (entre trilhos)

B.1. Regular

A via apresenta superfície uniforme facilitando a sua transposição;

B.2. Irregular

A via apresenta superfície não uniforme dificultando a sua transposição;

B.3. Inexistente

Não há qualquer preenchimento entre os trilhos da ferrovia.

4.1.6. Iluminação

Históricos de acidentes comprovam que, à noite, é comum motoristas não perceberem a presença do trem ou a identificação da sinalização, dessa forma a iluminação da passagem em nível deve ser classificada da seguinte forma:

A. Eficiente

A iluminação nas proximidades da PN é diferenciada da existente na via urbana, ressaltando a sinalização e a passagem em nível;

B. Insuficiente

A iluminação nas proximidades da PN é semelhante ou inferior à da via urbana, impossibilitando a identificação de uma passagem em nível à frente, a uma distância compatível com a distância de visibilidade de parada;

C. Inexistente

Ausência de iluminação na passagem em nível.

4.1.7. Passagens em Nível Próximas (adjacentes)

De acordo com a norma ABNT NBR-15680, devem ser verificadas, em ambos os sentidos, as distâncias entre a passagem em análise e passagens em nível próximas.

4.1.8. Acidentes Ocorridos nos Últimos Cinco Anos

Os registros de acidentes ocorridos nos últimos cinco anos são necessários para o cálculo do fator ponderado de acidentes - **FPA₅** na passagem em nível, regido pela norma NBR 10938, pois a potencialidade de perigo de um cruzamento rodoferroviário está diretamente relacionada com a quantidade e a gravidade dos acidentes que ali ocorrem durante um determinado período de tempo.

Esse parâmetro será utilizado quando o sistema indicar, para determinado local, uma solução para a interferência que já tenha sido implantada e que, no entanto, apresente um FPA5 elevado em relação ao FPA típico. Nesse caso, deverá ser sugerida uma nova

solução com maior nível de proteção da passagem ou, até mesmo, a segregação das vias pública e férrea, se for o caso.

4.1.9. Volume de Tráfego

Os volumes de tráfego rodoviário e ferroviário são dados necessários para o cálculo do grau de importância (**Gi**) e do momento de circulação (**MC**) da passagem em nível.

As informações referentes ao volume rodoviário serão utilizadas também na verificação da compatibilidade da classificação da via urbana com o volume de tráfego observado.

Esses dados deverão ser levantados em dias consecutivos, que se aproximem das condições de tráfego representativo; ou seja, deverão ser evitados dias com chuvas fortes, eventos esportivos ou artísticos, fechamento temporário de vias, queda de barreiras, obras na via, etc.

Períodos do ano como Natal, Carnaval e férias escolares ou qualquer outro período sazonal também devem ser evitados.

Deverão ser escolhidas 2 (duas) semanas para coleta de dados, sendo uma no mês de maior circulação e outra no mês de menor movimento de veículos.

O levantamento deverá ser executado em todos os 14 (quatorze) dias durante 24 horas.

De cada semana serão considerados apenas três dias onde forem observados os maiores fluxos de veículos. Os volumes a serem utilizados para os cálculos serão obtidos através da média aritmética dos seis dias de maior tráfego (os três maiores volumes de cada semana – modelo da tabela na seção de ANEXOS).

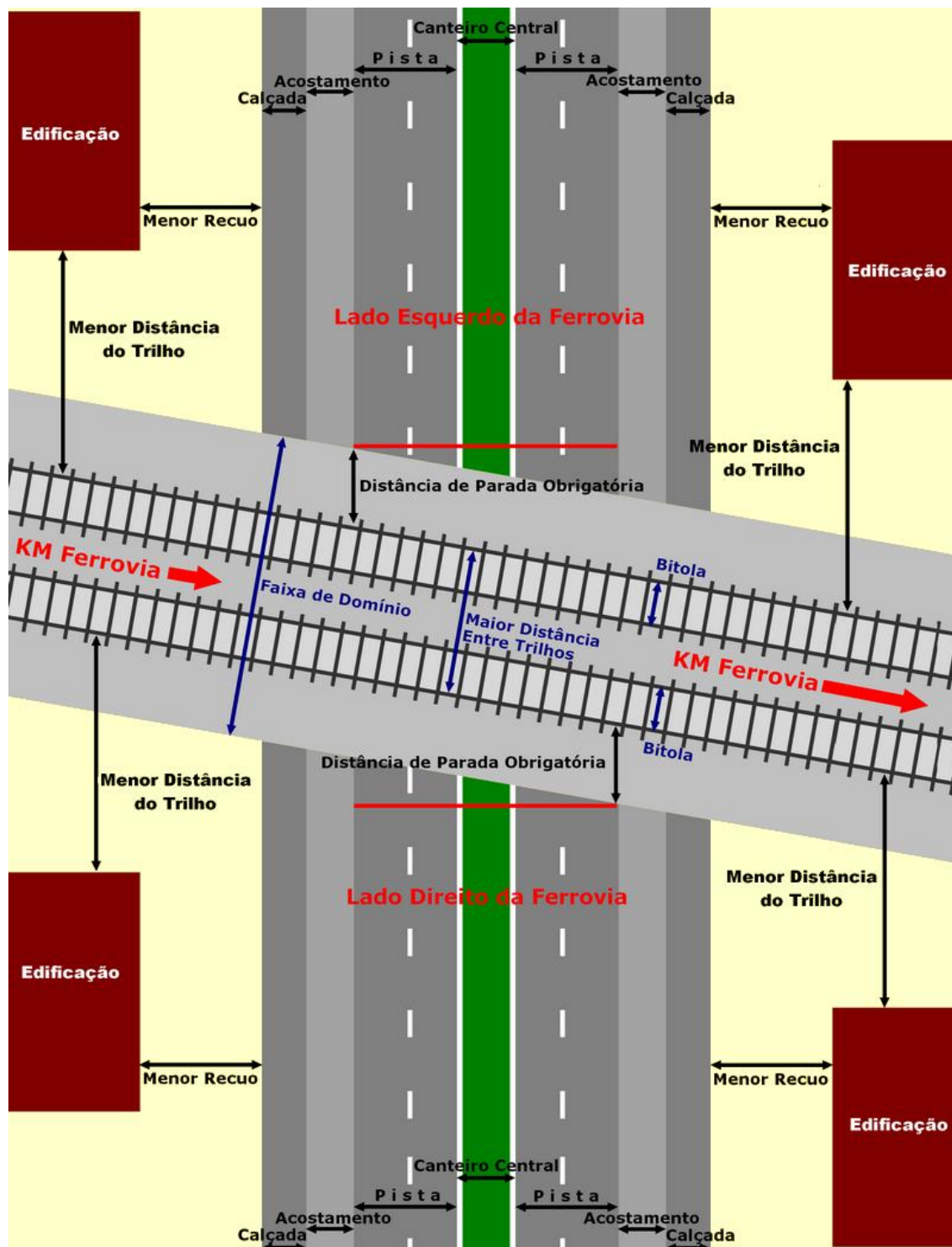
4.2. Invasão da Faixa de Domínio

4.2.1. Via Urbana

Deve ser verificada a disponibilidade de áreas (recuos), que poderão ser utilizadas para atender a uma possível solução de interferência, que indique a segregação das vias.

4.2.2. Via Férrea

Deve ser verificado se a faixa de domínio projetada para a via férrea encontra-se desimpedida ao longo de toda a extensão do trecho urbano onde há a interferência.



4.3. Níveis de Ruído

Deverão ser medidos os níveis de pressão sonora, ao longo do limite da faixa de domínio, sem a presença da composição ferroviária e quando da passagem do trem, para verificar qual a influência do ruído provocado pela passagem do trem, em relação ao ruído gerado pelas atividades rotineiras da área em análise.

Deverá ser verificado se o nível do ruído externo, quando da passagem do trem, atende aos níveis máximos permitidos pela norma. Caso o nível de ruído medido seja superior

aos limites máximos permitidos, deverá ser adotada solução para atenuar esse ruído de modo a atender aos referidos limites.

4.3.1. Equipamentos de Medição (NBR 10151)

A. Medidor de Nível de Pressão Sonora

O medidor de nível de pressão sonora, ou o sistema de medição, deve atender às especificações da IEC 60651 para “Tipo 0”, “Tipo 1” ou “Tipo 2”.

Recomenda-se que o equipamento possua recursos para medição de nível de pressão sonora equivalente ponderada em “A” (LAeq), conforme a IEC 60804.

B. Calibrador Acústico

O calibrador acústico deve atender às especificações da IEC 60942 (*International Electrotechnical Commission* - Comissão Eletrotécnica Internacional), classe 2, ou melhor.

Imediatamente antes e após cada medição ou conjunto de medições relativas ao mesmo evento, deve ser efetuada pelo operador do equipamento, com a utilização de um calibrador acústico, uma verificação e eventual ajuste do medidor de nível de pressão sonora ou do sistema de medição.

C. Calibração e Ajuste dos Instrumentos

O medidor de nível de pressão sonora e o calibrador acústico devem possuir certificado de calibração emitido pela Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos.

4.3.2. Procedimentos de Medição

A. Condições Gerais

As medições devem ser efetuadas fora da faixa de domínio, porém junto às edificações lindeiras, devendo ser atendidas as demais condições gerais.

Em casos em que o ruído apresenta características especiais, são necessárias correções nos valores medidos dos níveis de pressão sonora para se obter uma melhor avaliação do desconforto causado à comunidade. A aplicação dessas correções fornece o nível de pressão sonora corrigido ou simplesmente nível corrigido (Lc).

Os valores medidos do nível de pressão sonora devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo.

Não devem ser efetuadas medições quando da ocorrência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes etc.).

O tempo de medição deve ser definido de forma a coincidir com a passagem da composição ferroviária. A medição pode envolver uma única amostra ou uma sequência delas.

B. Medições no Exterior de Edificações

Em medições efetuadas em áreas externas, deve-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor específico, conforme instruções do fabricante.

As referidas medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc.

C. Correções para Ruídos com Características Especiais

O nível corrigido L_c para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} .

Caso o equipamento não execute medição automática do L_{Aeq} , deve ser utilizado o procedimento contido abaixo:

- O nível corrigido L_c para ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (fast), acrescido de 5 dB(A).
- O nível corrigido L_c para ruído com componentes tonais é determinado pelo L_{Aeq} acrescido de 5 dB(A).

5. ANÁLISE DOS PARÂMETROS E INDICAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Para a determinação da solução mais indicada para intervenção em uma área que apresenta interferência rodoferroviária é necessária a definição de vários parâmetros e procedimentos.

5.1. Passagem em Nível

Para esse tipo de interferência são indicadas duas soluções: promover a segregação das vias ou manter a passagem em nível, com execuções de melhorias caso necessárias.

5.1.1. Segregação da Via Férrea – Eliminação da Passagem em Nível

Será obrigatória a segregação da via férrea – eliminação da passagem em nível nos seguintes casos:

A. Intervalo de Tempo entre Trens

A NBR 15680 – Passagem em nível pública – Requisitos de projeto, estabelece que a passagem em nível não seja permitida “em via férrea com intervalo de tráfego inferior a 30 min”.

B. Limites de Influência da Passagem em Nível

A passagem em nível deve ficar fora do limite de influência de outra passagem em nível, de uma passagem superior ou de uma passagem inferior. Os limites estabelecidos pela norma NBR 15680 são:

- Passagem para pedestres: 500 m;
- Passagem para veículos e animais:
 - Passagem em nível - 1500 m;
 - Passagem superior ou inferior - 3000m.

Caso não seja possível obedecer aos limites acima, a passagem deve ser eliminada.

C. Classificação da Via Urbana

C.1. Via de Trânsito Rápido

O Código Nacional de Trânsito proíbe interseções em nível em vias classificadas como de trânsito rápido. Portanto a passagem em nível nessas vias não é permitida.

C.2. Via Coletora e Via Local

Geralmente, nesses tipos de vias a passagem em nível é permitida, em função do reduzido volume de tráfego. Porém, as mesmas verificações indicadas para a via arterial,

devem ser efetuadas, uma vez que vias coletoras ou locais, apesar de não apresentarem características físicas de uma via arterial, podem ter um volume de tráfego similar a essa.

C.3. Via Arterial

Esse tipo de via exige verificações específicas, pois, dependendo da situação, a passagem em nível pode ser permitida ou não.

O “Manual de Projeto Geométrico de Rodovias - DNER” classifica as vias rodoviárias de acordo com o seu volume de tráfego e as condições de visibilidade – características do relevo do corredor que contém a via. Caso apresente qualquer das características abaixo, uma via arterial é classificada como via de trânsito rápido. Nesses casos a passagem em nível não é permitida, conforme descrito na letra C.1 do item 5.1.1 deste estudo.

- Relevo Plano e $VMD_M > 5500$
- Relevo Ondulado e $VMD_M > 2600$
- Relevo Montanhoso e $VMD_M > 1000$

Sendo **VMD_M** (Volume Médio Diário Misto): Somatório dos diferentes tipos de volume de tráfego observados (pedestres, ciclistas, carros de passeio, motocicletas, transportes coletivos, caminhões, etc.).

Possíveis Soluções para a Segregação da Via Férrea

A eliminação da passagem em nível enseja as possíveis soluções:

- Redirecionamento do Tráfego

Havendo uma passagem em nível, passagem superior ou inferior próxima ao cruzamento rodoferroviário que se pretende eliminar sugere-se direcionar o tráfego desse ponto para a passagem mais próxima. Antes, porém, deverá ser verificado o impacto do volume adicional de tráfego sobre a passagem.

- Passagem Inferior ou Superior

Caso a topografia, a geologia e a faixa de domínio rodoviária favoreçam, poderá ser adotada a solução mais adequada entre a construção de passagem inferior ou superior à via férrea.

- Contorno Ferroviário ou Rebaixamento da Ferrovia

Em situações onde uma área urbana necessite de várias soluções do tipo passagem superior e/ou inferior, cujas execuções não sejam possíveis, o contorno ferroviário ou o rebaixamento da ferrovia pode ser a solução mais indicada, desde que não interfira no plano diretor do município e que haja área disponível para tal. Nesse caso, um estudo de viabilidade se faz necessário para definir a solução tecnicamente e economicamente mais viável.

5.1.2. Manter a Passagem em Nível – Método de Avaliação

Caso não seja necessária a eliminação da passagem em nível, deverão ser realizadas avaliações sobre a condição atual de segurança da passagem, podendo resultar em melhorias ou até a mudança do tipo de proteção utilizada.

A avaliação da passagem será baseada nos indicadores de intervenção Grau de Importância (**Gi**), Momento de Circulação (**MC**) e Fator Ponderando de Acidentes (**FPA**).

Contudo verifica-se que no cálculo desses indicadores não são considerados fatores como número de faixas, condições do pavimento e iluminação, necessários à avaliação da segurança em cruzamentos rodoferroviários.

Dessa forma buscando considerar as condições reais do cruzamento, foi utilizado o método citado na monografia “Procedimentos para Avaliação de Passagens em Nível” – Trabalho apresentado no curso de especialização em transporte ferroviário de carga do Instituto Militar de Engenharia – IME. Nessa monografia os fatores de análise da passagem em nível foram incrementados, incluindo-se fatores de segurança não considerados inicialmente no cálculo dos indicadores Gi, MC e FPA.

Para melhor entendimento do procedimento adotado neste trabalho, algumas considerações deverão ser levadas em consideração:

A. Considerações Referentes ao Fator Ponderado de Acidentes (**FPA**)

O indicador **FPA₅** representa a intensidade e a severidade dos acidentes na passagem em nível durante os últimos 5 (cinco) anos.

Para a determinação do **FPA₅** são considerados os acidentes ocorridos no cruzamento durante um período de 5 (cinco) anos que provocaram mortos (**M**), feridos (**F**) e danos materiais (**D**). Esse fator é calculado através da seguinte fórmula:

$$FPA_5 = 9,5 \times M + 3,5 \times F + D$$

Se os registros de acidentes disponíveis forem referentes a um período menor do que cinco anos (60 meses) e maior do que seis meses o **FPA_{N meses}** é determinado pela seguinte fórmula:

$$FPA_{N \text{ meses}} = 9,5 \times M' + 3,5 \times F' + D'$$

Onde **M'** é o número de acidentes com mortos em **N meses**, **F'** é o número de acidentes com feridos em **N meses** e **D'** é o número de acidentes com apenas danos materiais em **N meses**.

Extrapolando **FPA_{N meses}** para cinco anos (**FPA_{5Ex}**), conforme a Norma NBR-11440, tem-se:

$$FPA_{5Ex} = FPA_{N \text{ meses}} \times 60 / (N \text{ meses} \times 1,3)$$

Abaixo é apresentada a tabela com os valores de referência para esse parâmetro.

FATOR PONDERADO DE ACIDENTES EM 5 ANOS		
ÁREA	VIA	FPA ₅
URBANA	DE TRÂNSITO RÁPIDO	20
	ARTERIAL	17
	COLETORA	14
	LOCAL	10

FONTE : NBR 11440

O cruzamento rodoferroviário que apresente **FPA** elevado, ou seja, um cruzamento em condições mais perigosas do que as condições típicas esperadas para um cruzamento semelhante, requer maior segurança.

Assim, o Fator Ponderado de Acidentes é um indicador da potencialidade de risco de uma passagem em nível em função de fatos ocorridos no passado. Porém, não são consideradas as características atuais de circulação ferroviária e rodoviária, assim como não são analisadas as características físicas do cruzamento.

B. Considerações Referentes ao Grau de Importância (**Gi**).

Conforme definido na letra B do item 3.1 deste estudo, o indicador **Gi** relaciona o volume de veículos rodoviários (**V**) com a quantidade de trens que passam em um cruzamento (**T**) por um dia, aplicando um fator **f** representativo das condições físicas da passagem em nível. Esse indicador é calculado pela seguinte fórmula:

$$Gi = f \times T \times V$$

As características do cruzamento rodoferroviário que devem ser analisadas para determinação do fator **f** são as seguintes:

- Visibilidade;
- Rampa máxima de aproximação na via urbana;
- Velocidade máxima (VMA) do trem mais rápido;
- Número de vias férreas;
- Velocidade máxima (VMA) da via urbana;
- Trânsito de ônibus;
- Trânsito de caminhões;
- Trânsito não habitual;
- Trânsito de pedestres.

Dessa forma, de acordo com a tabela informada na NBR 10938, o valor de **f** poderá variar de 1 a 2.

C. Considerações Referentes ao Momento de Circulação (MC)

Conforme definido na letra C do item 3.1 deste estudo, o indicador **MC** relaciona o volume de veículos rodoviários (V_D e V_N) com a quantidade de trens (T_D e T_N), que cruzam a PN, durante o dia e a noite, multiplicados por L , um fator de ajustamento para a quantidade de vias férreas existentes. Esse indicador é calculado pela seguinte fórmula:

$$MC = (V_D \times T_D + 1,4 \times V_N \times T_N) \times L$$

Podendo L variar de seguinte forma:

Via singela - 1,0;

Via dupla – 1,3;

Via tripla ou com mais linhas – 1,5.

Assim como o Grau de Importância, o Momento de Circulação também relaciona o volume de veículos rodoviários com a quantidade de trens. Contudo, o Momento de Circulação é mais específico quanto à determinação dos fluxos rodoviários e ferroviários, visto que atenta para as diferenças entre o tráfego diário e noturno.

Quanto a características físicas do cruzamento rodoferroviário, o Momento de Circulação só considera o número de linhas férreas existentes no cruzamento.

D. Considerações referentes aos outros fatores que influencia na segurança da PN

Como o Momento de Circulação (**MC**) e o Grau de Importância (**Gi**) têm o mesmo fundamento básico, ou seja, uma relação entre as quantidades de veículos rodoviários e de trens que passam por um cruzamento, e que ambos deixam de considerar parâmetros relevantes no que diz respeito à segurança em passagens em nível, propõe-se a utilização dos pontos positivos destes dois indicadores, considerando todos os seus parâmetros e aqueles não incluídos, como: **Número de Faixas, Iluminação e Condições do Pavimento**.

Assim, tomando como base o Grau de Importância $Gi = f \times T \times V$, sabendo que $T \times V$ é uma relação entre as quantidades de trens e de veículos rodoviários que passam por um cruzamento, porém sem distinção entre os fluxos diurnos e noturnos.

Dessa forma pode-se assumir que o incremento de uma parcela na fórmula acima que retrate a realidade do cruzamento ferroviário, seja mais eficiente trazendo uma relação semelhante no Momento de Circulação, onde é considerado o tráfego nos períodos diurno e noturno.

Assim, substitui-se esta parcela definindo-se o resultado desse produto como **K** (intensidade de tráfego), através da seguinte fórmula:

$$K = F \times (V_D \times T_D + 1,4 \times V_N \times T_N)$$

Assim, potencializam-se os pontos fortes dos dois indicadores, o fator F representativo das condições físicas da passagem em nível utilizado no cálculo do Grau de Importância e a relação entre fluxo de trens e de veículos rodoviários que passam no cruzamento, tal qual como o utilizado para o cálculo do Momento de Circulação.

Observação:

Para a determinação dos volumes V_D e V_N , utilizando os dados coletados através da planilha de contagem volumétrica de tráfego, apresentada no item 4.1.9 deste estudo, é necessário converter os volumes de tráfego dos diferentes tipos de veículos observados para uma base comum, representada pela categoria “carros de passeio”.

Essa homogeneização do volume de tráfego é feita aplicando, aos volumes correspondentes a cada tipo de veículo, fatores de equivalência que os transformam em volumes equivalentes de carros de passeio, conforme quadro abaixo.

EQUIVALENTES PARA DETERMINAÇÃO DE V_D E V_N	
CARRO DE PASSEIO	1,0
PEDESTRE E BICICLETA	0,5
MOTOCICLETA	1,0
ÔNIBUS	3,0
CAMINHÃO SIMPLES	2,0
CAMINHÃO COM SEMIREBOQUE	3,0
VEÍCULO COM TRAÇÃO ANIMAL	1,5

Assim, para o cálculo de F , propõe-se a utilização da tabela a seguir em que é feita uma avaliação física da passagem em nível e aplica-se um fator de ponderação, denominado “peso de importância”.

Nesta tabela, acrescentam-se as características físicas que não são avaliadas no Grau de Importância, desconsiderando dados redundantes, como o fluxo de veículos.

CARACTERÍSTICA DA TRAVESSIA			VALOR		PESO DE IMPORTÂNCIA	VALOR FINAL (B x C)
Nº	A		B		C	D
1	Visibilidade	acima de 300 m	2		10	
		150 m a 300 m	3			
		abaixo de 150 m	4			
2	Rampa máx. de aproximação via pública	abaixo de 3%	2		7	
		3% a 5%	3			
		acima de 5%	4			
3	VMA do trem mais rápido	abaixo de 40km/h	2		7	
		40 a 60 km/h	3			
		acima de 60km/h	4			
4	Nº de vias férreas	via simples	2		6	
		via dupla	3			
		via tripla ou mais	4			
5	VMA na via pública	abaixo de 50km/h	2		5	
		50 a 80km/h	3			
		acima de 80km/h	4			
6	Número de faixas rodoviárias	1 faixa	2		5	
		2 faixas	3			
		3 ou mais faixas	4			
7	Trânsito de pedestres	até 5% do VMD _M	2		2	
		5 a 20% do VMD _M	3			
		acima de 20% do VMD _M	4			
8	Condições do pavimento Via pública	regular	2		4	
		irregular	3			
		inexistente	4			
9	Condições do pavimento Entre trilhos	regular	2		4	
		irregular	3			
		inexistente	4			
10	Iluminação	eficiente	2		4	
		insuficiente	3			
		inexistente	4			
TOTAL						
VALOR DE $F = (TOTAL/100)$						

K = Intensidade de Tráfego

$$K = F \times (V_D \times T_D + 1,4 \times V_N \times T_N)$$

A ordem de grandeza de “**K**”, obtido pela fórmula acima, é a mesma do Momento de Circulação, visto que a parcela “**L**” (que varia, em função do número de linhas, de 1 a 1,5, conforme item 5.4 da NBR 7613 - Momento de Circulação) da fórmula original foi substituída pelo novo fator “**F**”, que varia de 1,08 a 2,16.

Dessa forma, a tabela abaixo pode ser utilizada para determinar o tipo de sinalização a ser adotada em cada passagem em nível.

	K INTENSIDADE DE TRÁFEGO - (x10 ³)	NECESSIDADES DOS PEDESTRES	CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DA VIA			
			VIAS EXPRESSAS	VIAS ARTERIAIS	VIAS COLETORAS	VIAS LOCAIS
SEM ACESSO A ENERGIA ELÉTRICA	0 - 10		Para este tipo de via não é permitido ter cruzamentos rodoferroviários em nível	Tipo 1b	Tipo 1b	Tipo 1a
	10 - 50			Tipo 2c	Tipo 1b	Tipo 1a
	50 - 100			Tipo 2c	Tipo 2c	Tipo 2a
	> 100			Tipo 2d	Tipo 2c	Tipo 2b
COM ACESSO A ENERGIA ELÉTRICA	0 - 10	Baixa		Tipo 1b	Tipo 1b	Tipo 1a
		Alta		Tipo 3a	Tipo 3a	Tipo 3a
	10 - 50	Baixa		Tipo 3b	Tipo 3b	Tipo 2c
		Alta		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3c
	50 - 100	Baixa		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3c
		Alta		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3d
	> 100	Baixa		Tipo 5	Tipo 5	Tipo 3e
		Alta		Tipo 5	Tipo 5	Tipo 3f

Os valores de entrada de **K** apresentam-se mais consistentes que os do Momento de Circulação - **MC**, visto que considera fatores físicos que influem na segurança dos cruzamentos.

5.2. Níveis de Ruído

De um modo geral a solução para esse tipo de interferência é o controle do ruído emitido, tomando-se as seguintes medidas:

- Controle do ruído na fonte, onde a causa do ruído é a própria fonte;
- Controle do ruído no meio de propagação, onde o meio, que pode ser o ar, o solo ou a estrutura de um prédio, é o elemento transmissor do ruído;
- Controle do ruído no receptor, entendendo-se “receptor” os moradores próximos à área atravessada pela ferrovia.

Cabe ressaltar a importância da hierarquização desses três elementos: Em primeiro lugar procura-se controlar os níveis de ruído na fonte, depois no meio de propagação e, por último, no receptor.

Como, no caso em estudo, o controle na fonte não é possível, devido à necessidade do trem emitir um aviso sonoro quando da proximidade de uma passagem em nível, a solução mais indicada é o controle da propagação do som, ou seja, o isolamento do trecho atravessado pela ferrovia, por meio de barreiras acústicas, evitando ou atenuando que o som emitido atinja o receptor com intensidades superiores aos níveis de ruídos estabelecidos pela NBR 10151.

As barreiras acústicas deverão ser constituídas de anteparos naturais ou artificiais dispostos ao longo da via permanente.

Os materiais das barreiras acústicas naturais são espécies vegetais selecionadas para este fim. Ressalta-se a importância do conhecimento das espécies regionais, já desenvolvidas e em condições de plantio, disponíveis nos viveiros ou hortos florestais.

Para a seleção das espécies vegetais que poderão ser plantadas recomenda-se consultar a relação apresentada na Norma DNIT 073/2006.

As barreiras acústicas artificiais são construídas através de módulos conectados por peças substituíveis e padronizadas na forma de parede, com dimensões definidas em projeto específico.

Os materiais usualmente empregados em barreiras acústicas artificiais são:

Material	Atenuação (dB)
Parede de tijolo maciço com 45 cm de espessura	55
Parede de 1 tijolo de espessura de 23 cm	50
Parede de meio tijolo de espessura com 12 cm e rebocado	45
Parede de concreto de 8 cm de espessura	40
Parede de tijolo vazado de 6 cm de espessura e rebocado	35

6. PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE

6.1. Verificação das Interferências Existentes

NÍVEIS DE RUÍDO

A. Proceder à realização de aferições dos níveis de ruído;

B. Caso sejam constatados ruídos superiores aos determinados pela Norma NBR – 10151, deverá ser indicada a instalação de dispositivos atenuadores.

Porém, deve-se verificar se a faixa de domínio se encontra invadida ou não, pois a instalação dos dispositivos, por motivo de segurança, só deverá ser realizada com a faixa de domínio da ferrovia, no perímetro urbano, totalmente liberada.

INVASÃO DE FAIXA DE DOMÍNIO

A. Levantar informações sobre a largura definida para a faixa de domínio da ferrovia;

B. Verificar se, na área de influência do município atravessado pela linha férrea, a faixa de domínio se encontra livre de invasões;

C. Caso a faixa esteja invadida, deverá ser solicitado ao órgão responsável o reestabelecimento dessa área;

D. Quando a faixa estiver reestabelecida, sugerir à concessionária a realização de programas educacionais que evitem novas invasões.

PASSAGENS EM NÍVEL - PN

A. Verificar Intervalo entre as Passagens de Trens;

Caso o intervalo seja inferior a 30 minutos a passagem em nível deve ser eliminada

B. Verificar os Limites de Influência da Passagem em Nível

- Passagem para pedestres: 500 m;
- Passagem para veículos e animais:
 - Passagem em nível - 1500 m;
 - Passagem superior ou inferior - 3000m.

Caso a PN analisada esteja a distâncias inferiores aos limites informados de outra passagem, esta deve ser eliminada.

C. Verificar a classificação da via rodoviária;

- Via de Trânsito rápido: PN não permitida;
- Vias Coletoras e Locais: PN permitida;
- Via Arterial: O volume de tráfego deve ser verificado.

C.1. Verificação do volume de tráfego

- O volume de tráfego deverá ser medido em duas etapas, devendo cada uma ser realizada durante os períodos de maior e menor fluxo do município, sendo cada etapa compreendida de 07 (sete) dias – uma semana;
- De cada uma das semanas de observação serão utilizados apenas os 03 (três) dias com maiores fluxos;
- Determina-se o Volume Médio Diário Misto (VMD_M) através da média dos seis dias (três maiores de cada semana) observados;
- Verificar a característica do relevo da região da rodovia como plano, ondulado ou montanhoso;
- Caso apresente qualquer das características abaixo, uma via arterial é classificada como via de trânsito rápido, logo a PN deverá ser eliminada.

Relevo Plano e $VMD_M > 5500$

Relevo Ondulado e $VMD_M > 2600$

Relevo Montanhoso e $VMD_M > 1000$

Caso contrário, a passagem em nível é permitida.

C.2. Tráfego ferroviário noturno

- Caso o VMD_M encontrado seja superior aos limites informados e, de acordo os dados observados nas medições do volume de tráfego, o fluxo ferroviário só ocorra no período noturno, uma nova verificação deve ser efetuada;
- Para isso deverá ser calculado o volume de tráfego para um período de 3 horas (VDM_{3HORAS}), sendo utilizados os dados observados de 1 hora no intervalo **antes** da passagem do trem, 1 hora no intervalo **durante** a passagem e 1 hora do intervalo **após** a passagem da composição;
- Esse procedimento deverá ser repetido para o número de vezes que houver passagem de trem na PN durante o período noturno;
- Realizar a média dos VDM_{3HORAS} calculados para cada passagem de trem;
- Como os valores de referência para o Volume Médio Diário Misto são para uma observação de 24 horas e o VDM_{3HORAS} é para um período de 3 horas, esse deverá ser extrapolado para 24 horas para que se possa realizar a verificação;
- Dessa forma a média dos VDM_{3HORAS} encontrada deverá ser multiplicada por 8;
- Realiza-se novamente a seguinte verificação:

Relevo Plano e $VMD_M > 5500$

Relevo Ondulado e $VMD_M > 2600$

Relevo Montanhoso e $VMD_M > 1000$

Caso o valor encontrado continue superior aos limites acima, a PN deverá ser eliminada, caso contrário ela poderá ser mantida, porém deverá ser implantada a sinalização do tipo C-5 Barreira Automática, constante do manual de cruzamentos ferroviários do DENATRAN.

D. Passagem em Nível Permitida pela Classificação da Via Rodoviária;

Caso a passagem em nível seja permitida, deve-se proceder ao levantamento dos parâmetros necessários à verificação da sinalização adequada a ser utilizada no local, onde essa verificação será realizada através da equação $K = F \times (V_D \times T_D + 1,4 \times V_N \times T_N)$.

Caso o valor encontrado continue superior aos limites acima, a PN deverá ser eliminada, caso contrário ela poderá ser mantida, porém deverá ser implantada a sinalização do tipo C-5 Barreira Automática, constante do manual de cruzamentos ferroviários do DENATRAN.

- Calcular o volume de trens e veículos, para os períodos diurno e noturno, para todos os dias de observação, considerando a seguinte divisão entre os períodos:

Diurno – 06:00 as 21:00

Noturno – 21:00 as 06:00

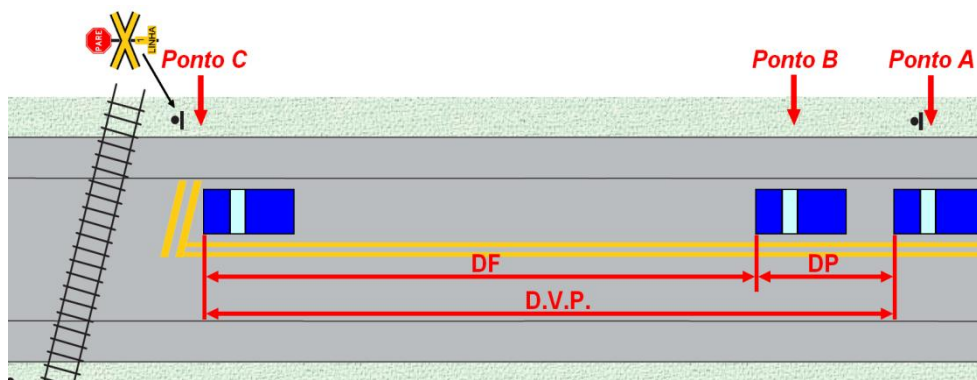
- O cálculo dos veículos deverá ser equalizado para a unidade de carros de passeio obedecendo aos seguintes índices:

EQUIVALENTES PARA DETERMINAÇÃO DE V_D E V_N	
CARRO DE PASSEIO	1,0
PEDESTRE E BICICLETA	0,5
MOTOCICLETA	1,0
ÔNIBUS	3,0
CAMINHÃO SIMPLES	2,0
CAMINHÃO COM SEMIREBOQUE	3,0
VEÍCULO COM TRAÇÃO ANIMAL	1,5

- Para o cálculo do fator F deverá ser utilizada a tabela a seguir:

CARACTERÍSTICA DA TRAVESSIA			VALOR		PESO DE IMPORTÂNCIA	VALOR FINAL (B x C)
Nº	A		B		C	D
1	Visibilidade	acima de 300 m	2		10	
		150 m a 300 m	3			
		abaixo de 150 m	4			
2	Rampa máx. de aproximação via pública	abaixo de 3%	2		7	
		3% a 5%	3			
		acima de 5%	4			
3	VMA do trem mais rápido	abaixo de 40km/h	2		7	
		40 a 60 km/h	3			
		acima de 60km/h	4			
4	Nº de vias férreas	via simples	2		6	
		via dupla	3			
		via tripla ou mais	4			
5	VMA na via pública	abaixo de 50km/h	2		5	
		50 a 80km/h	3			
		acima de 80km/h	4			
6	Número de faixas rodoviárias	1 faixa	2		5	
		2 faixas	3			
		3 ou mais faixas	4			
7	Trânsito de pedestres	até 5% do VMD _M	2		2	
		5 a 20% do VMD _M	3			
		acima de 20% do VMD _M	4			
8	Condições do pavimento Via pública	regular	2		4	
		irregular	3			
		inexistente	4			
9	Condições do pavimento Entre trilhos	regular	2		4	
		irregular	3			
		inexistente	4			
10	Iluminação	eficiente	2		4	
		insuficiente	3			
		inexistente	4			
TOTAL						
VALOR DE $F = (TOTAL/100)$						

Ressalta-se que o item visibilidade está relacionado com a Distância de Visibilidade de Parada, devendo ser verificado se o espaço disponível atende ao mínimo exigido, conforme informado a seguir:



$$DVP = DP + DF$$

$$DP = 0,28 \times Vr \times Tp = 0,7 \times Vr$$

$$DF = Vr^2 / [254 (f + i)]$$

Onde:

DVP = Distância de Visibilidade de Parada;

DP = Distância percorrida pelo veículo durante o tempo de Percepção e reação;

DF = Distância percorrida durante a Frenagem;

Vr = Velocidade regulamentada do trecho da via urbana que compreende o cruzamento (km/h);

Tp = 2,5 s (Tempo de percepção e reação do motorista);

f = Coeficiente de atrito (adimensional);

i = Rampa da via urbana, onde rampa em alicve: $i > 0$ e rampa em declive: $i < 0$).

No quadro a seguir são relacionadas as distâncias de visibilidade de parada mínimas e as variações dos coeficientes de atrito, em função da velocidade diretriz, considerando a superfície molhada.

Distância de visibilidade de parada												
Velocidade da via (Km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f - Coeficiente de atrito	0,39	0,39	0,39	0,39	0,36	0,33	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29	0,28
Distância de visibilidade de parada (m)	8	18	30	44	62	84	109	137	169	201	241	286

APENAS PARA PASSAGENS EM NÍVEL COM TRECHOS RODOVIÁRIOS SEM INCLINAÇÃO ($i = 0$)

O trânsito de pedestres (item 7 da tabela de determinação de F), é obtido através da relação entre o volume médio do tráfego de pedestres (resultado da média dos 6 dias com maior fluxo de veículos – três maiores de cada semana de observação) com o VMD_M calculado.

Dessa forma o trânsito de pedestre seria $100\% \times \text{Média Volume Pedestres} / VMD_M$

- Com todos os dados levantados procede-se para a determinação do valor de K , $K = F \times (V_D \times T_D + 1,4 \times V_N \times T_N)$.
- Com o resultado faz-se a verificação na tabela do DENATRAN sobre qual a sinalização mais indicada para a passagem em nível analisada.

	K INTENSIDADE DE TRÁFEGO - ($\times 10^3$)	NECESSIDADES DOS PEDESTRES	CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DA VIA			
			VIAS EXPRESSAS	VIAS ARTERIAIS	VIAS COLETORAS	VIAS LOCAIS
SEM ACESSO A ENERGIA ELÉTRICA	0 - 10		Para este tipo de via não é permitido ter cruzamentos rodoferrviários em nível	Tipo 1b	Tipo 1b	Tipo 1a
	10 - 50			Tipo 2c	Tipo 1b	Tipo 1a
	50 - 100			Tipo 2c	Tipo 2c	Tipo 2a
	> 100			Tipo 2d	Tipo 2c	Tipo 2b
COM ACESSO A ENERGIA ELÉTRICA	0 - 10	Baixa		Tipo 1b	Tipo 1b	Tipo 1a
		Alta		Tipo 3a	Tipo 3a	Tipo 3a
	10 - 50	Baixa		Tipo 3b	Tipo 3b	Tipo 2c
		Alta		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3c
	50 - 100	Baixa		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3c
		Alta		Tipo 4	Tipo 4	Tipo 3d
	> 100	Baixa		Tipo 5	Tipo 5	Tipo 3e
		Alta		Tipo 5	Tipo 5	Tipo 3f

- Com a informação da sinalização indicada pela análise fazem-se as seguintes considerações:

O nível de segurança calculado para a sinalização da PN é SUPERIOR à sinalização existente?

Caso afirmativo, IMPLANTAR A SINALIZAÇÃO CALCULADA.

Caso negativo, nível de segurança da sinalização calculada é INFERIOR ao da existente, deve-se Calcular o FPA da PN e verificar se esse atende aos limites da Norma 11440;

FPA atende aos limites da Norma NBR 11440?

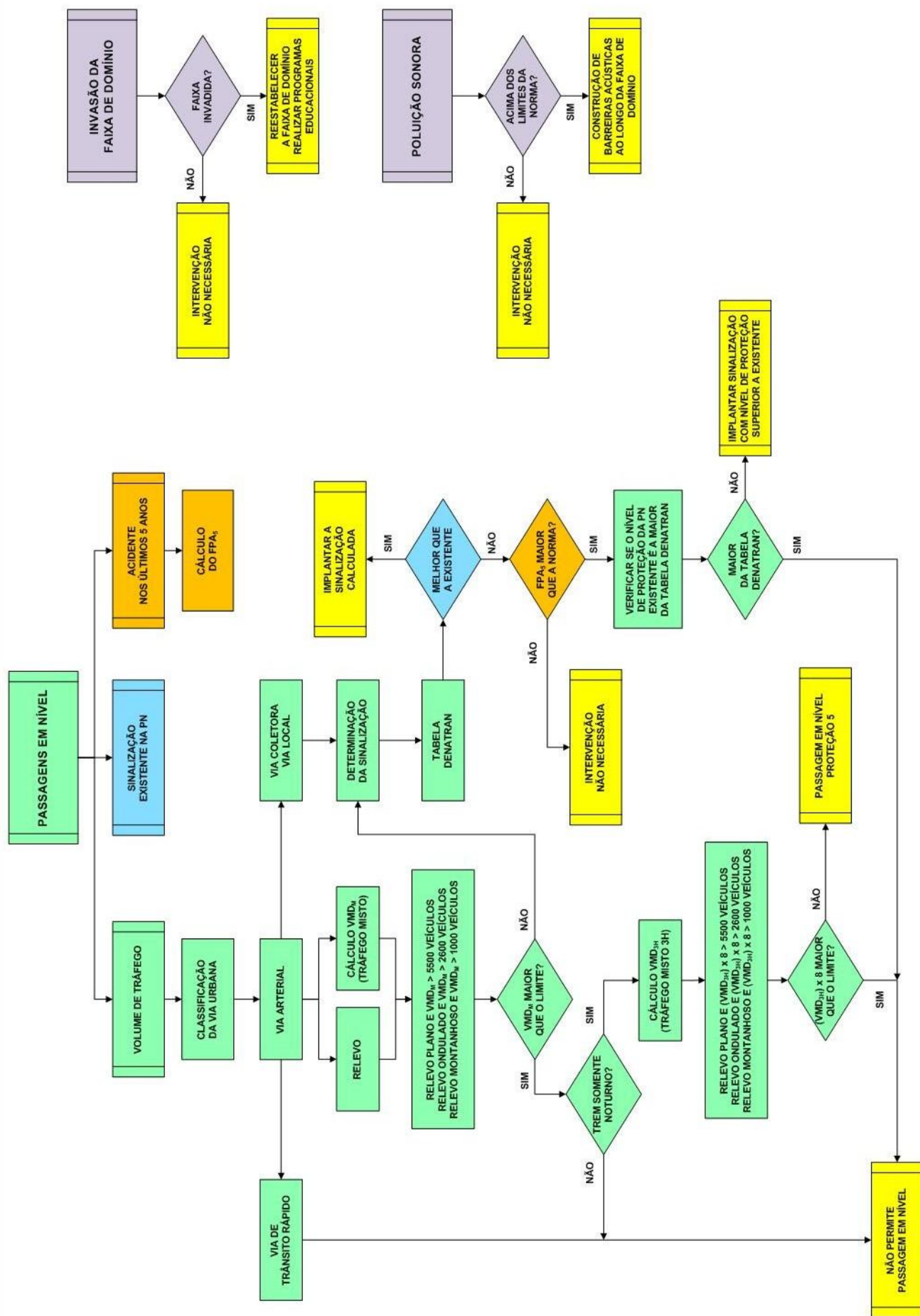
SIM, manter a sinalização existente;

NÃO, subir o nível de segurança da sinalização existente em 01 (uma) categoria.

No entanto se a sinalização existente possuir o nível máximo de segurança da tabela do DENATRAN a PN em análise deverá ser eliminada.

7. FLUXOGRAMA

INTERFERÊNCIAS URBANAS



8. ANEXOS

8.1. Planilhas para levantamento de informações do local

Para o levantamento das informações necessárias à determinação da intervenção a ser adotada utilizam-se as planilhas a seguir e estão agrupadas da seguinte forma:

- Características do local;
- Identificação e localização da Passagem em Nível;
- Concessionária;
- Tipo de Sinalização existente na Passagem em Nível;
- Classificação da Via Urbana e da Ferrovia;
- Rampas de Aproximação e Tangentes;
- Condições do Relevo;
- Condições do Pavimento;
- Iluminação;
- Acidentes registrados;
- Níveis de Ruído;
- Faixas de Domínio da Via Urbana e da Ferrovia;
- Localização de outras Passagens em Nível adjacentes;
- Contagem Volumétrica de Tráfego.

PARÂMETROS INDICADORES DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS URBANA		
Informações do Local		
Município:	UF:	
Via Urbana:		
Concessionária:		
Identificação da PN:	km da Ferrovia:	
Coordenadas da PN: _____° _____' _____" SUL : _____° _____' _____" OESTE		
Identificação no PNV: EF-	População:	Último Censo:
Tipo da Sinalização Existentes na Passagem em Nível		
0	Sem Sinalização Placa C-0	
1a	Passiva – Proteção Simples Placa C-1 + Placa Velocidade Máxima	
1b	Passiva – Proteção Simples com Sinalização de Advertência Placa C-1 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
2a	Ativa Manual – Balizador Manual Abrigo do Sinalizador + Placa C-1 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
2b	Ativa Manual – Barreira Manual Abrigo do Sinalizador + Placa C-1 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
2c	Ativa Manual – Balizador Manual com Sinalização de Advertência Abrigo do Sinalizador + Placa C-1 + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
2d	Ativa Manual – Barreira Manual com Sinalização de Advertência Abrigo do Sinalizador + Barreira Manual C-2 + Placa C-1 + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
3a	Ativa Manual Elétrica – Campanha com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Placa C-3a + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
3b	Ativa Manual Elétrica – Sinais Luminosos com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Placa C-3b + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
3c	Ativa Manual Elétrica – Campanha e Sinais Luminosos com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Placa C-3c + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
3d	Ativa Manual Elétrica – Campanha e Barreira com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Barreira Manual C-2 + Placa C-3a + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
3e	Ativa Manual Elétrica – Sinais Luminosos e Barreira com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Barreira Manual C-2 + Placa C-3b + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
3f	Ativa Manual Elétrica – Campanha, Sinais Luminosos e Barreira com Controle Manual Abrigo do Sinalizador + Barreira Manual C-2 + Placa C-3c + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
4	Ativa Automática – Campanha e Sinais Luminosos com Controle Automático Placa C-3c + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-39	
5	Ativa Automática – Barreira Automática Barreira Automática C-5 + Placa C-3c + Placa Proibido Ultrapassagem R-7 + Placa Velocidade Máxima + Placa Advertência A-40	
Tipo de Área ao Longo da Interferência		
	Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais e escolas	
	Área mista, predominantemente residencial	
	Área mista, com vocação comercial e administrativa	
	Área mista, com vocação recreacional	
	Área predominantemente industrial	

PARÂMETROS INDICADORES DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS URBANA

Classificação da Via Urbana e Ferrovia

Via Urbana		Nº de Vias	Velocidade Máxima
	Via de Trânsito Rápido (80 a 90km/h)		
	Via Arterial (50 a 70km/h)		
	Via Coletora (40 a 50km/h)		
	Via Local (30 a 40km/h)		
Ferrovia		Nº de Vias	Velocidade Máxima
	Bitola Métrica (1m)		
	Bitola Larga (1,6m)		
	Bitola Mista (1,6m)		

Rampas de Aproximação

Via Urbana		Rampa (%)	Rampa (%)
	Aproximação à Direita da Ferrovia		☐ Aclive ☐ Declive
	Aproximação à Esquerda da Ferrovia		☐ Aclive ☐ Declive

Tangentes a partir do Ponto de Parada Obrigatória

Via Urbana		Distância (m)
	Aproximação à Direita da Ferrovia	
	Aproximação à Esquerda da Ferrovia	

Condições do Relevo

	Tipo
Plano	☐
Ondulado	☐
Montanhoso	☐

Condições do Pavimento

Via Urbana		Estado
	Regular	☐
	Irregular	☐
	Inexistente	☐
Entre Trilhos		Estado
	Regular	☐
	Irregular	☐
	Inexistente	☐

Iluminação na Passagem em Nível

	Tipo
Eficiente	☐
Insuficiente	☐
Inexistente	☐

Acidentes ocorridos nos últimos 5 anos

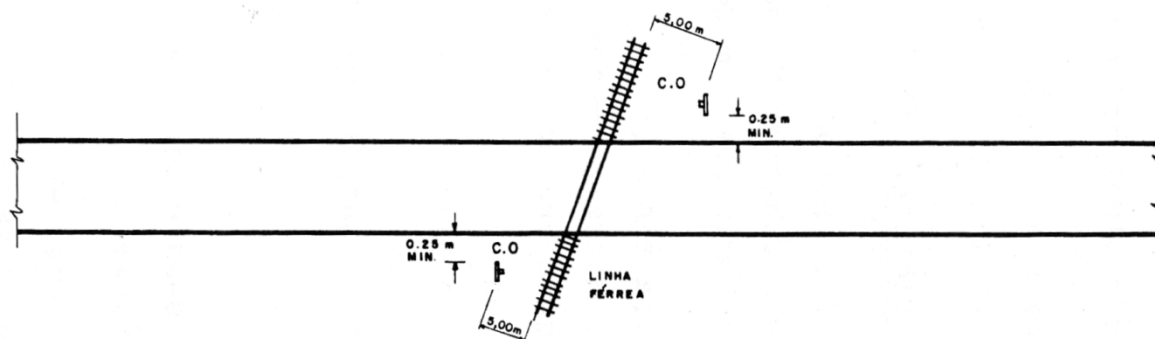
	Número de Meses das Ocorrências	Meses	
	Acidentes com Mortos	Quantidade	
	Acidentes com Feridos sem Mortos	Quantidade	
	Acidentes apenas com Danos Materiais	Quantidade	

PARÂMETROS INDICADORES DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS URBANA			
Faixa de Domínio da Via Urbana			
	À Direita da Ferrovia		Dimensões (m)
	Faixa(s) de Rolagem		
	Canteiro Central / Divisão		
	Distância de Parada Obrigatória dos Veículos		
	À Direita da Rodovia		Dimensões (m)
	Acostamento / Estacionamento		
	Calçada / Passeio		
	Menor Recuo		
	Distância do Menor Recuo ao Trilho mais Próximo		
	À Esquerda da Rodovia		Dimensões (m)
	Acostamento / Estacionamento		
	Calçada / Passeio		
	Menor Recuo		
	Distância do Menor Recuo ao Trilho mais Próximo		
	À Esquerda da Ferrovia		Dimensões (m)
	Faixa(s) de Rolagem		
	Canteiro Central / Divisão		
	Distância de Parada Obrigatória dos Veículos		
	À Direita da Rodovia		Dimensões (m)
	Acostamento / Estacionamento		
	Calçada / Passeio		
	Menor Recuo		
	Distância do Menor Recuo ao Trilho mais Próximo		
	À Esquerda da Rodovia		Dimensões (m)
	Acostamento / Estacionamento		
	Calçada / Passeio		
	Menor Recuo		
	Distância do Menor Recuo ao Trilho mais Próximo		
Faixa de Domínio da Ferrovia			Dimensões (m)
	Faixa de Domínio de Projeto		
	Distância entre Boletos Externos		
	Invasão da Faixa do Lado Direito da Ferrovia		
	Invasão da Faixa do Lado Esquerdo da Ferrovia		
Distância até outra Passagem em Nível			Distância (m)
	À Direita da Rodovia		
	À Esquerda da Rodovia		
Níveis de Ruído ao longo da Interferência			Pico (dB)
	Diurno (06h as 21h)		
	Noturno (21h as 06h)		

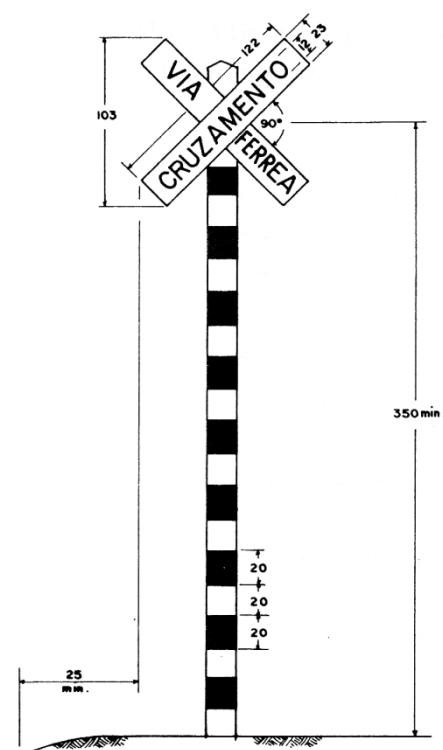
Contagem Volumétrica de Tráfego									
Data da Medição:		Dia da Semana:					Dia: ____ de 14		
Intervalo	Trem	Tempo (min)	Pedestre e Bicicleta	Motocicleta	Carro de Passeio e Utilitário	Ônibus	Caminhão Simples	Caminhão Trator + Semireboque	Veículo de Tração Animal
0:00 – 01:00									
01:00 – 02:00									
02:00 – 03:00									
03:00 – 04:00									
04:00 – 05:00									
05:00 – 06:00									
06:00 – 07:00									
07:00 – 08:00									
08:00 – 09:00									
09:00 – 10:00									
10:00 – 11:00									
11:00 – 12:00									
12:00 – 13:00									
13:00 – 14:00									
14:00 – 15:00									
15:00 – 16:00									
16:00 – 17:00									
17:00 – 18:00									
18:00 – 19:00									
19:00 – 20:00									
20:00 – 21:00									
21:00 – 22:00									
22:00 – 23:00									
23:00 – 24:00									

8.2. Tipos de Sinalizações conforme Manual de Cruzamentos Rodoferroviários do DENATRAN

Proteção Passiva - Tipo 0

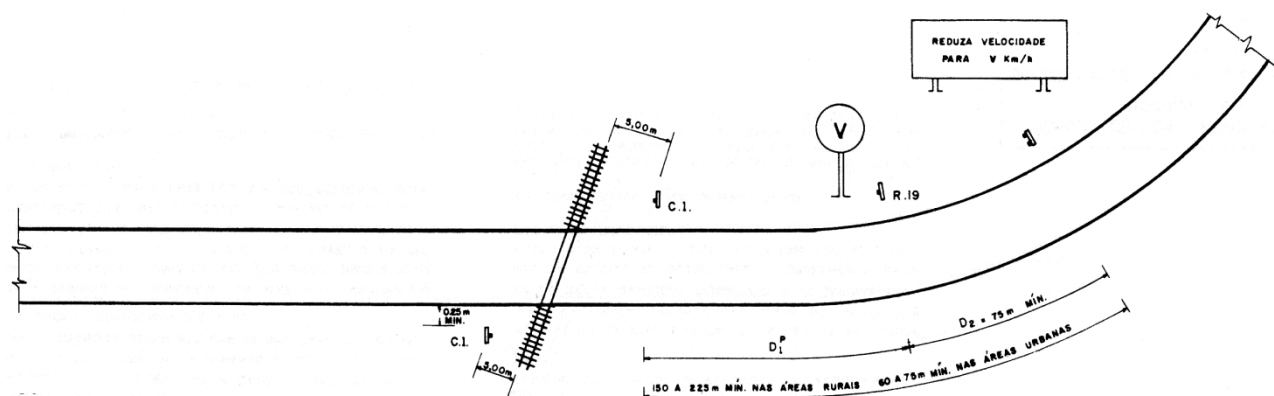


Sinalização de Controle – C.O.

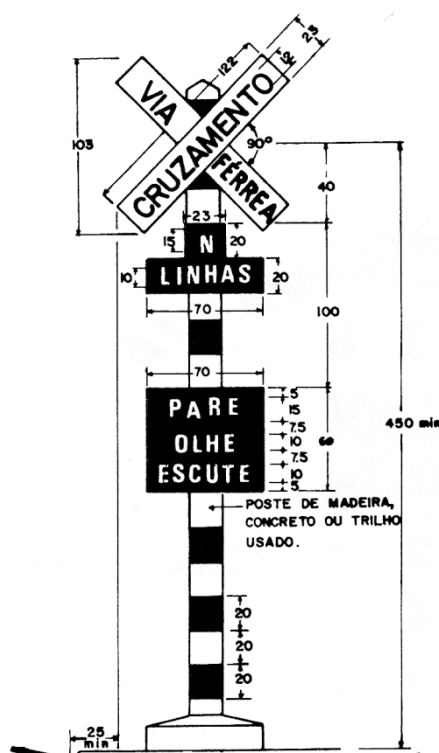


O único dispositivo de segurança é a Cruz de Santo André.

Proteção Passiva - Tipo 1a



Sinalização de Controle – C.1.



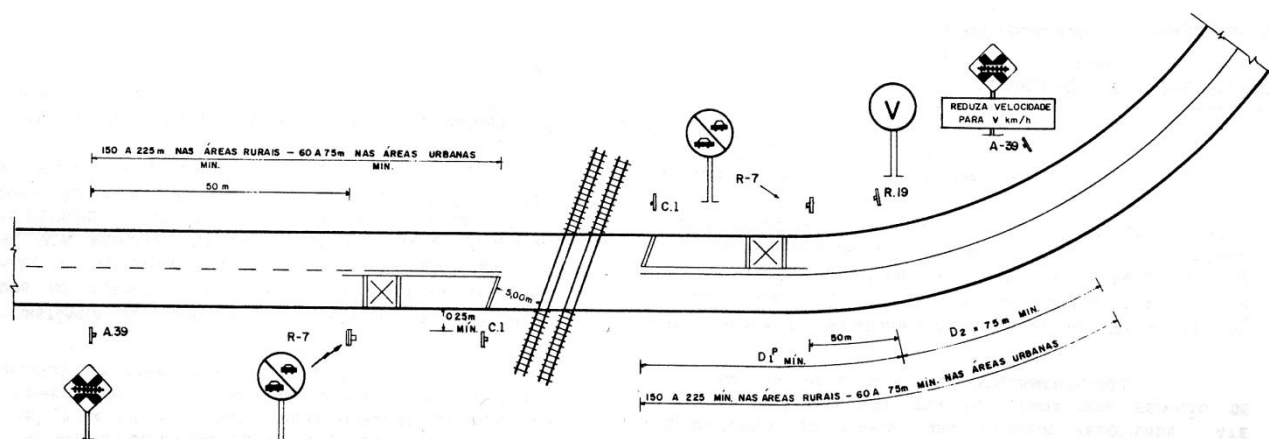
A placa “Reduza a Velocidade para V km/h” deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

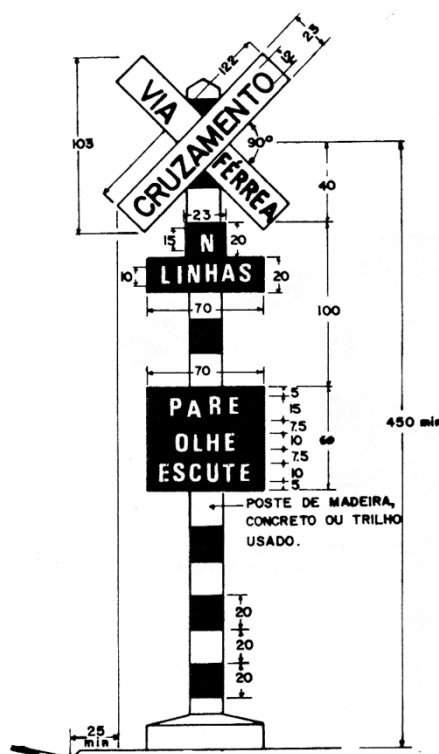
D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Proteção Passiva - Tipo 1b



Sinalização de Controle C.1.



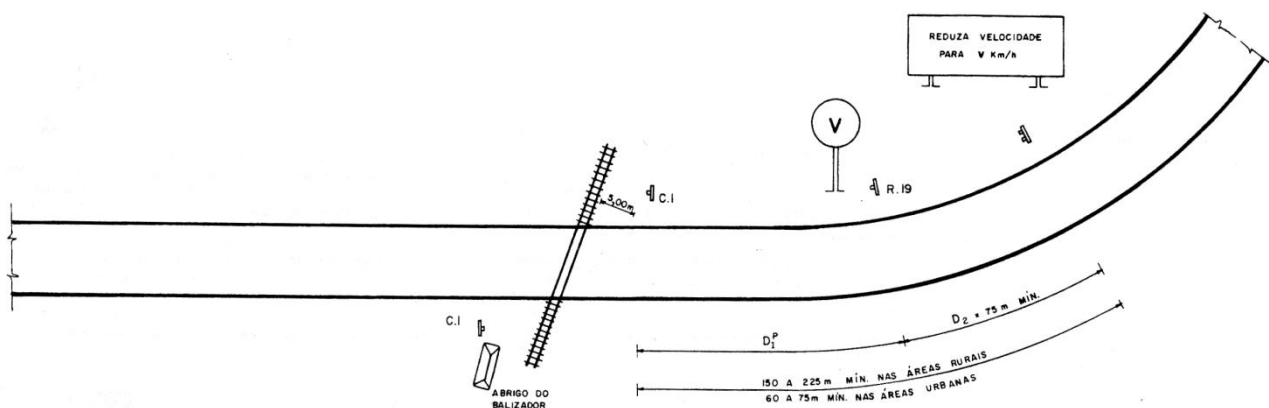
A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D^P_1 - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

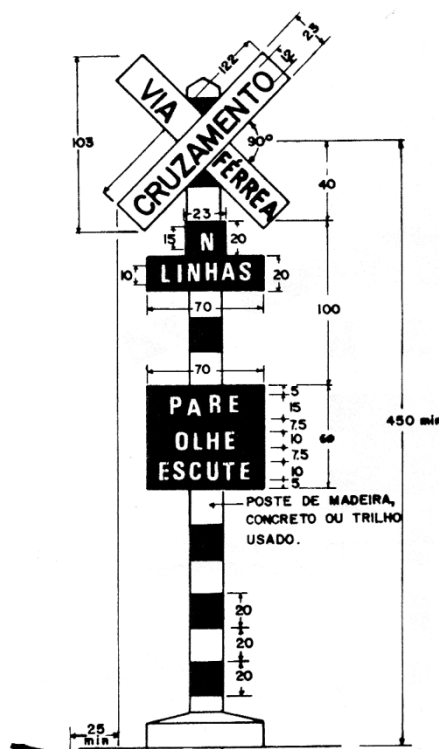
D_2 - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Proteção Ativa Manual - Tipo 2a



Sinalização de Controle – C.1.



A placa “Reduza a Velocidade para V km/h” deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D₁ - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

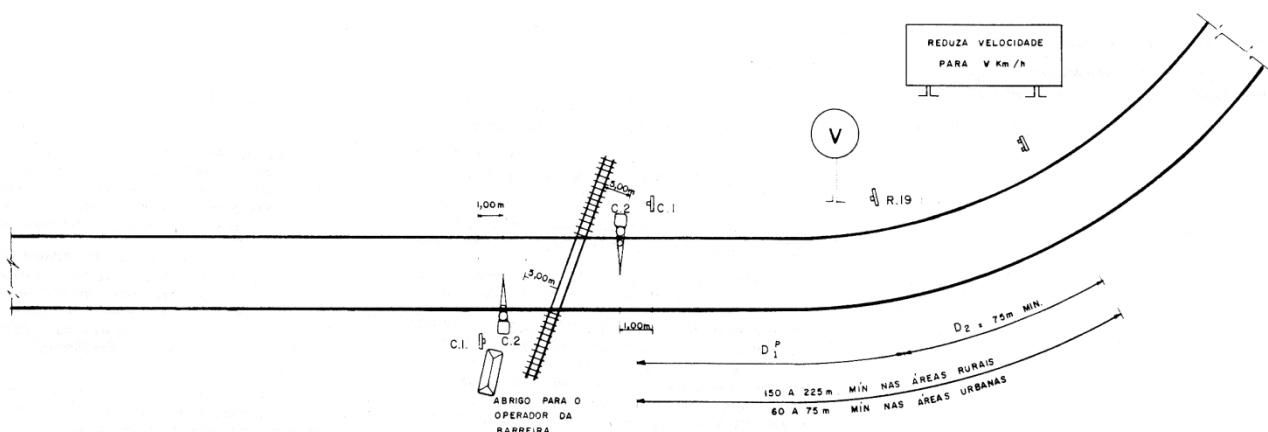
D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

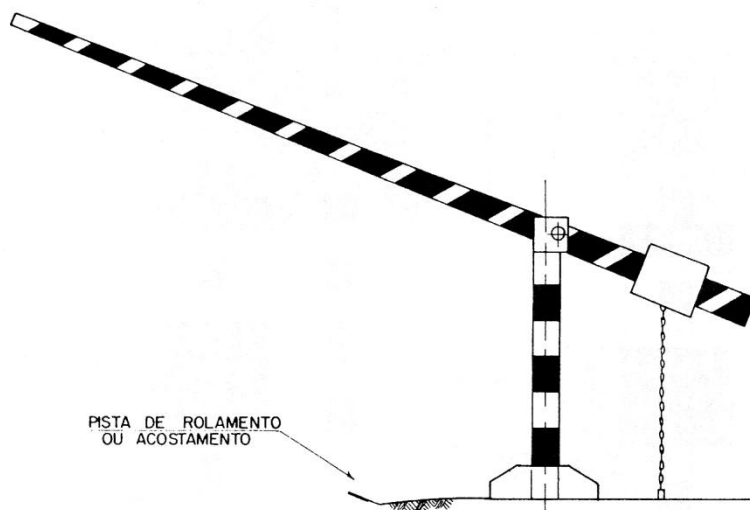
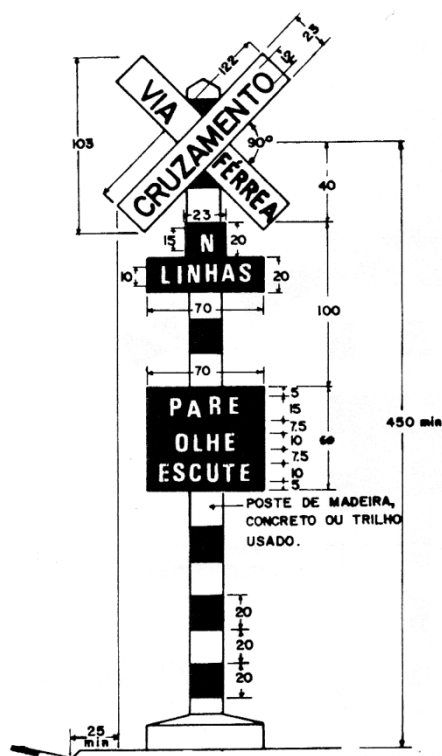
O abrigo destinado ao balizador deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o balizador seja avisado com antecedência da aproximação do trem. Para advertir o motorista o balizador deve utilizar bandeiras ou lanternas.

Proteção Ativa Manual - Tipo 2b



Sinalização de Controle – C.1. e C.2.



A placa “Reduza a Velocidade para V km/h” deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

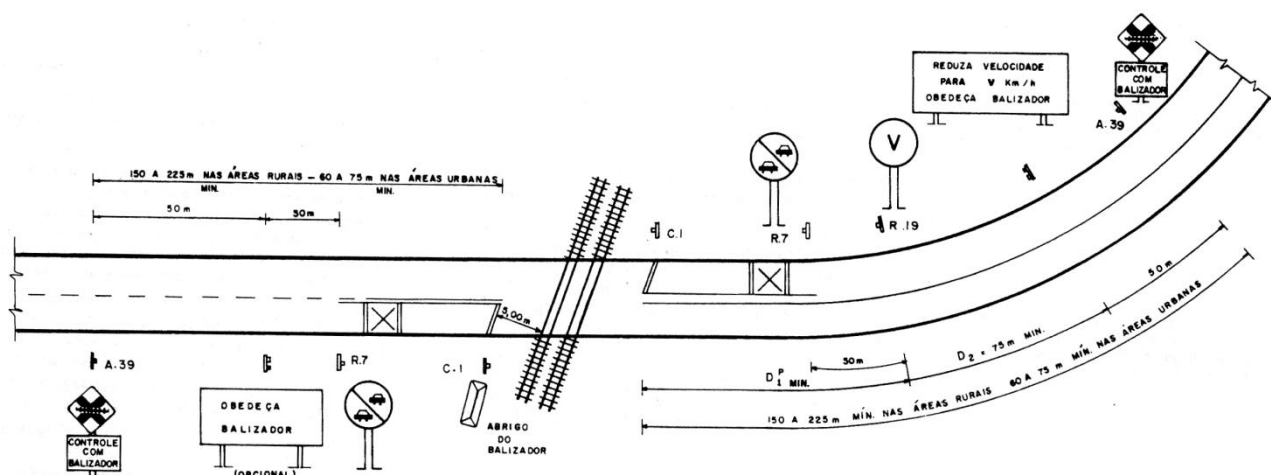
D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

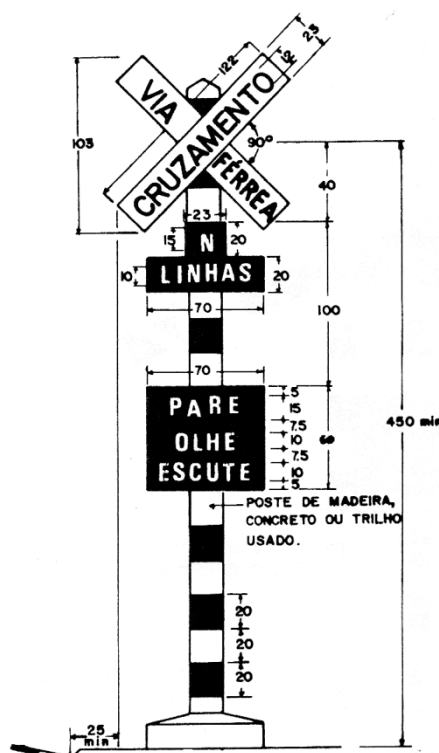
O abrigo destinado ao balizador deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o balizador seja avisado com antecedência da aproximação do trem. Para advertir o motorista o balizador deve utilizar bandeiras ou lanternas.

Proteção Ativa Manual - Tipo 2c



Sinalização de Controle – C.1.



A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

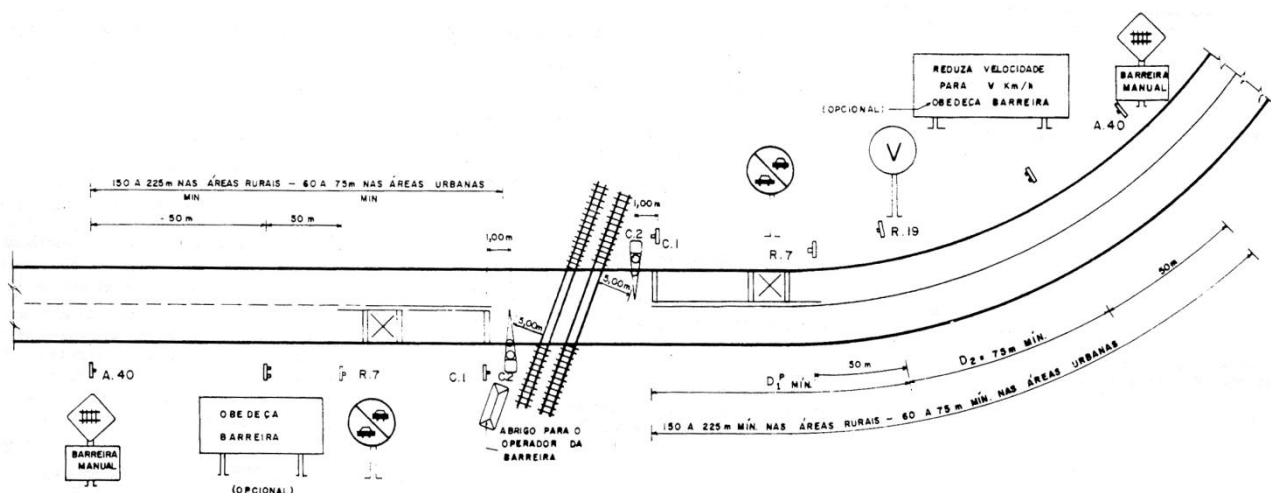
D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

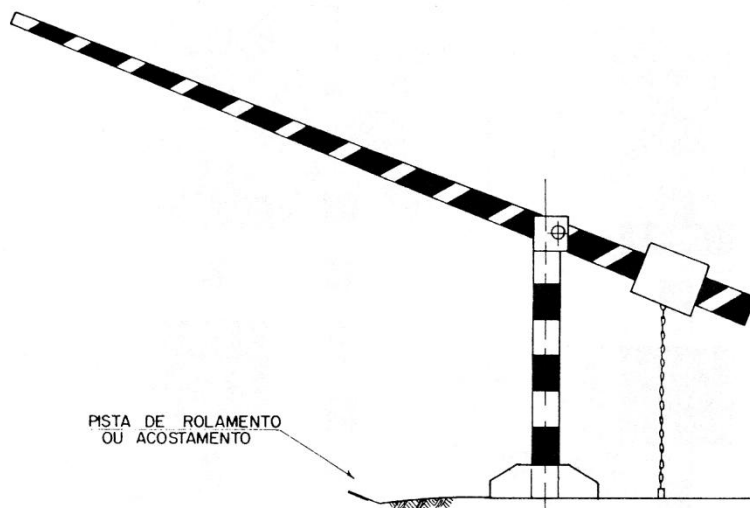
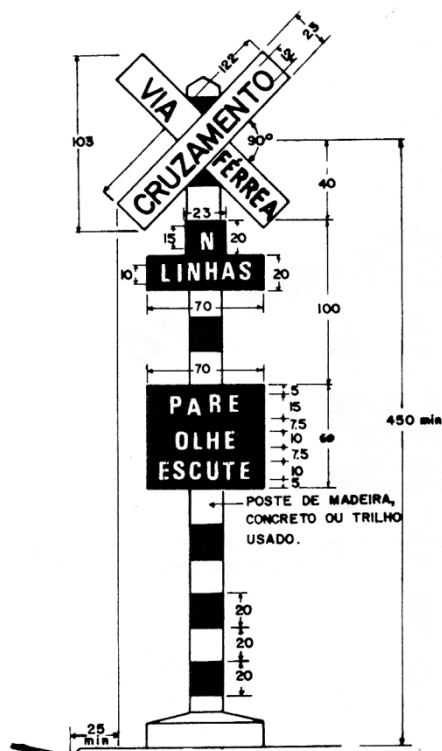
O abrigo destinado ao balizador deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o balizador seja avisado com antecedência da aproximação do trem. Para advertir o motorista o balizador deve utilizar bandeiras ou lanternas.

Proteção Ativa Manual - Tipo 2d



Sinalização de Controle – C.1. e C.2.



A placa de advertência A-40 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

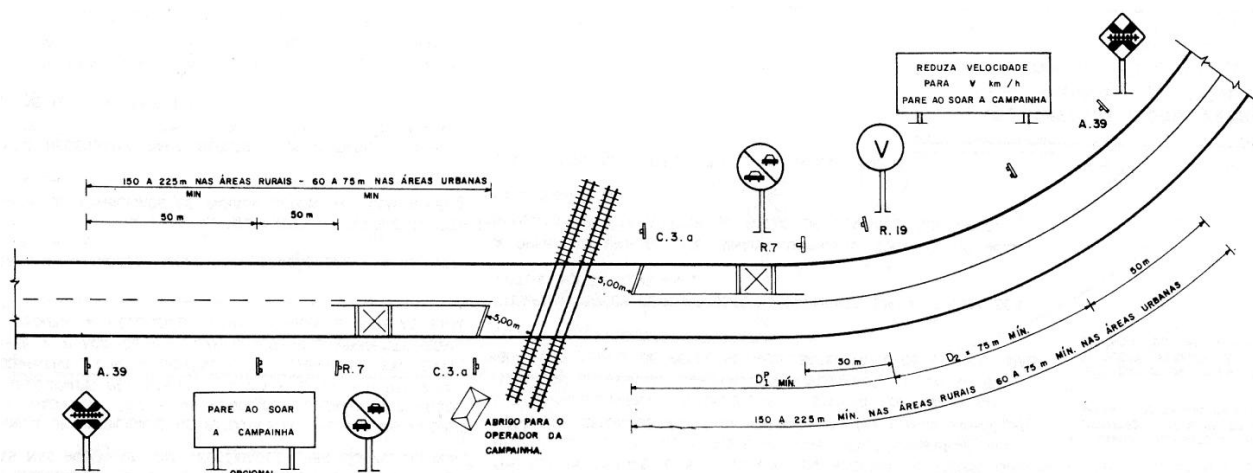
D_2 - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

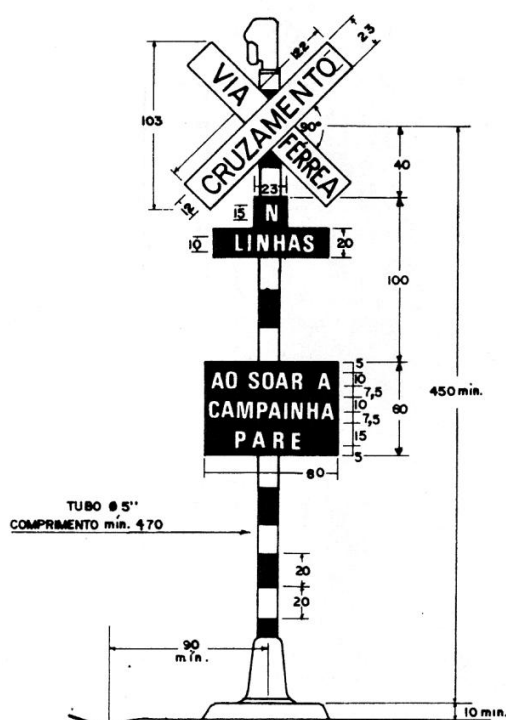
O abrigo destinado ao operador da barreira deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

Proteção Ativa Elétrica - Tipo 3a



Sinalização de Controle – C.3.a.



A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

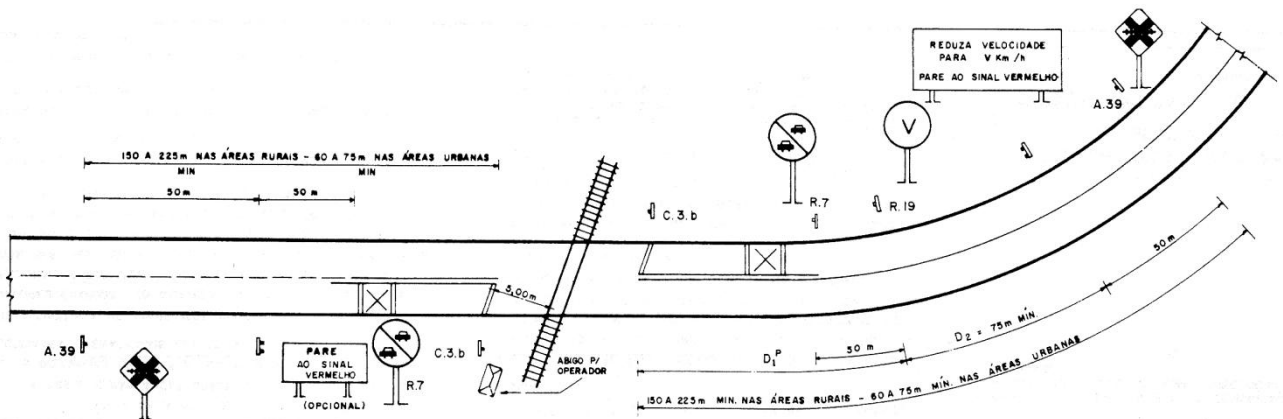
Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

O abrigo destinado ao operador da campainha deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

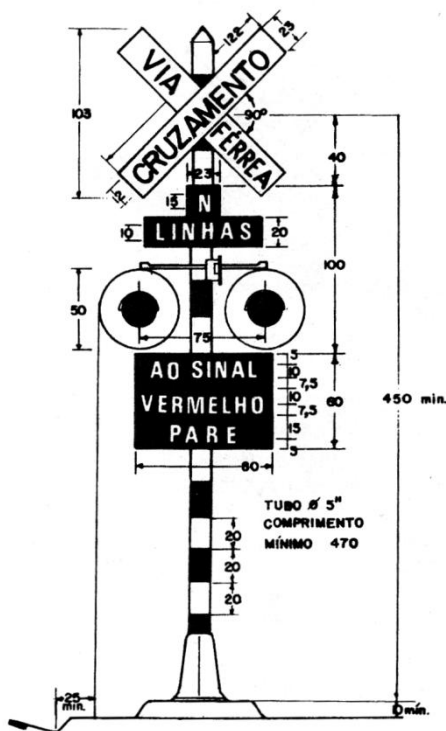
Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

A operação manual da campainha consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Proteção Ativa Elétrica - Tipo 3b



Sinalização de Controle – C.3.b.



A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

D_2 - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

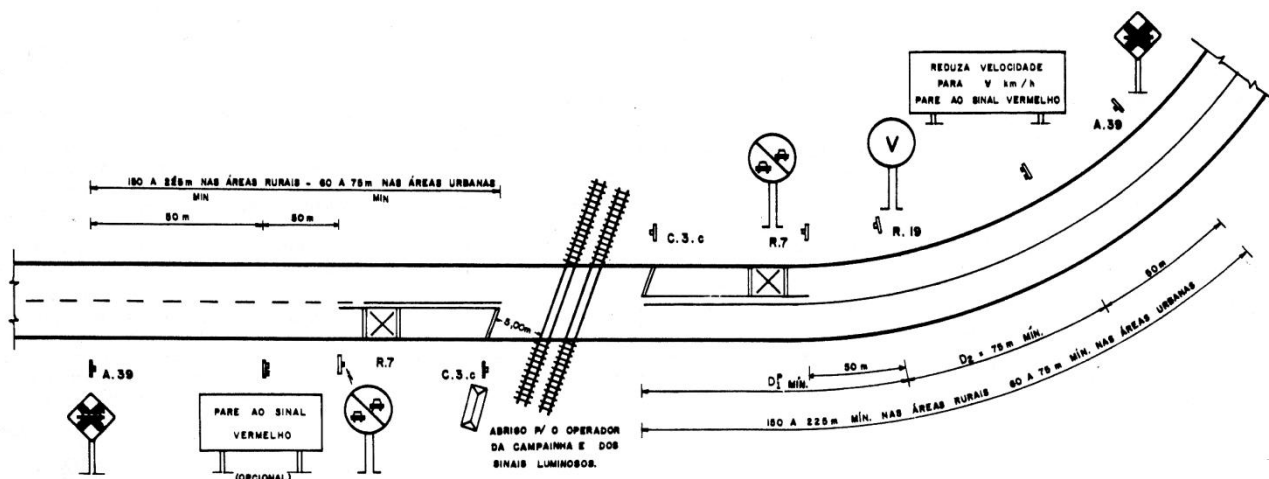
O abrigo destinado ao operador dos sinais luminosos deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

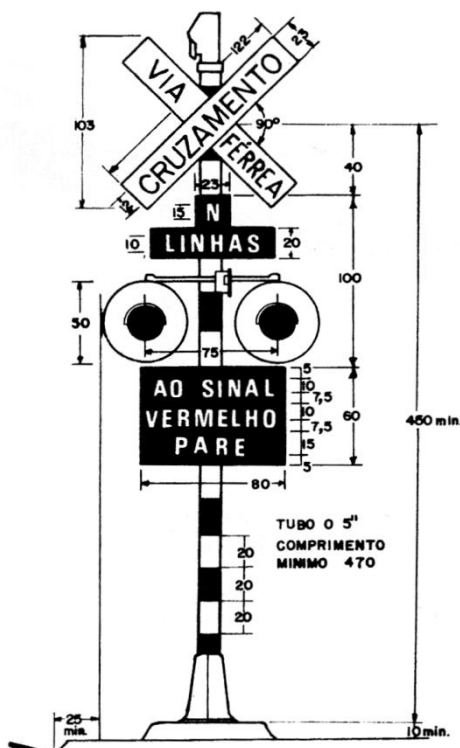
A operação manual dos sinais luminosos consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Quando a largura do cruzamento rodoferroviário, medida entre os dois sinais C.3.b, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

Proteção Ativa Elétrica - Tipo 3c



Sinalização de Controle – C.3.c.



A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D₁ - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

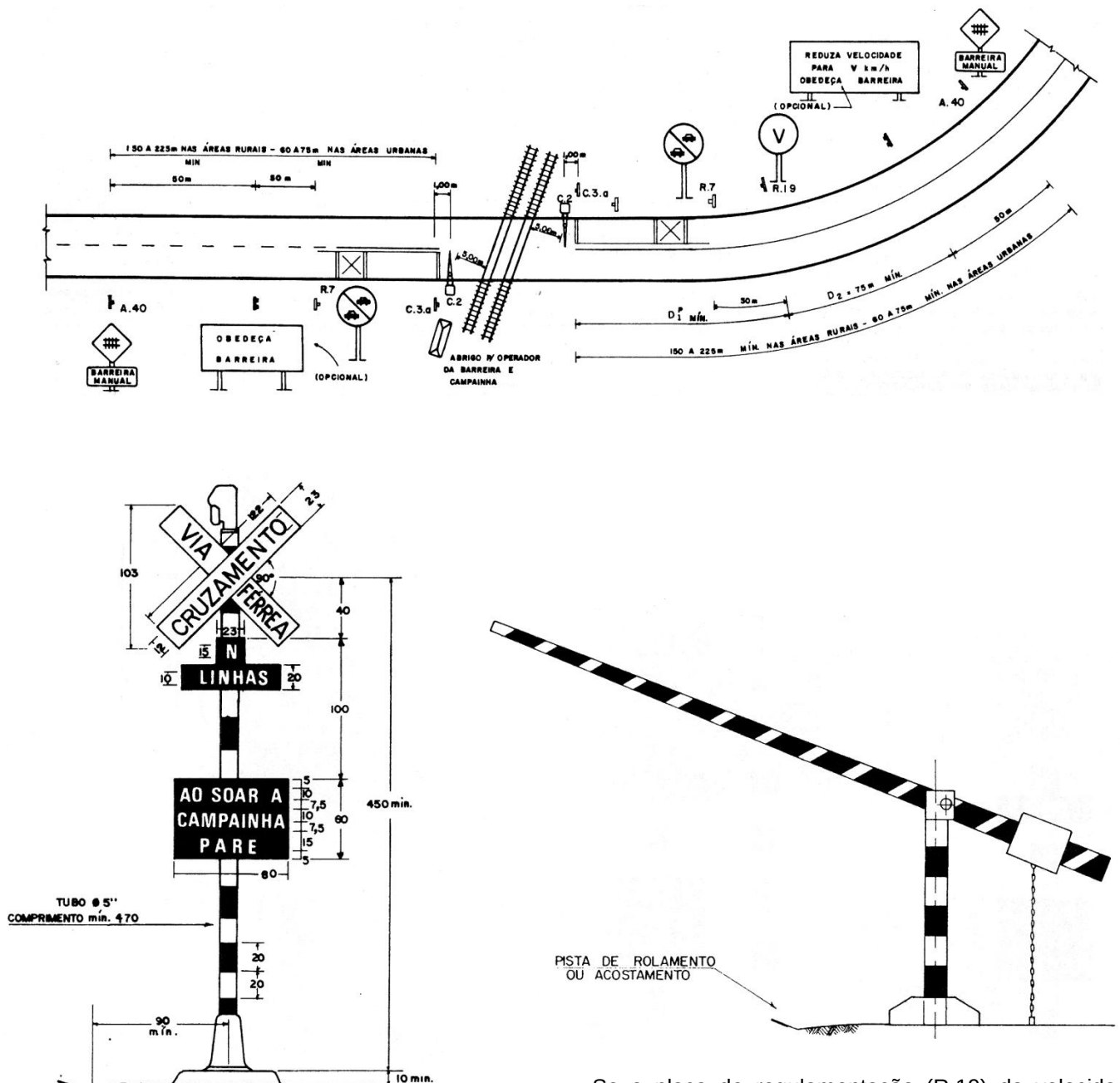
O abrigo destinado ao operador da campainha e dos sinais luminosos deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

A operação manual dos sinais luminosos e campainhas consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Quando a largura do cruzamento rodoviário, medida entre os dois sinais C.3.b, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

Proteção Ativa Eléctrica - Tipo 3d



Sinalização de Controle – C.3.a. e C.2.

A placa de advertência A-40 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_v^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

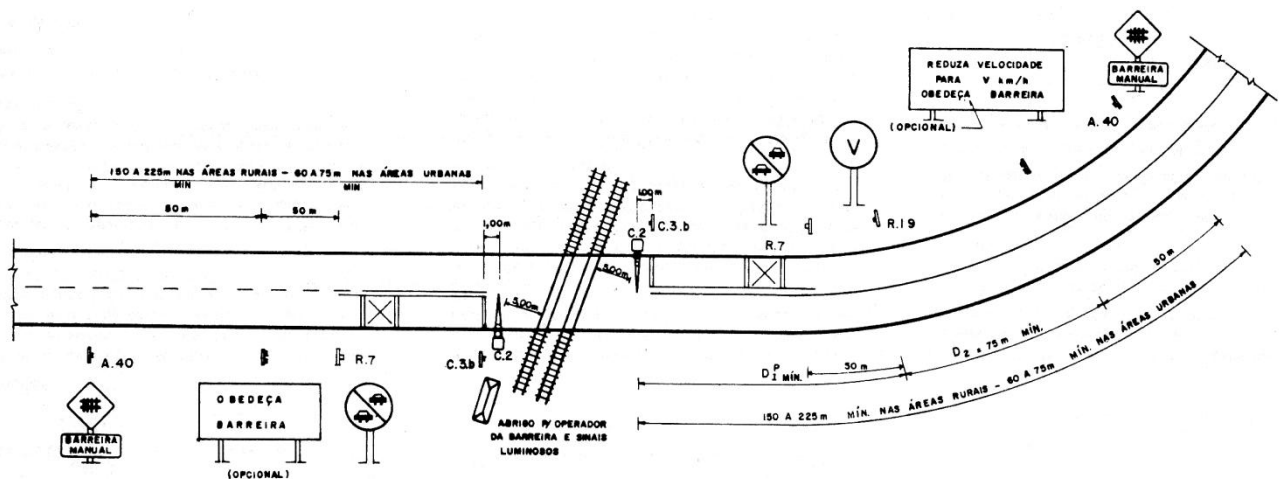
Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

O abrigo destinado ao operador da barreira e da campainha deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

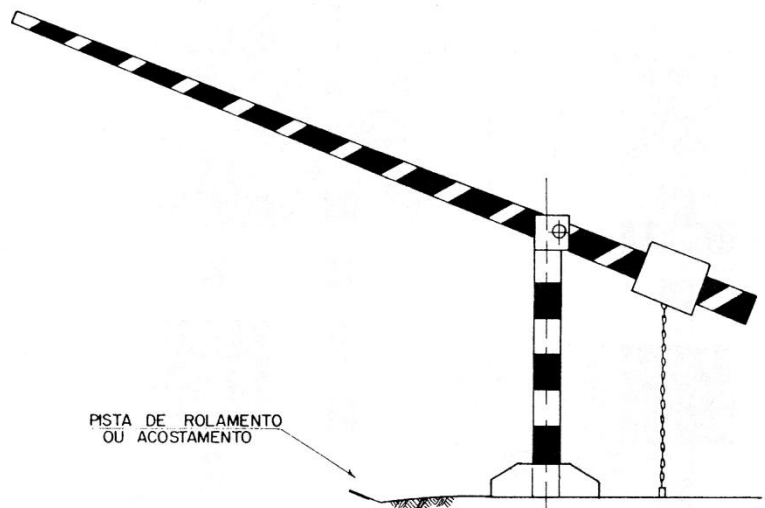
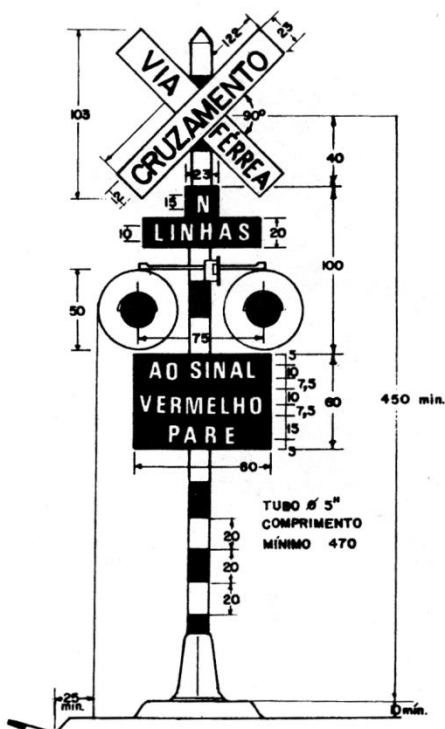
Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

A operação manual da campanha consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Proteção Ativa Elétrica - Tipo 3e



Sinalização de Controle – C.3.b. e C.2.



Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

A operação manual dos sinais luminosos e da campainha consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Quando a largura do cruzamento rodoviário, medida entre os dois sinais C.3.b, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

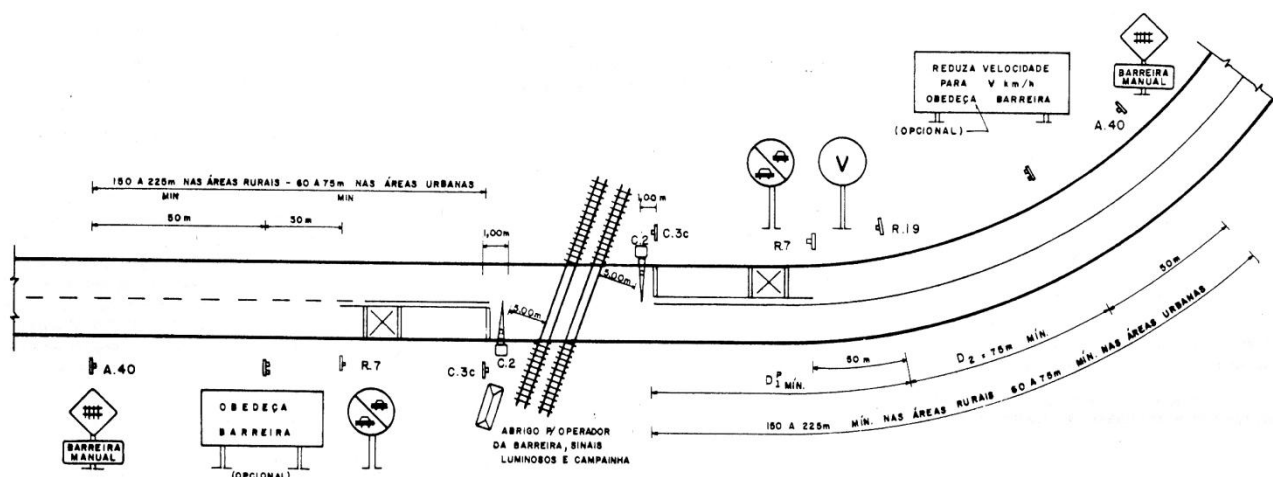
A placa de advertência A-40 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D^P_1 - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

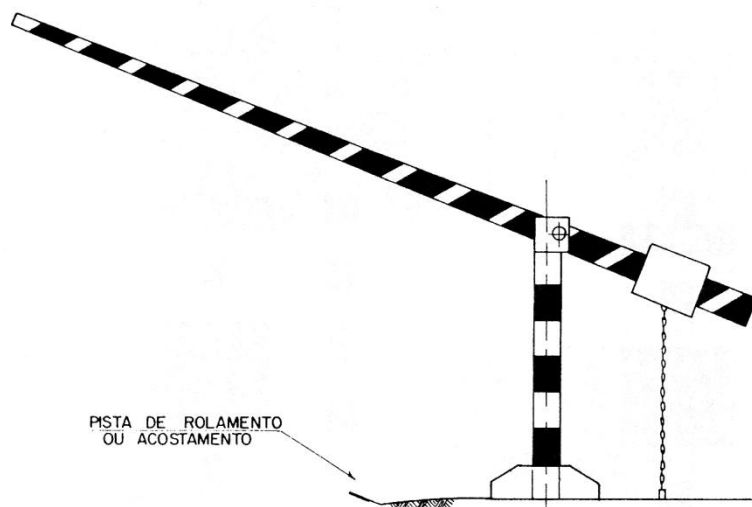
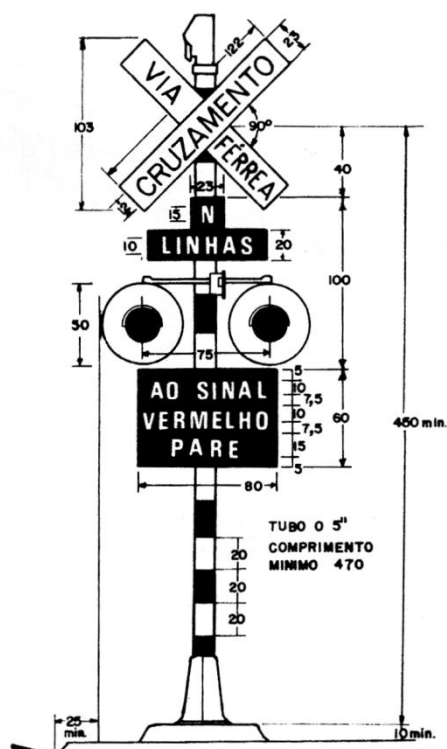
D_2 - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

O abrigo destinado ao operador da barreira e da campainha deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Proteção Ativa Elétrica - Tipo 3f



Sinalização de Controle – C.3.c. e C.2.



Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Deve existir um sistema de comunicação para que o operador seja avisado com antecedência da aproximação do trem.

A operação manual dos sinais luminosos e da campanha consiste no acionamento do interruptor ou botão de comando do equipamento.

Quando a largura do cruzamento rodoferroviário, medida entre os dois sinais C.3.b, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

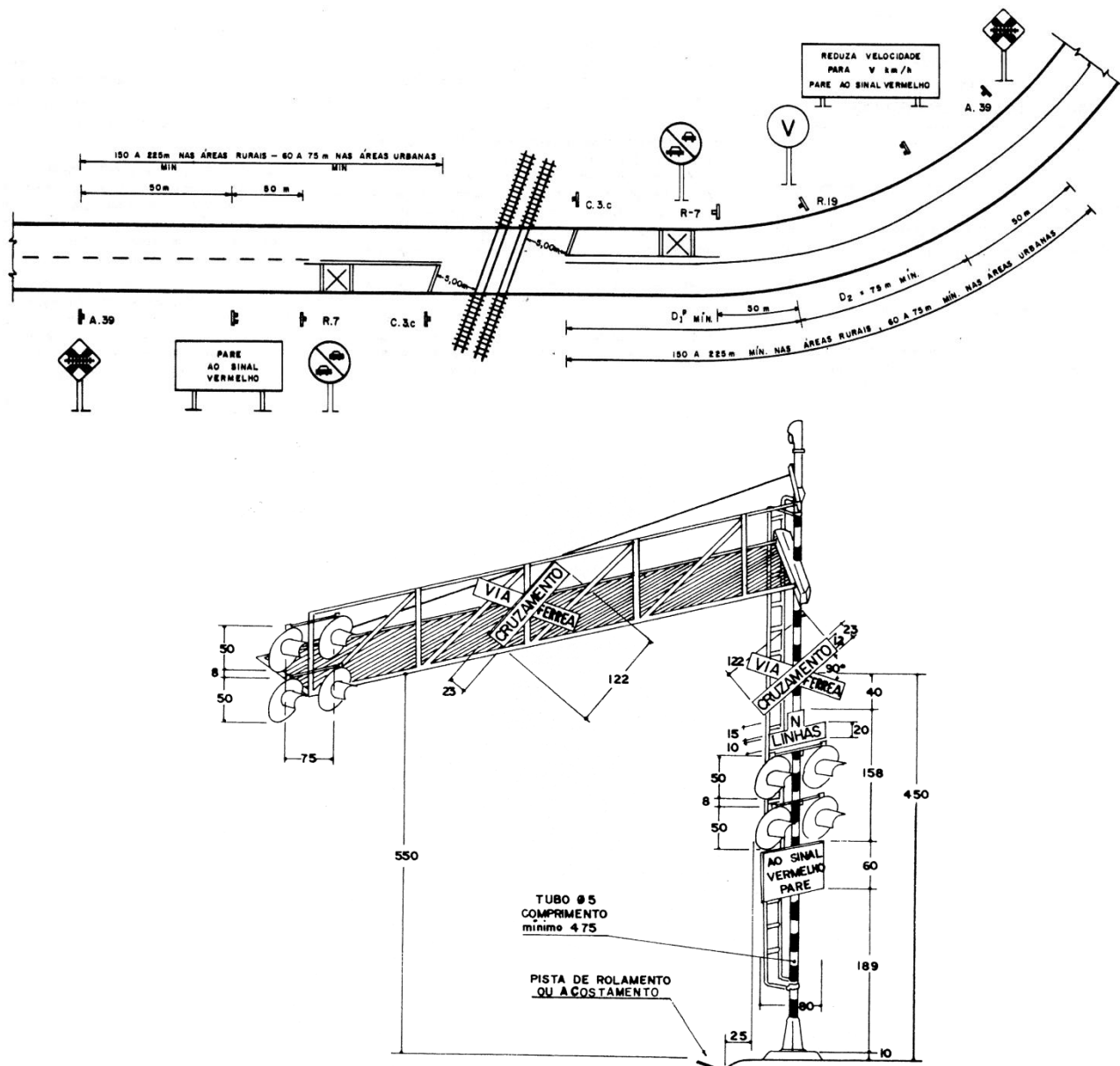
A placa de advertência A-40 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

O abrigo destinado ao operador da barreira, sinais luminosos e campainha deve se situar de modo a minimizar a obstrução de visibilidade.

Proteção Ativa Automática - Tipo 4



Sinalização de Controle – C.4.

A placa de advertência A-39 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_1^P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

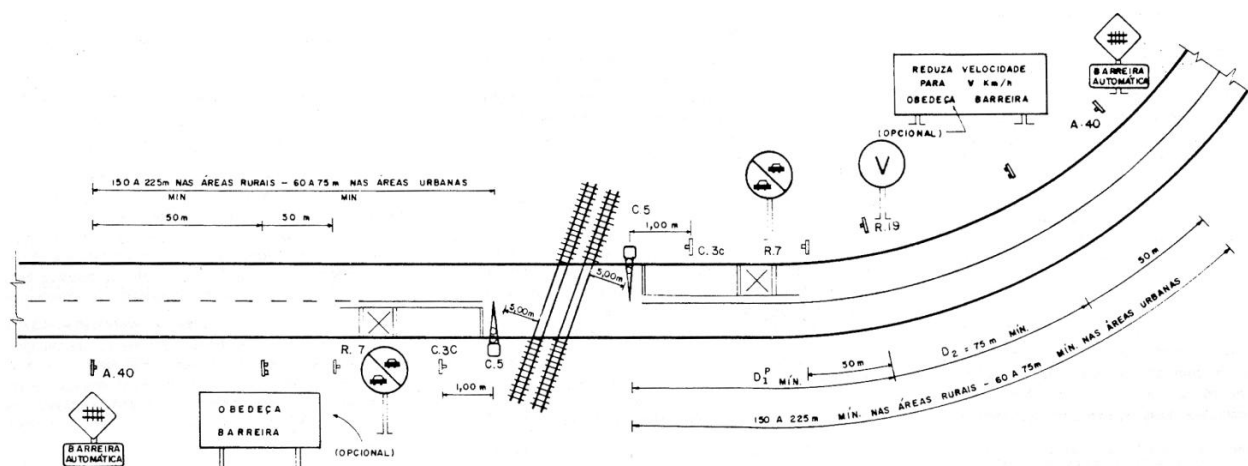
D_2 - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

A operação automática será efetuada pelo próprio trem, ocupando o circuito de via de aproximação da passagem ou acionando um pedal, o que desenergizará o relé correspondente, acionando do equipamento.

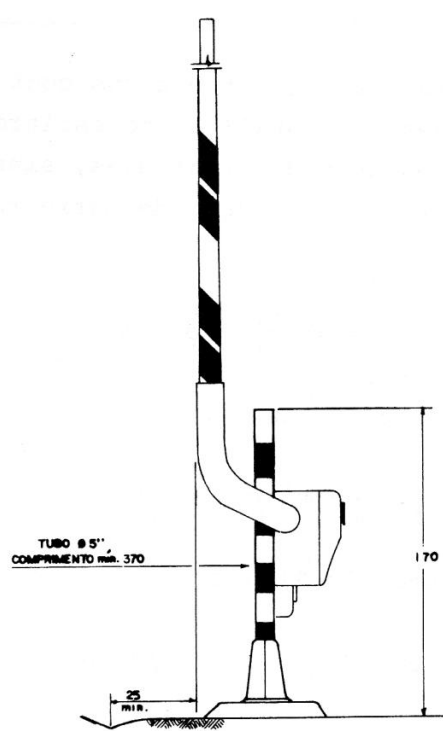
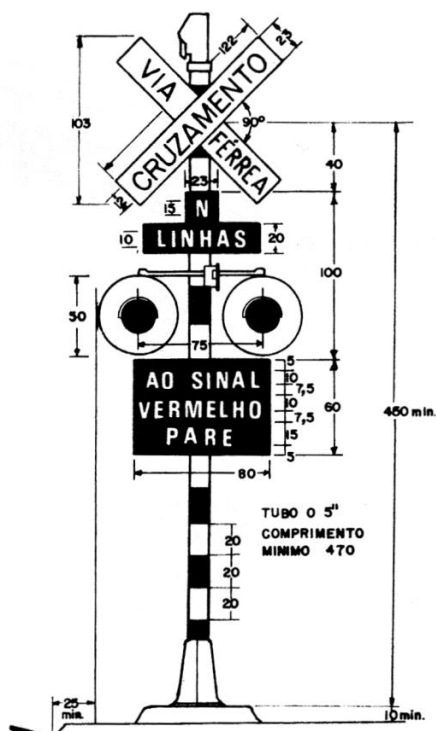
Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Quando a largura do cruzamento rodoviário-ferroviário, medida entre os dois sinais C.3.b, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

Proteção Ativa Automática - Tipo 5



Sinalização de Controle – C.3.c. e C.5.



A placa de advertência A-40 deve ser colocada onde existam condições favoráveis de visibilidade. Nas áreas urbanas a distância da placa ao cruzamento pode variar de 60 a 75 m. Maiores distâncias devem ser usadas para vias com velocidades operacionais elevadas.

D_P - Distância de visibilidade compatível com a velocidade V km/h.

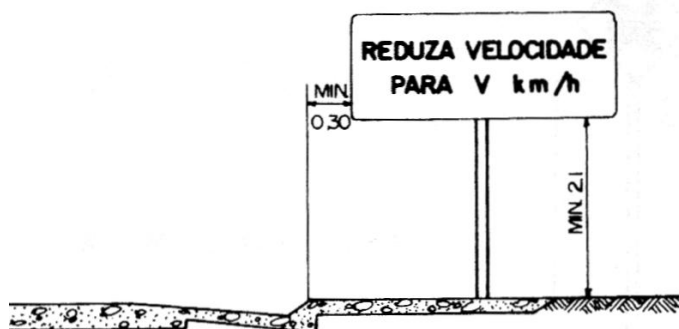
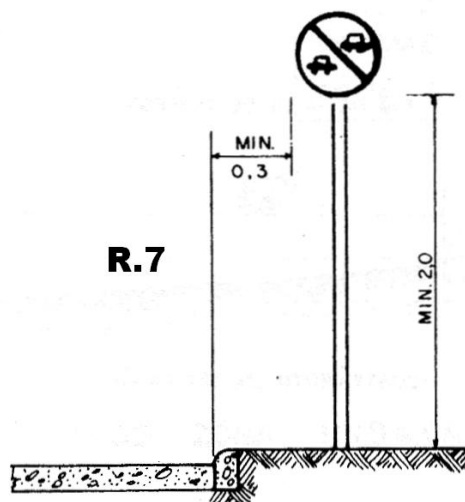
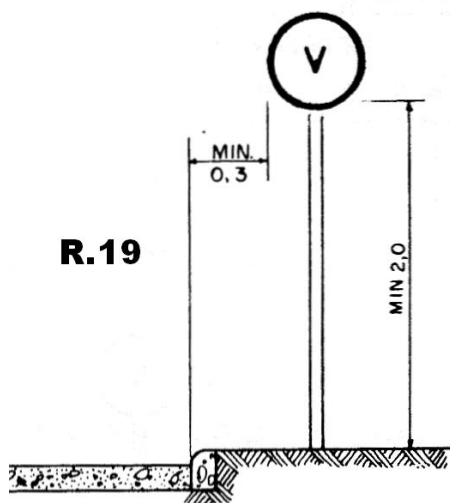
D₂ - Distância necessária para reduzir a velocidade até V km/h (a distância recomendada é de 75m para cada redução de 10 km/h na velocidade de regulamentação).

A operação automática será efetuada pelo próprio trem, ocupando o circuito de via de aproximação da passagem ou acionando um pedal, o que desenergizará o relé correspondente, acionando do equipamento.

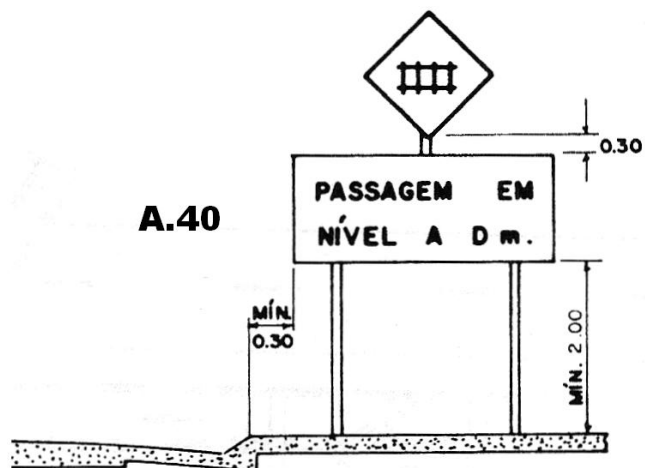
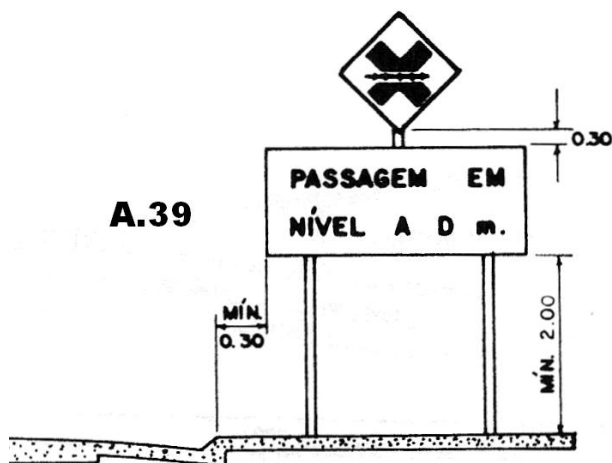
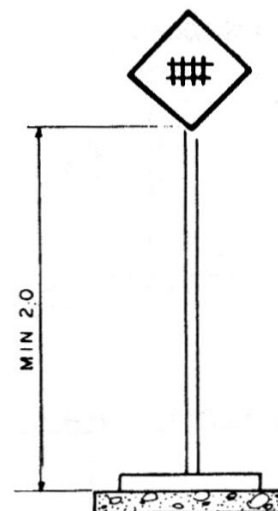
Se a placa de regulamentação (R.19) da velocidade V km/h for usada, será preciso utilizar outra placa de regulamentação, permitindo a velocidade normal da via no outro lado do cruzamento, normalmente colocada a uma distância de 500m do cruzamento.

Quando a largura do cruzamento rodoferroviário, medida entre os dois sinais C.5, no eixo da via, for 11m ou menos, os sinais luminosos deverão operar pelo menos 20s antes da chegada do trem mais rápido sobre tal cruzamento; quando essa distância for maior que 11m, o tempo mínimo de operação deve ser acrescido do tempo de percurso necessário para os veículos mais lentos desimpedirem a passagem.

Sinalização Auxiliar



A.40



Em casos especiais, dependendo do grau de perigo, poderão ser necessárias placas anteriores de advertência A-40 ou A-39, conforme situação, junto à placa "Passagem em Nível a Dm".

9. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7593**: Travessia pela via férrea. Rio de Janeiro, 1988

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7635**: Sinalização ferroviária. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8736**: Proteção para a passagem de nível rodoviário em via férrea. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10938**: Determinação de importância de travessia rodoviária através de via férrea. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11440**: Determinação do fator ponderado de acidentes de travessia rodoviária em passagem de nível através de via férrea. Rio de Janeiro, 1989

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11542**: Via férrea – Travessia – Identificação. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12180**: Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem em nível pública – Equipamento de proteção elétrico. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12731**: Via férrea – Travessia rodoviária de pedestre e de animal. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12910**: Placa de identificação de travessia (PIT) – Por via férrea. Rio de Janeiro, 1993

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14313**: Barreiras acústicas para vias de tráfego – Características construtivas. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15680**: Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem em nível pública – Requisitos de projetos Rio de Janeiro, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR PB 802**: Via férrea – Travessia rodoviária passagem de nível pública Equipamento de proteção. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR PB 804**: Cadastro ferroviário – Passagem de nível pública. Rio de Janeiro

DENATRAN. **Manual de Cruzamentos Rodoferroviários**. 2ª ed.. Brasília, DF, 1987. 139 p.

Rede Ferroviária Federa S.A.. **N-DSE-017**: Passagem de nível – Concessão, projeto, manutenção. Rio de Janeiro, 1986.

Rede Ferroviária Federa S.A.. **N-DSE-018**: Passagem de nível – Cadastro. Rio de Janeiro, 1986.

CARMO, Renata Cristina do. **Procedimento para avaliação de passagens de nível**. Rio de Janeiro: s.d., 2006. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia.

NICHELSON, G. Rex; REED, George L. **Grade separations: when do we separate** [acessível por meio de consulta ao site do Texas Transportation Institute no endereço <http://www.tti.gov.us>.]

FERNANDES, João Cândido. **Acústica e ruído**. Bauru, set. 2002. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7839807/Acustica-e-Ruidos-Apostila1-Parte-Joao-Candido-Fernan>>. Acesso em 12 de jun. De 2009.

BRASIL. Resolução nº001, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 de abril de 1990, seção I, p. 6408.

BRASIL. **Decreto Nº 1.832**, de 04 de Março de 1996. Aprova o Regulamento dos Transportes Ferroviários. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1832.htm>. Acesso em: 22 out. 2009.

BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997. Código Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1832.htm>. Acesso em: 22 out. 2009
AMERICA LATINA LOGÍSTICA (Curitiba, PR). **Regulamento de operações**: RO 2006. Curitiba, 2006.

FERROVIA TEREZA CRISTINA (Tubarão, SC). **ROF 2002**: Regulamento operacional ferroviário. Tubarão, 2002., 264 p.

FERROVIA TEREZA CRISTINA (Tubarão, SC). **ROF 2007**: Regulamento operacional ferroviário. Tubarão, 2007., 33 p.

FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA. **ROF**:Regulamento de operações ferroviária. s.l., 2007. 170 p.

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A. **ROF**: Regulamento geral de operações. s.l., 1978. 74 p.

MRS logística S.A. **Regulamento de operação ferroviária da MRS logística S.A.** 4ªed. s.l., 2008.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Guidance on traffic control devices at highway-rail grade crossings**. Washington D.C., 2002. 44 p. v. 1. Disponível em: <<http://cms.transportation.org/sites/scote/docs/twgreport.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2009.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Guidance on traffic control devices at highway-rail grade crossings**. Washington D.C., 2002. 44 p. v. 2. Disponível em: <<http://cms.transportation.org/sites/scote/docs/twgreport.pdf>>. Acesso em: 23 out.. 2009.

U.S. DEPARTMENT OF TRASNPORTATION.FEDERAL RAILROAD ADMINISTRATION. **North Carolina DOT Traffic separations studies**. Washington D.C., 2004. 39 p. Relatório final. Disponível em : <<http://www.fra.dot.gov/>>. Acesso em: 23 out. 2009.