



**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM
AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS**

**Procedimentos de Auditoria para Fiscalização de
Dispositivos de Contenção Viária**

Por, Thiago Viana de Souza

Brasília, 4 de abril de 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS EM
TRANSPORTES

PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA PARA FISCALIZAÇÃO
DE DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO VIÁRIA

THIAGO VIANA DE SOUZA

ORIENTADOR: ROGÉRIO CALAZANS VERLY

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUDITORIA DE
OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS

BRASÍLIA / DF: ABRIL / 2018

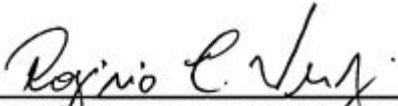
**TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS EM
TRANSPORTES**

**PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA PARA FISCALIZAÇÃO
DE DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO VIÁRIA**

THIAGO VIANA DE SOUZA

**MONOGRAFIA SUBMETIDA AO INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA DO
TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO E AO CENTRO INTERDISCIPLINAR DE
ESTUDOS EM TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ESPECIALISTA EM AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS**

APROVADA POR:



ROGÉRIO CALAZANS VERLY, Me. (UnB)
(ORIENTADOR)



VLADIMI JOSÉ DANIEL DE ASSIS, Me. (UFCG)
(EXAMINADOR INTERNO)



DIEGO DE ALMEIDA PEREIRA, Me. (UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 4 DE ABRIL DE 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, THIAGO VIANA DE

Procedimentos de Auditoria para Fiscalização de Dispositivos de Contenção Viária

Brasília, 2018

xiv, 113p., 210 x 297 mm (ISC/TCU, CEFTRU/UnB, Especialista, Auditoria de obras públicas rodoviárias, 2018)

Monografia de Especialização – Tribunal de Contas da União. Instituto Serzedello Corrêa. Universidade de Brasília. Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes.

1. Segurança no Tráfego
3. Defesa Metálica

2. Dispositivo de Contenção Viária
4. Barreira Rígida de Concreto

I. ISC/TCU
III. Título (série)

II. CEFTRU/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, THIAGO V. (2018). Procedimentos de Auditoria para Fiscalização de Dispositivos de Contenção Viária. Monografia de Especialização, Instituto Serzedello Corrêa, Tribunal de Contas da União, Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 127p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Thiago Viana de Souza

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Procedimentos de Auditoria para Fiscalização de Dispositivos de Contenção Viária

GRAU / ANO: Especialista em auditoria de obras públicas rodoviárias / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Thiago Viana de Souza
SQS 207 Bloco H Apartamento 203
70.253-080 - Brasília/DF - Brasil

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por permitir que eu chegasse a essa etapa de vida com alegria, inteligência, saúde e vontade de viver ainda mais.

Depois, agradeço à minha família, por todo apoio, carinho, cuidado e dedicação ao longo de toda minha vida e nos últimos anos.

Ao meu pai, Pedro, por todo apoio, à minha mãe, Vera, por todo amor incondicional, e a minha irmã, por todo o companheirismo, nesse e nos anos que virão.

Por último, agradeço à minha namorada, Fabi, mulher da minha vida, por todo apoio, carinho e companhia.

RESUMO

Dispositivos de contenção viária são sistemas de proteção que, se bem projetados e implantados, desempenham papel fundamental em rodovias ao evitar que veículos desgovernados saiam da pista e provoquem acidentes com graves consequências para motorista, passageiros e pedestres, inclusive, com a perda de vidas. Ocorre que, muitas vezes, a implantação desses dispositivos é negligenciada, seja por sua complexidade ou pela instalação de modelos e componentes com capacidade de desempenho inferior à projetada. Logo, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver procedimentos de auditoria que facilitem a atuação de auditores e de fiscais de obras durante a fiscalização de tais dispositivos, de modo a permitir a sua correta implantação e adequado funcionamento.

Palavras-chave: Barreira rígida de concreto; Defesa metálica; Dispositivos de contenção viária; Segurança no tráfego

ABSTRACT

Traffic barriers systems are protection devices that, if well designed and installed, have important roll to prevent vehicles from leaving the roadway and from hitting fixed objects or terrain features, reducing the crash-severity that would, otherwise, cause serious injuries to the driver, passengers and pedestrians, including fatal victims. Most of the times, the installation of these devices is neglected, weather by its complexity or by the use of inferior models and components, producing devices with a lower performance and capability than designed. Thereby, the purpose of the current work is to develop audit's procedures to facilitate the work of auditors and inspectors during the supervision of these devices, allowing them to be properly installed and ready to use.

Key-words: Concrete Barrier; W-beam; Traffic barriers systems; Roadside safety

LISTA DE EQUAÇÕES

(Equação 2.1) – Determinação da Zona Livre Externa em Curva	16
(Equação 3.1) – Determinação do Comprimento Necessário	55
(Equação 3.2) – Comprimento Necessário para Barreiras sem Deflexão	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Plataforma Rodoviária	5
Figura 2.2 – Diferença entre <i>Traveled Way</i> e <i>Roadway</i>	7
Figura 2.3 – Exemplo de Faixa Lateral ou <i>Roadside</i>	7
Figura 2.4 – Seção Transversal de Rodovia Rural de Pista Dupla	8
Figura 2.5 – Exemplo de Zona Livre	10
Figura 2.6 – Largura da Zona Livre em Pista Simples	11
Figura 2.7 – Largura da Zona Livre em Pista Dupla	11
Figura 2.8 – Geometria dos Taludes	13
Figura 2.9 – Seção Transversal de Talude Recuperável	18
Figura 2.10 – Talude não Recuperável e Distância Sugerida da Zona Livre	18
Figura 2.11 – Cálculo da Largura da Área de Escape	19
Figura 2.12 – Seção Transversal de Talude Crítico	20
Figura 2.13 – Canal ou Sarjeta Triangular	22
Figura 2.14 – Seção Triangular Preferencial de Drenagem	23
Figura 2.15 – Canal ou Seção Trapezoidal	23
Figura 2.16 – Seção Trapezoidal Preferencial de Drenagem	24
Figura 2.17 – Exemplo de Tratamento de Bueiro	25
Figura 3.1 – Exemplo de Barreira de Cabo Metálico	32
Figura 3.2 – Exemplo de Defesa Metálica	33
Figura 3.3 – Exemplo de Barreira Rígida em Concreto	35
Figura 3.4 – Exemplo de Dispositivo de Contenção Pontual	37
Figura 3.5 – Dispositivo de Contenção Provisória	37
Figura 3.6 – Seções do Dispositivo de Contenção	38
Figura 3.7 – Exemplo de Terminal de Abertura	40
Figura 3.8 – Exemplo de Terminal de não Abertura	40
Figura 3.9 – Exemplo de Terminal Absorvedor de Energia	41
Figura 3.10 – Dispositivo Atenuador de Impacto	43
Figura 3.11 – Trajetória Pós-Impacto e Critérios de Desempenho	45
Figura 3.12 – Deflexão Dinâmica vs. Espaço de Trabalho	46
Figura 3.13 – Exemplo de Zona de Intrusão para Barreira de Concreto TL-3	48
Figura 3.14 – Trajetória Dinâmica do Para-choque	51
Figura 3.15 – Determinação do Comprimento Necessário	54
Figura 3.16 – Transição entre Defesa Metálica e Barreira Rígida	56
Figura 3.17 – Sistema de Proteção Moto.Tub	59

Figura 3.18 – Necessidade de Dispositivo de Contenção para Taludes em Declive	60
Figura 3.19 – Fluxograma para Seleção de Dispositivo de Contenção	65
Figura 4.1 – Fluxograma dos Roteiros de Auditoria	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Determinação da Distância Sugerida da Zona Livre	15
Tabela 2.2 – Fator de Correção K_{cz}^a	16
Tabela 3.1 – Classificação dos Níveis de Contenção por Norma	31
Tabela 3.2 – Classificação da Severidade do Impacto	44
Tabela 3.3 – Níveis de Espaço de Trabalho conforme EN 1317	47
Tabela 3.4 – Níveis de Intrusão conforme EN 1317	48
Tabela 3.5 – Distâncias Sugeridas da Linha de Timidez	49
Tabela 3.6 – Taxas de Deflexão Lateral	53
Tabela 3.7 – Distância Sugerida do Ponto de Saída (L_R)	54
Tabela 3.8 – Recomendações para Terrenos Intransponíveis e Outros Obstáculos	61
Tabela 3.9 – Fatores de Seleção de Dispositivos de Contenção	63
Tabela 4.1 – Relação das Normas Vigentes sobre Defesa Metálica	69
Tabela 4.2 – Defensas Metálicas Previstas no Sicro	72
Tabela 4.3 – Composições de Custo do Sicro Defensas Metálicas	74
Tabela 4.4 – Relação das Normas Vigentes sobre Barreira Rígida	88
Tabela 4.5 – Composições de Custo do Sicro Barreiras Rígidas	93

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
CEN	<i>European Committee for Standardization</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
NCHRP	<i>National Cooperative Highway Research Program</i>
MASH	<i>Manual for Assessing Highway Safety</i>
SICRO	Sistema de Custos de Obras Rodoviárias
TCU	Tribunal de Contas da União

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO	1
1.2	PROBLEMA	2
1.3	JUSTIFICATIVA	2
1.4	OBJETIVO GERAL	3
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6	METODOLOGIA	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1	SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA RODOVIA	5
2.1.1	Diferenciação de <i>Traveled Way</i> e <i>Roadway</i>	6
2.2	FAIXA LATERAL DA RODOVIA	7
2.3	ENTORNO TOLERANTE	9
2.4	TRATAMENTO DE OBSTÁCULOS	9
2.5	ZONA LIVRE	10
2.6	GEOMETRIA DA FAIXA LATERAL	12
2.6.1	Quanto à Declividade	13
2.6.2	Quanto à Trespasabilidade	14
2.7	DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA DA ZONA LIVRE	14
2.7.1	Fator de Ajuste para Curvas Horizontais (CZ_c)	16
2.8	APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ZONA LIVRE	17
2.8.1	Taludes em Declive	17
2.8.2	Taludes em Aclive	20
2.8.3	Taludes Transversais	21
2.9	DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	21
2.9.1	Projeto de Drenagem	21

2.9.2	Dimensionamento de Drenagem Lateral	22
2.9.3	Drenagem Transversal	25
2.10	FAIXAS AUXILIARES	26
3	DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO VIÁRIA	27
3.1	DEFINIÇÃO E OBJETIVOS	27
3.1.1	Definição	27
3.1.2	Funções	28
3.2	CLASSIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO	29
3.2.1	Quanto à Proteção à Colisão (<i>Crashworthy</i>)	29
3.2.2	Quanto ao Nível de Contenção (<i>Test Level</i>)	31
3.2.3	Quanto à Rigidez	32
3.2.4	Quanto à Posição na Rodovia	35
3.2.5	Quanto ao Obstáculo Protegido	36
3.2.6	Quanto ao Ponto de Impacto ou Seção da Barreira	38
3.2.7	Quanto ao Tipo de Terminal	39
3.2.8	Dispositivos Atenuadores de Impacto	42
3.3	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	43
3.3.1	Nível de Contenção (<i>Test Level</i>)	43
3.3.2	Nível de Severidade do Impacto	44
3.3.3	Deflexão Dinâmica (DD)	45
3.3.4	Espaço de Trabalho (W)	46
3.3.5	Zona de Intrusão (ZOI)	47
3.4	RECOMENDAÇÕES DE PROJETO	49
3.4.1	Afastamento Lateral	49
3.4.2	Distância Mínima até o Talude	50
3.4.3	Meios-fios	50
3.4.4	Deflexão Lateral	52

3.4.5	Comprimento Necessário	53
3.4.6	Transições e Conexões	56
3.5	FATORES DE SELEÇÃO DE DISPOSITIVOS	57
3.5.1	Recomendações Básicas de Implantação	57
3.5.2	Recomendações de Proteção a Motociclistas	57
3.5.3	Necessidade de Proteção Lateral para Taludes em Declive	59
3.5.4	Necessidade de Proteção Lateral para Obstáculos	60
3.5.5	Fatores de Seleção de Dispositivos de Contenção	62
3.5.6	Seleção de Dispositivos por Nível de Contenção	64
4	PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA	66
4.1	ROTEIRO DE AUDITORIA DE DEFENSAS METÁLICAS	68
4.1.1	Conceito de Defensas Metálicas	68
4.1.2	Normas Técnicas sobre Defensas Metálicas	68
4.1.3	Fase de Planejamento/Análise de Projeto	69
4.1.4	Fase de Execução de Auditoria	78
4.2	ROTEIRO DE AUDITORIA DE BARREIRAS DE CONCRETO	87
4.2.1	Conceito de Barreiras Rígidas em Concreto	87
4.2.2	Normas Técnicas de Barreiras Rígidas em Concreto	88
4.2.3	Fase de Planejamento/Análise de Projeto	89
4.2.4	Fase de Execução de Auditoria	96
5	CONCLUSÃO	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Dispositivos de contenção viária, também chamados de barreiras de segurança ou de tráfego, são sistemas de proteção instalados pontual ou longitudinalmente à rodovia que têm por objetivo, primeiro, absorver o impacto de veículos desgovernados, e em segundo lugar, direcionar o veículo de volta à pista, protegendo motoristas e passageiros do veículo de obstáculos e outros perigos à margem da rodovia.

De forma simplificada, esses dispositivos são divididos em duas categorias principais: defensas metálicas e barreiras rígidas em concreto.

As defensas, muito conhecidas por seu nome em inglês, *guardrail*, são dispositivos compostos, basicamente, por postes metálicos que sustentam uma lâmina, também metálica, e cujo objetivo é amortecer, parar e redirecionar o veículo de forma segura, por meio da deformação de suas peças.

As barreiras rígidas em concreto, por sua vez, permitem pouca ou quase nenhuma deformação, já que são, basicamente, um muro de concreto reforçado com aço. No entanto, cumprem a sua função, ao dissipar a energia de impacto pelo redirecionamento e deformação do próprio veículo, tudo graças ao formato do perfil da própria barreira.

Defensas metálicas e barreiras em concreto são quase sempre empregadas em projetos de obras rodoviárias no Brasil. Na maioria das vezes, no entanto, ambos os dispositivos não representam parcela significativa dos custos de uma obra rodoviária e, dessa forma, muitas vezes não são fiscalizados com o devido cuidado.

Nas poucas vezes que são fiscalizados, como em auditorias realizadas pelo Tribunal de Contas da União (TCU) e por outros órgãos da Administração Pública, é comum serem constatados problemas no projeto e na execução de tais dispositivos.

É muito comum encontrar dispositivos de contenção que não foram implantados conforme projeto ou conforme norma. Muitas vezes, o projeto prevê o uso de determinado sistema de

proteção, mas ao se fiscalizar a obra em construção, o modelo de defesa ou barreira implantado é outro, mais barato ou de menor desempenho, o que pode colocar em risco a vida dos usuários da rodovia, sejam eles motoristas, passageiros ou pedestres.

Mesmo nas poucas fiscalizações realizadas e em que foram encontrados indícios de irregularidades, a perfeita caracterização da irregularidade não é de fácil verificação, já que as normas que regulam o projeto e a implantação de dispositivos de contenção viária não são de fácil compreensão.

Dessa forma, o objetivo desta monografia é conhecer as normas técnicas que permeiam o assunto e desenvolver procedimentos de auditoria que possam ser empregados, tanto por auditores do TCU e de outros órgãos da Administração, como por fiscais das obras, para fiscalizar defensas metálicas e barreiras rígidas em concreto, que são os dispositivos de contenção mais comumente empregados no Brasil.

1.2 PROBLEMA

Pelo exposto na apresentação deste trabalho, fica clara a dificuldade pela qual passam auditores do TCU e de outros órgãos ao fiscalizar dispositivos de contenção viária.

Tendo isso em mente, haveria maneira de facilitar o trabalho de auditores e fiscais de obras ao executarem a fiscalização de dispositivos de contenção viária?

1.3 JUSTIFICATIVA

Como mencionado na apresentação desta monografia, as normas técnicas brasileiras que regulamentam o projeto e a implantação de dispositivos de contenção viária não são de fácil entendimento, exigindo conhecimento específico do assunto por parte dos auditores.

Dessa forma, a elaboração de procedimentos de auditoria pode facilitar a atuação de auditores de obras rodoviárias quando eles estiverem fiscalizando esses dispositivos, permitindo identificar indícios de irregularidade de forma rápida e correta.

1.4 OBJETIVO GERAL

Desenvolver procedimentos de auditoria para facilitar a atuação de auditores do Tribunal de Contas da União e de fiscais de outros órgãos da Administração Pública quando da fiscalização de dispositivos de contenção viária.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta monografia são:

- a) estudar normas nacionais e internacionais sobre dispositivos de contenção viária;
- b) estudar e apresentar os principais conceitos que envolvem a decisão de se projetar e implantar um dispositivo de contenção viária, tais como entorno tolerante e zona livre;
- c) estudar e apresentar os principais tipos, critérios de desempenho, recomendações de projeto e fatores de seleção de dispositivos de contenção viária;
- d) estudar e identificar os tipos de defensas metálicas previstas nas normas brasileiras;
- e) estudar e identificar os tipos de barreiras de concreto previstas nas normas brasileiras;
- f) averiguar se as normas brasileiras permitem a instalação de dispositivos de contenção viárias diferentes dos estabelecidos por essas normas; e
- g) desenvolver procedimentos de auditoria para verificar a implantação dos dispositivos de contenção viária, conforme preceitos normativos.

1.6 METODOLOGIA

- a) fazer pesquisa bibliográfica;
- b) estudar normas nacionais e internacionais selecionadas;
- c) fazer fundamentação teórica dos principais conceitos que envolvem o projeto e implantação de dispositivos de contenção viária;
- d) identificar os tipos de defensas metálicas previstas nas normas brasileiras;
- e) identificar os tipos de barreiras de concreto previstas nas normas brasileiras;
- f) identificar os tipos de defensas metálicas previstas nas normas internacionais; e
- g) desenvolver procedimentos de auditoria para verificar a implantação dos dispositivos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica acerca dos dispositivos de segurança viária será apresentada nos Capítulos 2 e 3 desta monografia.

No Capítulo 2, serão tratados aspectos relativos à geometria do entorno da rodovia, enquanto que no Capítulo 3 serão abordados conceitos básicos de dispositivos de contenção viária, tais como tipos, critérios de desempenho e fatores de seleção.

Para abordar tais aspectos e conceitos, foram estudados normativos de diversas entidades, tais como a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

A AASHTO é uma entidade sem fins lucrativos que representa os departamentos de estradas e de transporte dos Estados Unidos da América (EUA) e cujo objetivo é o desenvolvimento do sistema nacional de transportes daquele país.

De forma semelhante, a ABNT também é uma entidade privada e sem fins lucrativos. Porém, seu objetivo é ser o foro nacional de normalização para a sociedade brasileira, produzindo e sistematizando e desenvolvendo o conteúdo científico e tecnológico do Brasil.

Já o DNIT é uma autarquia federal vinculada ao Ministério dos Transportes. Criado por Lei em 2001, quando houve a extinção do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), o DNIT tem objetivo desenvolver a política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação.

Entre os principais normativos estudados estão o guia *Roadside Design Guide* (4ª Edição, 2011) da AASHTO e a norma ABNT NBR 15486 (2ª Edição, 2016). Logo, sempre que possível, os principais conceitos abordados neste trabalho farão remissão a essas duas normas.

A seguir, será apresentada uma revisão básica dos elementos que compõem a seção transversal de uma rodovia, passando então, para os conceitos de faixa lateral, entorno tolerável e zona livre.

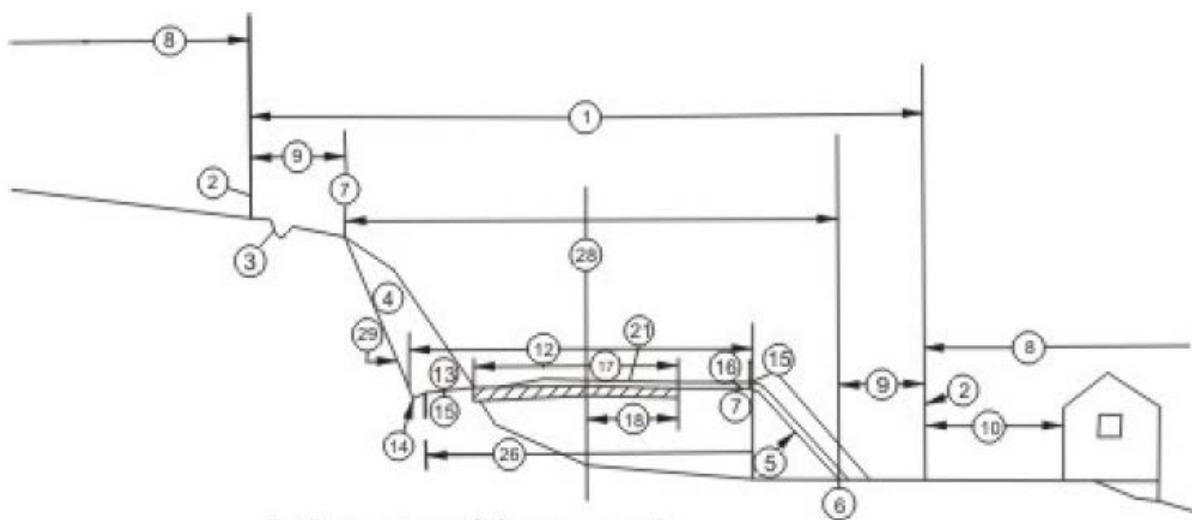
2.1 SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA RODOVIA

Conforme definição do DNIT (2017), a plataforma de uma rodovia é a parte da faixa de domínio que compreende pistas, acostamentos, canteiro central e dispositivos de drenagem superficial.

Apesar de esta definição ser a mais comum e já englobar vários componentes de uma seção transversal, há ainda um conceito mais amplo, porém pouco utilizado, do termo “plataforma da rodovia”.

Segundo esse conceito (DNIT, 2010), “plataforma da rodovia” é definida como todo o conjunto de infraestrutura e superestrutura de uma rodovia. Tendo em mente esse conceito mais amplo, a Figura 2.1, a seguir, apresenta os principais componentes de uma plataforma, ou a ela vinculados:

Figura 2.1 – Plataforma Rodoviária



Seção transversal de uma estrada

Fonte: Figura 3 do DNIT (2010)

A Figura 2.1 enumera uma série de componentes da seção transversal de uma rodovia. Embora todos eles sejam importantes, a seguir serão tratados apenas aqueles imprescindíveis para o entendimento dos conceitos que virão nos próximos subitens deste capítulo:

a) faixa de domínio (1): é toda a área desapropriada para a construção da estrada, provendo, inclusive, largura suficiente para expansão da rodovia no futuro;

- b) faixa marginal (9): é cada uma das faixas de terreno localizada nos limites da faixa de domínio da rodovia, podendo começar na crista do corte, no caso de seção em corte, ou no pé do aterro, no caso de seção em aterro;
- c) plataforma (12): conceito já abordado no primeiro parágrafo deste item; é a faixa de entrada estrada compreendida entre os dois pés dos cortes, no caso da seção em corte; de crista a crista do aterro, no caso da seção em aterro; e do pé do corte à crista do aterro, no caso da seção mista;
- d) pista de rolamento (17): é a faixa da plataforma destinada à circulação de veículos; é composta por uma ou mais faixas de tráfego;
- e) faixa de tráfego (18): parte da pista de rolamento, cuja largura permite a circulação de veículos em fila única; e
- f) faixa terraplenada (28): é a faixa correspondente à largura que vai de crista a crista do corte, no caso de seção plena em corte; do pé do aterro ao pé do aterro, no caso de seção plena em aterro; e da crista do corte ao pé do aterro, no caso da seção mista. É a área compreendida entre as linhas de “*off-set*”.

2.1.1 Diferenciação de *Traveled Way* e *Roadway*

Antes de abordar as definições de faixa lateral e zona livre, é importante diferenciar dois conceitos muito utilizados na literatura americana: *traveled way* e *roadway*.

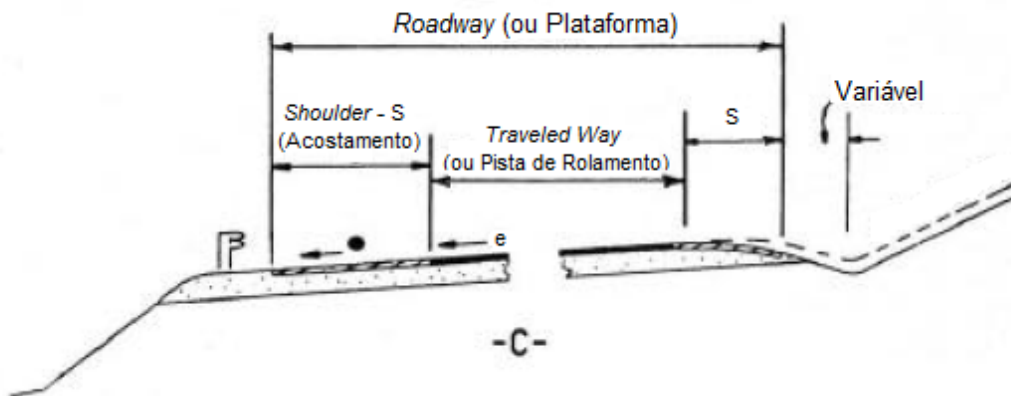
Segundo AASHTO (2001), *traveled way* é a seção transversal da rodovia composta somente pela pista de rolamento (faixas de tráfego - 18), ao passo que *roadway* é a seção composta pela pista de rolamento e pelos acostamentos internos e externos.

Em outras palavras, *traveled way* seria o leito carroçável de uma rodovia (número dezessete da Figura 2.1), enquanto *roadway* seria algo próximo ao que se convencionou chamar de plataforma no Brasil (número doze da mesma figura).

Próximo porque, conforme já enunciado no item anterior, a plataforma de uma rodovia ainda engloba o canteiro central e dispositivos de drenagem e segurança, larguras que não estão no conceito de *roadway*.

A Figura 2.2, a seguir, adaptada e traduzida para o português, apresenta visualmente a diferença entre esses dois conceitos:

Figura 2.2 – Diferença entre *Traveled Way* e *Roadway*



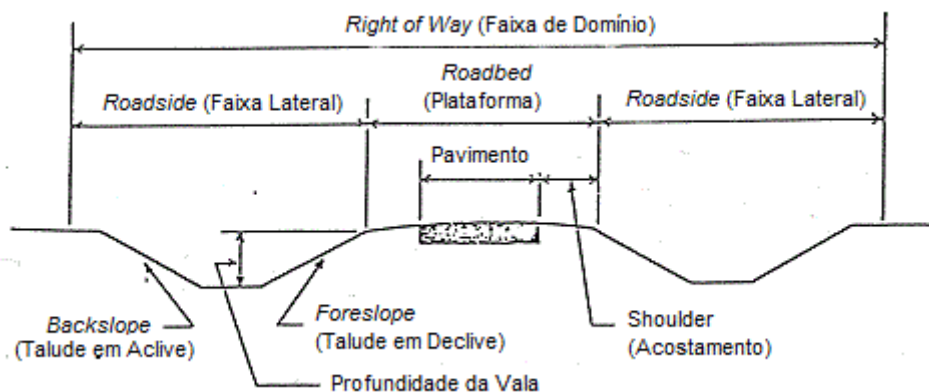
Fonte: adaptação da Figura 4-2 do manual AASHTO (2001)

2.2 FAIXA LATERAL DA RODOVIA

Segundo definição da AASHTO (2011), faixa lateral ou *roadside* é a área compreendida entre o bordo do acostamento externo e o limite da faixa de domínio da rodovia.

Ainda segundo a AASHTO (2011), a área entre duas *roadway*, ou seja, o equivalente ao canteiro central de rodovias de pista dupla, também pode ser conceituada como faixa lateral. Abaixo, segue Figura 2.3, adaptada e traduzida para o português, demonstrando o conceito de faixa lateral:

Figura 2.3 – Exemplo de Faixa Lateral ou *Roadside*



Fonte: Figura 4 do sítio <http://www2.co.black-hawk.ia.us/website/bhmap/zoningordinances/county.html#sect1>

Utilizando a numeração da Figura 2.1 como referência, poder-se-ia dizer, de maneira simplificada e sem compromisso com a precisão, que faixa lateral é toda a área da faixa de domínio (1), com exceção da plataforma da rodovia (12).

De maneira mais precisa, porém, a faixa lateral englobaria os dispositivos de drenagem e segurança da plataforma (12), os taludes de aterro ou de corte da faixa terraplenada (28) e a faixa marginal (9) da rodovia.

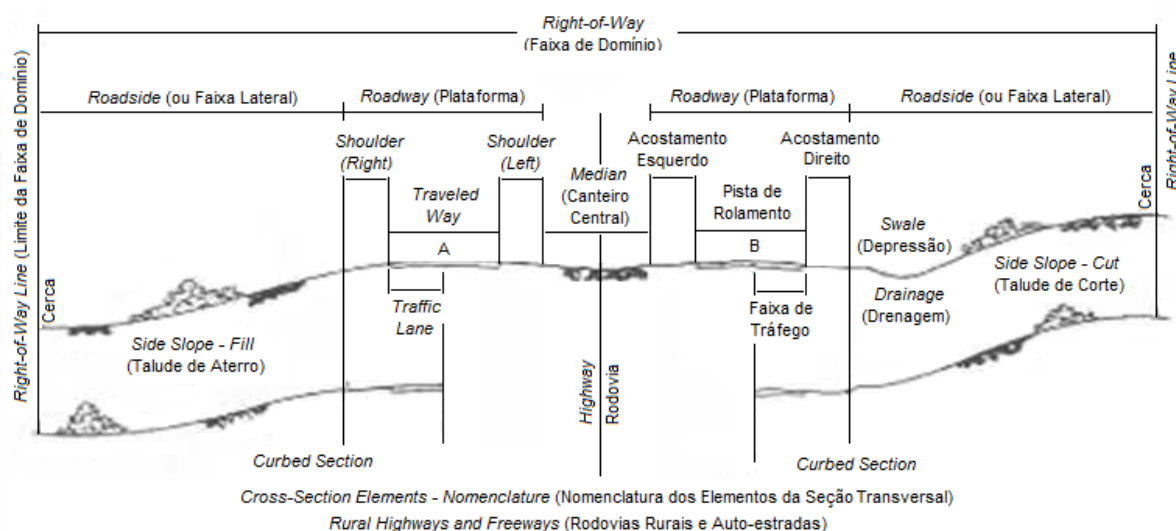
No que se refere à literatura técnica brasileira, o assunto faixa lateral é abordado superficialmente. Em manual de 1999, apesar de não citar diretamente, o DNIT trata da faixa lateral ao citar os taludes como um dos principais elementos de uma seção transversal e ao abordar esses elementos em seu Capítulo 5.7.5 - Taludes.

Já em 2010, o DNIT cita, entre os elementos de uma seção transversal, a inclinação dos taludes e distâncias laterais livres, destacando a importância desses dois últimos elementos.

Por último, o glossário do DNIT (2017) define faixa lateral como uma faixa exterior contínua à plataforma da rodovia.

Ainda que citado superficialmente em normas brasileiras, o conceito de faixa lateral é pouco utilizado nos projetos rodoviários brasileiros. No entanto, o ideal seria justamente o contrário: o projetista deveria levantar topograficamente toda a extensão da faixa lateral, identificando pontos de perigo para os usuários da rodovia, e apresentar essa largura nas seções transversais do projeto, como é feito na Figura 2.4 abaixo:

Figura 2.4 – Seção Transversal de Rodovia Rural de Pista Dupla



Fonte: adaptação do sítio <https://www.fhwa.dot.gov/environment/publications/flexibility/ch06.cfm>

2.3 ENTORNO TOLERANTE

Entorno tolerante ou *Forgiving Roadside* é um conceito que surgiu nos EUA em 1974 com a revisão do manual *Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety*, mais conhecido como *Yellow Book*.

A AASHTO (2011) define entorno tolerante como um conceito que envolve projetar rodovias com uma geometria que permita aos veículos desgovernados saírem da pista de forma segura e entrarem em uma faixa lateral planejada, nas quais as consequências do acidente são reduzidas.

Logo, o conceito de entorno tolerante abrange muito mais do que a simples determinação de áreas de escape para veículos desgovernados; consistindo, na verdade, em conceber faixas laterais mais seguras de forma integrada com o projeto geométrico e com a seção transversal da rodovia.

Por sua vez, a ABNT (2016b), que trata das diretrizes de projeto e ensaios de impacto de dispositivos de contenção viária, também cita o conceito de entorno tolerante ao mencionar em sua introdução o termo “rodovia que perdoa”.

2.4 TRATAMENTO DE OBSTÁCULOS

Como citado no item anterior, o conceito de Entorno Tolerante envolve desenvolver projetos com faixas laterais mais seguras. Uma das formas de tornar essas áreas mais seguras é reduzir o número de obstáculos no entorno da rodovia. Conforme o guia AASHTO (2011), isso pode ser feito com a seguinte sequência de ações, em ordem de preferência:

- a) remova o obstáculo;
- b) projete o obstáculo para que ele possa ser atravessado de forma segura;
- c) realoque o obstáculo em um ponto no qual seja menor a possibilidade de ele ser atingido;
- d) reduza a severidade do impacto usando dispositivos colapsíveis (de ruptura programada);
- e) proteja o obstáculo com uma barreira longitudinal para redirecionamento do veículo ou use um atenuador de impacto; e
- f) sinalize o objeto se todas as opções anteriores forem inviáveis.

Devido sua importância, a ABNT (2016b) também replica essa sequência de ações em seu item 4.1.2, tornando essa sequência de ações em importante ferramenta para o engenheiro projetista tratar obstáculos na faixa lateral da rodovia.

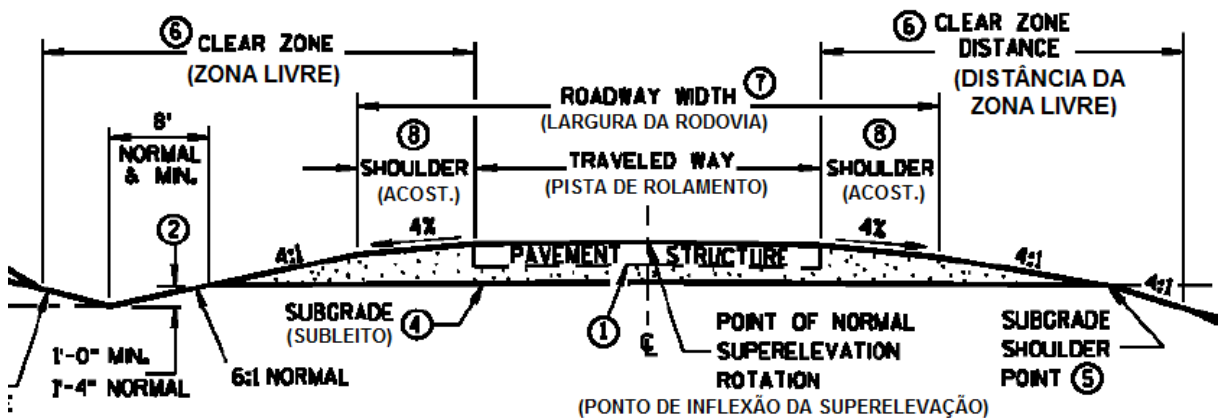
2.5 ZONA LIVRE

Como bem definido no guia AASHTO (2011) e replicado pela ABNT (2016b), zona livre ou *clear zone* é a área lateral não obstruída e livre de obstáculos localizada a partir do bordo da pista de rolamento e destinada à recuperação de controle de um veículo desgovernado.

A zona livre pode ser composta pelas seguintes faixas: acostamentos, ciclofaixas, pistas auxiliares (tais como faixas de aceleração e desaceleração, com exceção das pistas auxiliares que funcionem como fluxo principal, como, por exemplo, terceiras faixas) e os taludes laterais.

Abaixo, segue a Figura 2.5, adaptada e traduzida do *Facilities Development Manual (FDM)* do *Department of Transportation of the State of Wisconsin*, demonstrando as zonas livres na seção transversal de uma rodovia rural de pista simples:

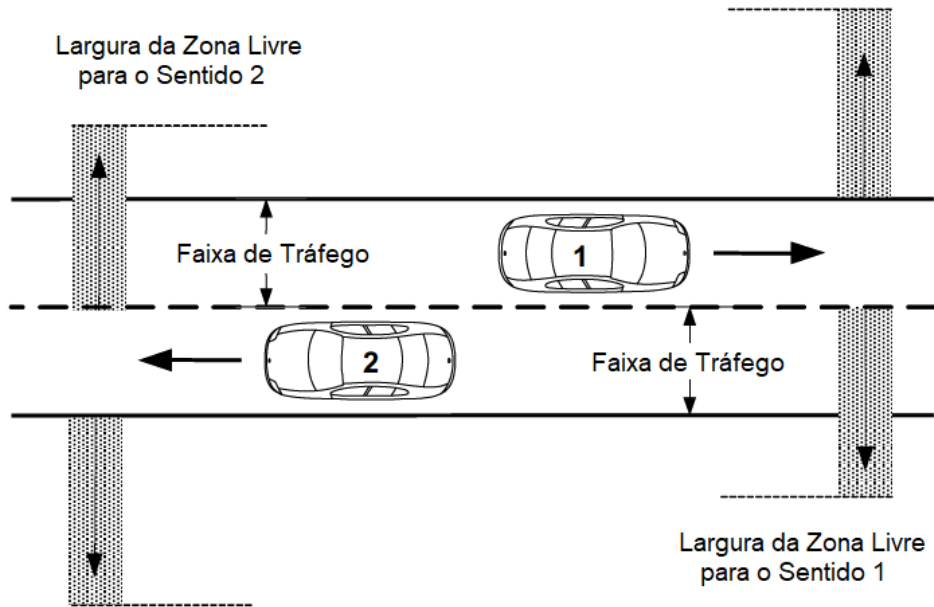
Figura 2.5 – Exemplo de Zona Livre



Fonte: FDM 11-15 Attachment 1.6 Typical Cross Section for Rural 2-Lane Highway ADT under 1500

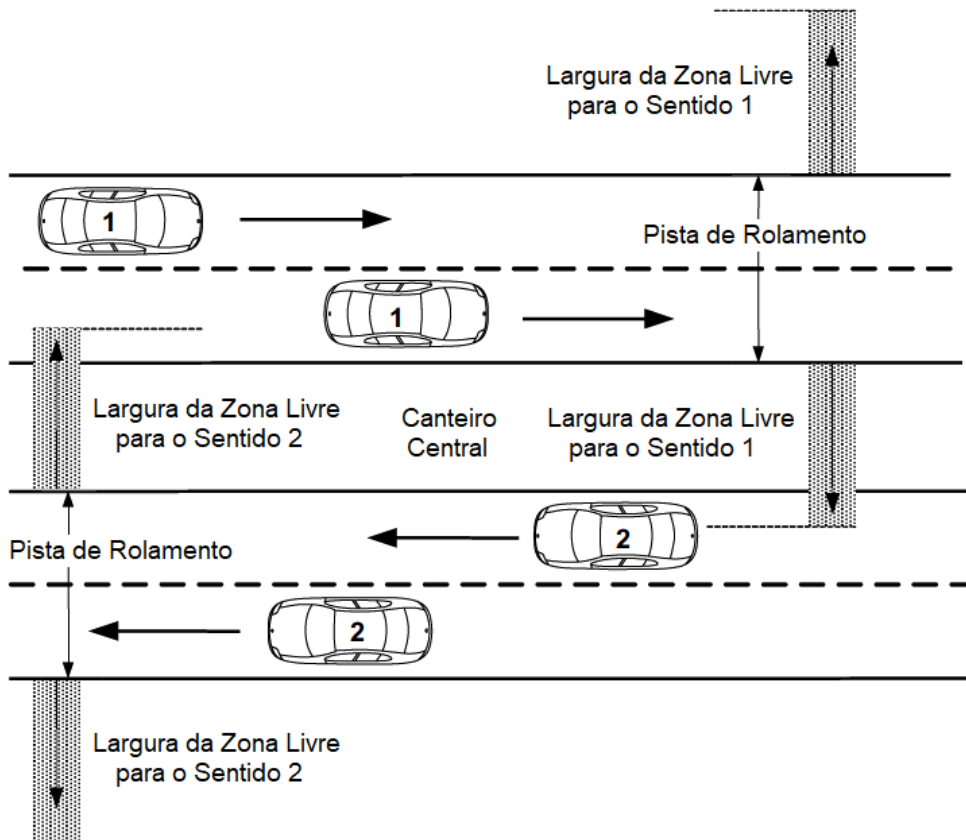
Na próxima página, são apresentadas as Figuras 2.6 e 2.7, adaptadas do AUSTROADS (2009), demonstrando as larguras de zona livre em uma rodovia rural de pista simples (com sentidos contrários) e em uma rodovia rural de pista dupla separada por canteiro central:

Figura 2.6 – Largura da Zona Livre em Pista Simples



Fonte: Figura 4.3 do AUSTROADS (2009)

Figura 2.7 – Largura da Zona Livre em Pista Dupla



Fonte: Figura 4.2 do AUSTROADS (2009)

Interessante notar que na Figura 2.6 há situações em que há casos em que o cálculo da zona livre deve ser feito de forma independente para cada uma das faixas de tráfego. Essa situação é

importante para se determinar, por exemplo, o tipo de terminal utilizado em um dispositivo de contenção presente na faixa lateral do sentido oposto ao tráfego.

Por sua vez, na Figura 2.7, fica demonstrado que, assim como a faixa lateral, a zona livre também está presente nos canteiros centrais de rodovias com pista dupla.

Importante mencionar também que a zona livre não se confunde com os conceitos de faixa lateral ou de entorno tolerante. Não se confunde com o primeiro conceito porque a faixa lateral começa somente após o término da plataforma (algo equivalente a *roadway*), à medida que a zona livre é uma área com largura definida que começa logo após a pista de rolamento (*traveled way*).

E zona livre diverge de entorno tolerante, uma vez que ela é uma área com largura determinada considerando uma série de variáveis, como por exemplo, velocidade diretriz da rodovia, volume de tráfego e declividade do talude, ao passo que entorno tolerante é um conceito que envolve quase que uma filosofia direcionada a tornar o desenho geométrico da rodovia mais seguro, integrando a faixa lateral à seção transversal da rodovia.

Um exemplo fácil para demonstrar a diferença entre zona livre e entorno tolerante é o caso de o engenheiro projetista calcular, conforme normativos, a largura de uma zona livre, mas considerar necessário aplicar o conceito de entorno tolerante em uma largura ou área ainda maior que a da zona livre.

O cálculo da zona livre seria o próximo assunto, porém antes, convém conhecer a geometria da faixa lateral, sua declividade e os conceitos de talude trespassável ou não, recuperável, não recuperável e crítico.

2.6 GEOMETRIA DA FAIXA LATERAL

Como definido nos itens anteriores, a faixa lateral é a faixa exterior à plataforma da rodovia e deve ser projetada em conjunto com todo o projeto geométrico da rodovia.

Em geral, os taludes presentes nas faixas laterais da rodovia possuem dois tipos de classificação: a primeira relacionada à sua declividade e a segunda relativa à capacidade de serem ou não transponíveis (trespassabilidade).

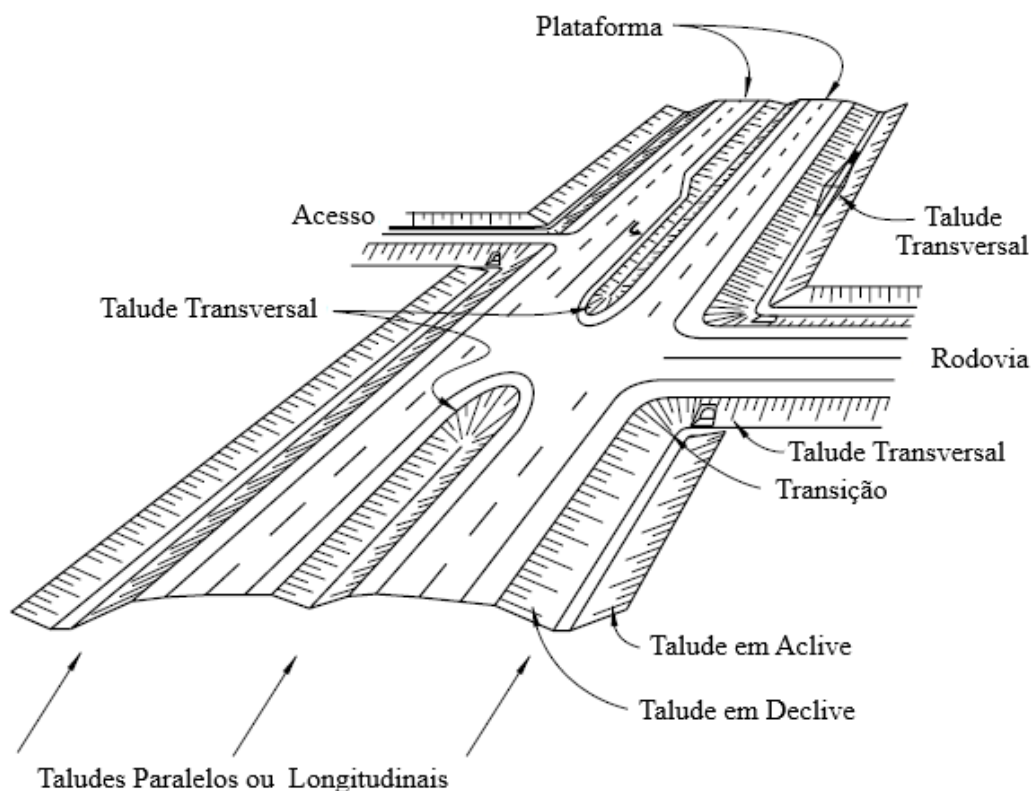
Há ainda uma terceira classificação que trata da possibilidade de o condutor recuperar o controle de seu veículo em taludes em declive, o que será abordado no subitem 2.8.1 desta monografia. Por ora, segue a explicação das duas primeiras características:

2.6.1 Quanto à Declividade

Conforme definições da AASHTO (2011), um talude pode ser positivo (em aclave) ou negativo (em declive) e, em relação à direção do tráfego, ele pode ser longitudinal ou transversal.

Abaixo, segue Figura 2.8, adaptada e traduzida do guia AASHTO (2011), explicitando os tipos de talude quanto sua declividade:

Figura 2.8 – Geometria dos Taludes



Fonte: Figura 3-1 do manual AASHTO (2011)

Há ainda a possibilidade de o talude ser uma combinação de um desses tipos de declividade, como, por exemplo, acontece no caso de sarjetas ou outras obras de drenagem que ficam próximas aos bordos da pista.

2.6.2 Quanto à Trespasabilidade

a) taludes trespasáveis (transponíveis):

Conforme definição do item 3.12 da ABNT (2016b), taludes trespasáveis são aqueles taludes nos quais a superfície é suave e regular, sem a presença de discontinuidades significativas e objetos fixos, permitindo que o veículo deslize sobre ela de forma segura.

b) taludes não trespasáveis (intransponíveis):

Por sua vez, o termo talude não trespasável não é diretamente citado, seja pelo guia AASHTO (2011) ou pela norma da ABNT (2016b). Apesar de não citarem diretamente o conceito de talude intransponível, ambos os normativos fazem menção a terreno não trespasável ou *non traversable terrain*.

Ainda que não o definam sucintamente, terreno não trespasável é aquele terreno acidentado ou irregular, com a presença ou não obstáculos fixos, e que devido a restrições de custos, de geometria, de domínio (posse) ou de questões socioambientais, não pode ser adequadamente tratado, de maneira a modificar suas características, transformando-o em trespasável.

2.7 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA DA ZONA LIVRE

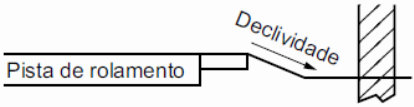
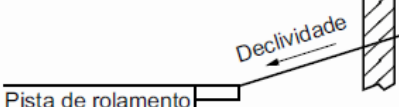
A determinação (ou cálculo) da distância (largura) da zona livre (L_c) é baseada em um conjunto limitado de dados empíricos da AASHTO (2011), fruto do desenvolvimento de anos de experiência daquela associação.

Dessa forma, as distâncias apresentadas na Tabela 2.1 – Determinação da Distância Sugerida da Zona Livre são, na verdade, sugestões. Sugestões essas que não devem ser seguidas de forma absoluta. Cabe ao engenheiro projetista se atentar para condições específicas de cada trecho analisado, bem como o custo-benefício de se implantar o dispositivo de proteção lateral ou não.

A distância (largura) da zona livre varia de acordo com a velocidade diretriz de projeto, com o volume de tráfego da rodovia (Veículo Diário Médio - VDM) e com a declividade da faixa lateral do trecho em análise, se em aclave ou declive.

A Tabela 2.1, a seguir, retrata a determinação da distância sugerida da zona livre (L_c) e foi baseada na Tabela 3-1 do guia AASHTO (2011), utilizando alguns elementos da Tabela 1 da norma ABNT (2016b):

Tabela 2.1 – Determinação da Distância Sugerida da Zona Livre

Velocidade Diretriz (km/h)	VDM	Declividade Lateral					
							
		1V:6H ou mais plano	1V:5H a 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:4H a 1V:5H	1V:6H ou mais plano
≤ 60	< 750 ^c	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0	^b	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0
	750 – 1500	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5	^b	3,0 – 3,5	3,0 – 3,5	3,0 – 3,5
	1500 – 6000	3,5 – 4,5	4,5 – 5,0	^b	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5
	> 6000	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5	^b	4,5 – 5,0	4,5 – 5,0	4,5 – 5,0
70-80	< 750 ^c	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5	^b	2,5 – 3,0	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5
	750 – 1500	4,5 – 5,0	5,0 – 6,0	^b	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5	4,5 – 5,0
	1500 – 6000	5,0 – 5,5	6,0 – 8,0	^b	3,5 – 4,5	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5
	> 6000	6,0 – 6,5	7,5 – 8,5	^b	4,5 – 5,0	5,5 – 6,0	6,0 – 6,5
90	< 750 ^c	3,5 – 4,5	4,5 – 5,5	^b	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5	3,0 – 3,5
	750 – 1500	5,0 – 5,5	6,0 – 7,5	^b	3,0 – 3,5	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5
	1500 – 6000	6,0 – 6,5	7,5 – 9,0	^b	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5	6,0 – 6,5
	> 6000	6,5 – 7,5	8,0 – 10,0 ^a	^b	5,0 – 5,5	6,0 – 6,5	6,5 – 7,5
100	< 750 ^c	5,0 – 5,5	6,0 – 7,5	^b	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5	4,5 – 5,0
	750 – 1500	6,5 – 7,5	8,0 – 10,0 ^a	^b	3,5 – 4,5	5,0 – 5,5	6,0 – 6,5
	1500 – 6000	8,0 – 9,0	10,0 – 12,0 ^a	^b	4,5 – 5,5	5,5 – 6,5	7,5 – 8,0
	> 6000	9,0 – 10,0 ^a	11,0 – 13,5 ^a	^b	6,0 – 6,5	7,5 – 8,0	8,0 – 8,5
110 ^d	< 750 ^c	5,5 – 6,0	6,0 – 8,0	^b	3,0 – 3,5	4,5 – 5,0	4,5 – 5,0
	750 – 1500	7,5 – 8,0	8,5 – 11,0 ^a	^b	3,5 – 5,0	5,5 – 6,0	6,0 – 6,5
	1500 – 6000	8,5 – 10,0 ^a	10,5 – 13,0 ^a	^b	5,0 – 6,0	6,5 – 7,5	8,0 – 8,5
	> 6000	9,0 – 10,5 ^a	11,5 – 14,0 ^a	^b	6,5 – 7,5	8,0 – 9,0	8,5 – 9,0

^a Quando a investigação de um local específico ou quando o histórico de ocorrência de acidentes indicar uma alta probabilidade de colisões, o projetista pode aumentar a distância sugerida da zona livre.

^b Neste talude, pela possibilidade do veículo não recuperar o controle e prosseguir até o final do aterro, o pé do aterro deve estar livre de obstáculos fixos.

^c Para rodovias com baixo volume, mesmo as distâncias mínimas sugeridas podem não ser viáveis.

^d Quando a velocidade diretriz for maior que 110 km/h, o projetista pode adotar maiores distâncias de zona livre. Fonte: adaptação da Tabela 3-1 da AASHTO (2011).

Em pista simples, utiliza-se o VDM total em ambos os sentidos. Em pista dupla, utiliza-se o VDM direcional da pista no sentido do tráfego em análise, considerando a possibilidade de impacto ou acesso a áreas perigosas. Em marginais segregadas, considerar o VDM por pista analisada (ABNT, 2016b).

2.7.1 Fator de Ajuste para Curvas Horizontais (CZ_c)

Em curvas horizontais, o projetista pode modificar a largura da zona livre utilizando o fator de correção de curva K_{cz} . Abaixo, seguem a Equação 2.1, para determinação da zona livre externa em curva, e Tabela 2.2, para obtenção do fator de ajuste K_{cz} a ser utilizado:

$$CZ_c = L_c * K_{cz} \quad \text{(Equação 2.1)}$$

Onde:

CZ_c = zona livre externa de uma curva;

L_c = zona livre, em metros (ver Tabela 2.1)

K_{cz} = fator de correção de curva

Tabela 2.2 – Fator de Correção K_{cz} ^a

Raio (m)	Velocidade de Projeto (km/h)					
	60	70	80	90	100	110
900	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
700	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
600	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
500	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
450	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
400	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	-
350	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	-
300	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	-
250	1,3	1,3	1,4	1,5	-	-
200	1,3	1,4	1,5	-	-	-
150	1,4	1,5	-	-	-	-
100	1,5	-	-	-	-	-

^a Os fatores de correção são aplicados somente para a área externa das curvas. Curvas com raios maiores que 900 m não precisam de ajuste.

Fonte: ABNT (2016)

Entretanto, o K_{cz} deve ser usado apenas quando uma curva específica está sob investigação ou quando o histórico de acidentes indicar que o número de colisões pode ser diminuído pela aplicação do fator de correção.

Para rodovias existentes, a utilização do fator de ajuste para correção da distância da zona livre em curvas horizontais funcionaria para intervenções da macroatividade Melhoramento, prevista no manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005).

2.8 APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ZONA LIVRE

No item 2.6 deste trabalho, demonstrou-se que os taludes presentes nas faixas laterais de uma rodovia podem ser longitudinais ou transversais, em aclave ou declive ou ainda uma combinação desses tipos. A seguir, será tratada a aplicação da zona livre para cada um desses tipos de taludes.

2.8.1 Taludes em Declive

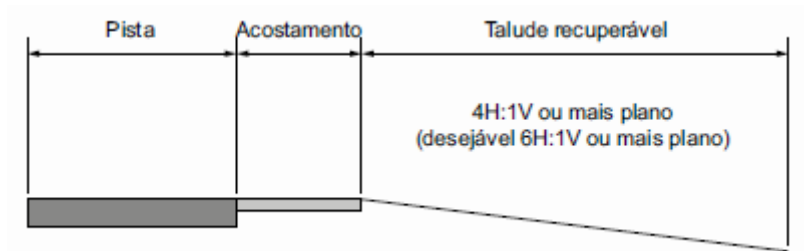
A distância da zona livre dos taludes em declive até a inclinação de 1V:4H pode ser obtida diretamente na Tabela 2.1 – Determinação da Distância Sugerida da Zona Livre. Para taludes entre 1V:4H e 1V:3H deve-se criar uma área de escape, se possível for. Taludes mais íngremes que 1V:3H devem ser tratados ou protegidos.

Como mencionado no item 2.6, os taludes em declive podem ser classificados conforme a possibilidade de o motorista recuperar ou não o controle do carro. Considerando essa especificação, a AASHTO (2011) divide os taludes em declive em três tipos: recuperáveis, não recuperáveis e críticos:

2.8.1.1 Taludes Recuperáveis em Declive:

A ABNT (2016b) define taludes recuperáveis como aqueles com declividade menor ou igual a 1V:4H e que, em sendo trespassáveis e livres de obstáculos, os motoristas em geral podem conduzir seus veículos a uma parada segura ou reduzir a velocidade o suficiente para retornar à pista em segurança. A seção transversal de um talude recuperável é demonstrada na Figura 2.9 a seguir:

Figura 2.9 – Seção Transversal de Talude Recuperável



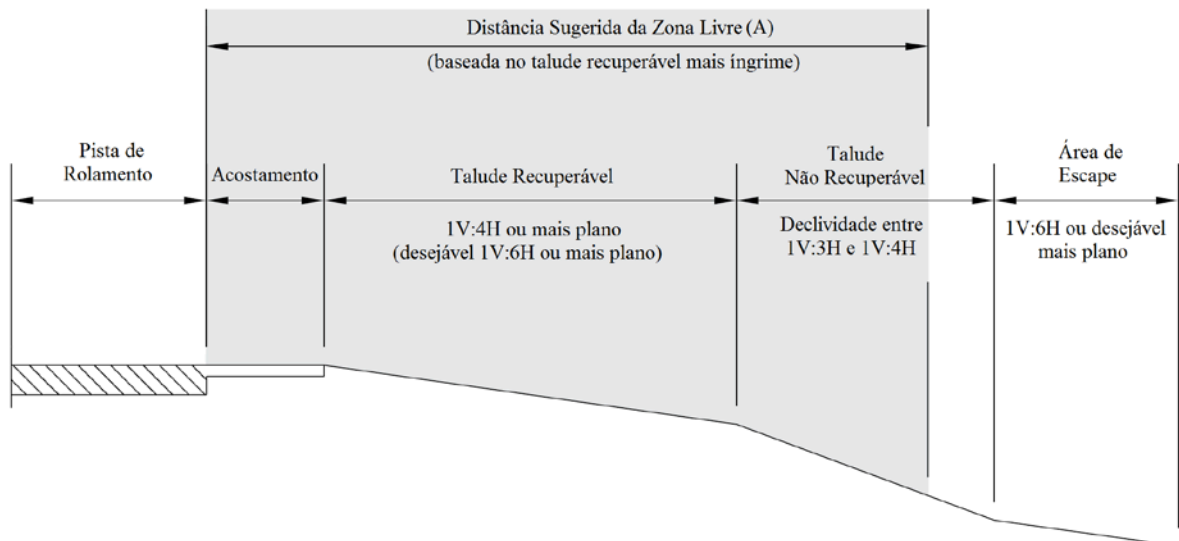
Fonte: ABNT (2016b)

Para serem recuperáveis ainda é desejável que tanto a crista quanto o pé do talude sejam arredondados, de forma a promover a continuidade do terreno e permitir uma melhor dirigibilidade ou controle ao motorista.

2.8.1.2 Taludes Não Recuperáveis em Declive:

Taludes não recuperáveis são aqueles com declividade variando entre 1V:3H e 1V:4H e que, em sendo trespessáveis e livres de obstáculos, obrigam o motorista a alcançar o pé do talude. Ele está representado na Figura 2.10 a seguir:

Figura 2.10 – Talude não Recuperável e Distância Sugerida da Zona Livre



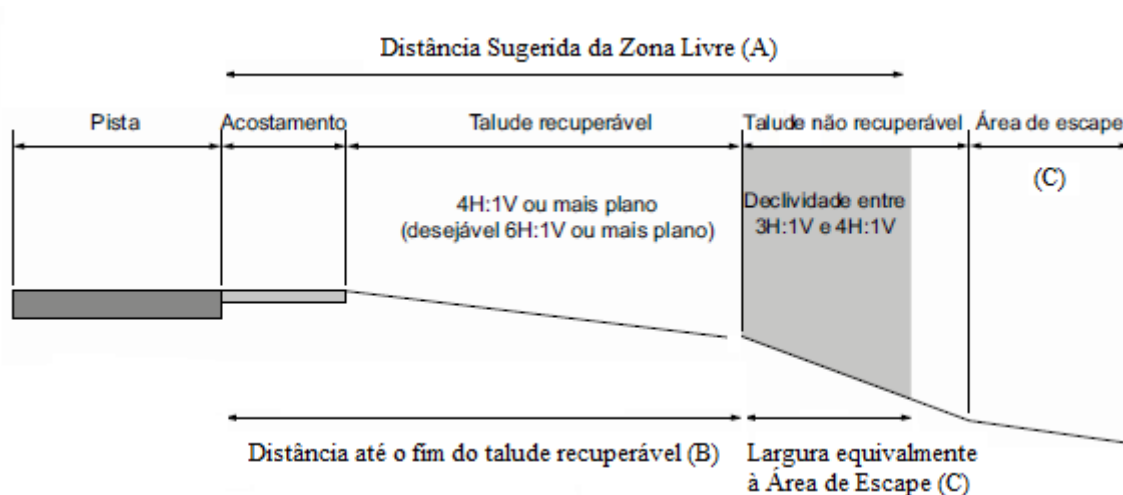
Fonte: adaptação da Figura 3-2 do manual AASHTO (2011)

Esse tipo de talude é considerado não recuperável porque nessas inclinações dificilmente o motorista consegue recuperar o controle do veículo e segue até o pé do aterro, onde podem ocorrer graves colisões com obstáculos fixos.

Justamente por isso, é aconselhável projetar uma área de escape, com declividade menor ou igual a 1V:6H, após o pé do aterro dos taludes não recuperáveis (como representado na Figura 2.11). A largura dessa área de escape pode ser calculada da seguinte forma:

- com o auxílio da Tabela 2.1, determinar a distância da zona livre do talude recuperável mais íngreme existente antes ou depois do trecho não recuperável; ou seja, caso exista mais de um talude recuperável (todos com declividade menor ou igual a 1V:4H), deve-se usar o mais íngreme deles para o cálculo da distância da zona livre; a distância sugerida da zona livre (A) está representada na Figura 2.10 pela área sombreada;
- em seguida, subtrair da distância de zona livre (A) calculada no item anterior, o comprimento entre o bordo da pista de rolamento e o fim do talude recuperável (B); o resultado (C) deve ser igual à área sombreada da Figura 2.11 a seguir; e
- o resultado da subtração anterior (C) é igual à largura da área de escape que deve ser aplicada após o fim do talude não recuperável e, em qualquer caso, deve possuir comprimento mínimo de 3 m.

Figura 2.11 – Cálculo da Largura da Área de Escape



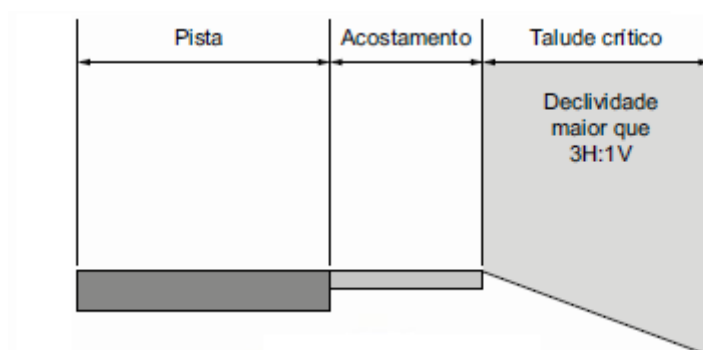
Fonte: adaptação da Figura 3 da ABNT (2016b)

Em outras palavras, pode-se dizer que a largura da área de escape é igual à extensão da distância da zona livre que recai sobre o talude não recuperável (ou seja, igual à área sombreada da Figura 2.11).

2.8.1.3 Taludes Críticos em Declive:

São aqueles taludes em declives mais íngremes que 1V:3H. Em inclinações como essas, dificilmente o motorista recupera o controle e a possibilidade de o veículo capotar ou se chocar com um obstáculo é grande. A seção transversal do talude crítico está representada na Figura 2.12 a seguir:

Figura 2.12 – Seção Transversal de Talude Crítico



Fonte: ABNT (2016b)

Logo, taludes críticos existentes dentro da zona livre devem ser tratados: se possível, eles devem ser aplainados, caso contrário, devem ser protegidos com dispositivos de contenção lateral.

2.8.2 Taludes em Aclive

A distância da zona livre dos taludes em aclive até a inclinação de 1V:3H pode ser obtida diretamente na Tabela 2.1 – Determinação da Distância Sugerida da Zona Livre.

Um talude em aclive pode ser considerado trespassável se for livre da presença de obstáculos e se a transição entre o declive da rodovia e a base do talude em aclive for suave (1V:3H ou mais plano), independentemente da distância da rodovia até o talude em aclive.

Cortes em rocha, em regra, devem começar fora da zona livre ou ser protegidos por dispositivos de contenção, principalmente aqueles com superfícies acidentadas que podem provocar perfurações ou esmagar o veículo.

Especial atenção deve ser dada à escolha do dispositivo de contenção, já que uma pequena distância entre o dispositivo e o corte em rocha pode impedir o seu correto funcionamento.

2.8.3 Taludes Transversais

Conforme exemplificado pela Figura 2.8 – Geometria dos Taludes, taludes transversais podem ocorrer em acessos, interseções com outras rodovias ou em retornos em nível, estando, assim, presentes tanto nos bordos quanto no canteiro central da rodovia.

Apesar de acidentes envolvendo esse tipo de talude serem menos comuns, quando ocorrem, são mais graves, devido ao tipo de colisão, que, em geral, é frontal. Dessa forma, conforme recomendação da AASHTO (2011), taludes transversais devem ter, preferencialmente, declividades iguais a 1V:10H ou mais planas.

Especial atenção deve ser dada aos dispositivos de drenagem existentes em taludes transversais, como bueiros. Nesses casos, as bocas de bueiros e de outros dispositivos devem ser protegidas e/ou projetadas para que o seu perfil coincida com o perfil do talude, tornando-as assim trespassáveis. Inclusive, esse é o assunto do subitem 2.9.3, que trata de dispositivos de drenagem.

2.9 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

Dispositivos de drenagem têm por objetivo eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via (DNIT, 2006).

2.9.1 Projeto de Drenagem

Além de atender o objetivo de desviar as águas que atingem a pista, os dispositivos de drenagem devem ser projetados de forma integrada com a faixa lateral da rodovia, considerando aspectos do conceito de entorno tolerável.

Em outras palavras, dispositivos de drenagem devem, preferencialmente, ser projetados de forma a não ser um obstáculo dentro da faixa lateral da rodovia.

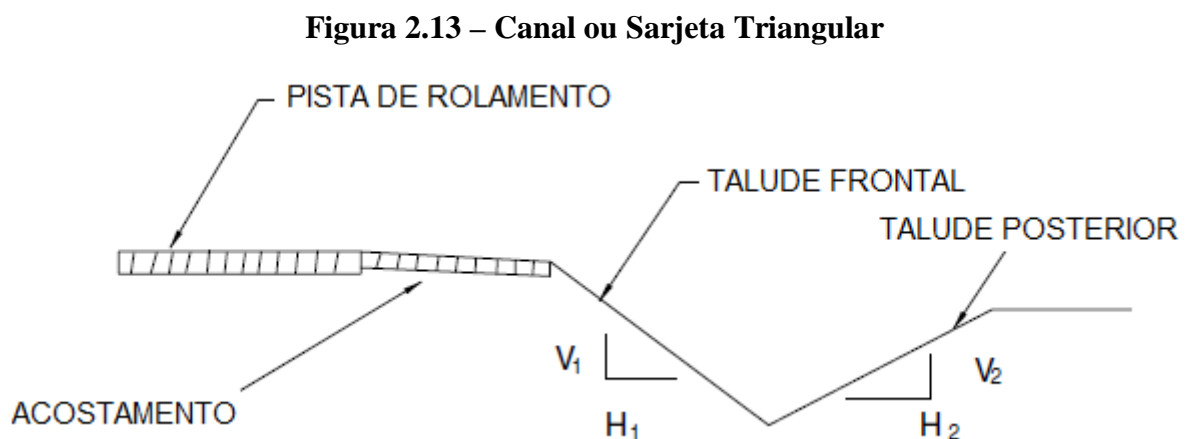
Conforme AASHTO (2011), todas as estruturas de drenagem devem ser projetadas ou modificadas considerando as seguintes recomendações adaptadas:

- a) eliminar estruturas de drenagem não essenciais;
- b) projetar ou redesenhar estruturas de drenagem existentes de modo que elas sejam trespassáveis ou apresentem o mínimo de obstrução possível;
- c) mover a estrutura lateralmente ou prolongá-la transversalmente até um ponto fora da zona livre ou, ao menos, até um ponto em que colidir com ela seja menos provável; e
- d) caso não seja possível modificá-la e caso a estrutura de drenagem continue dentro da zona livre, protege-la com o dispositivo de contenção apropriado.

2.9.2 Dimensionamento de Drenagem Lateral

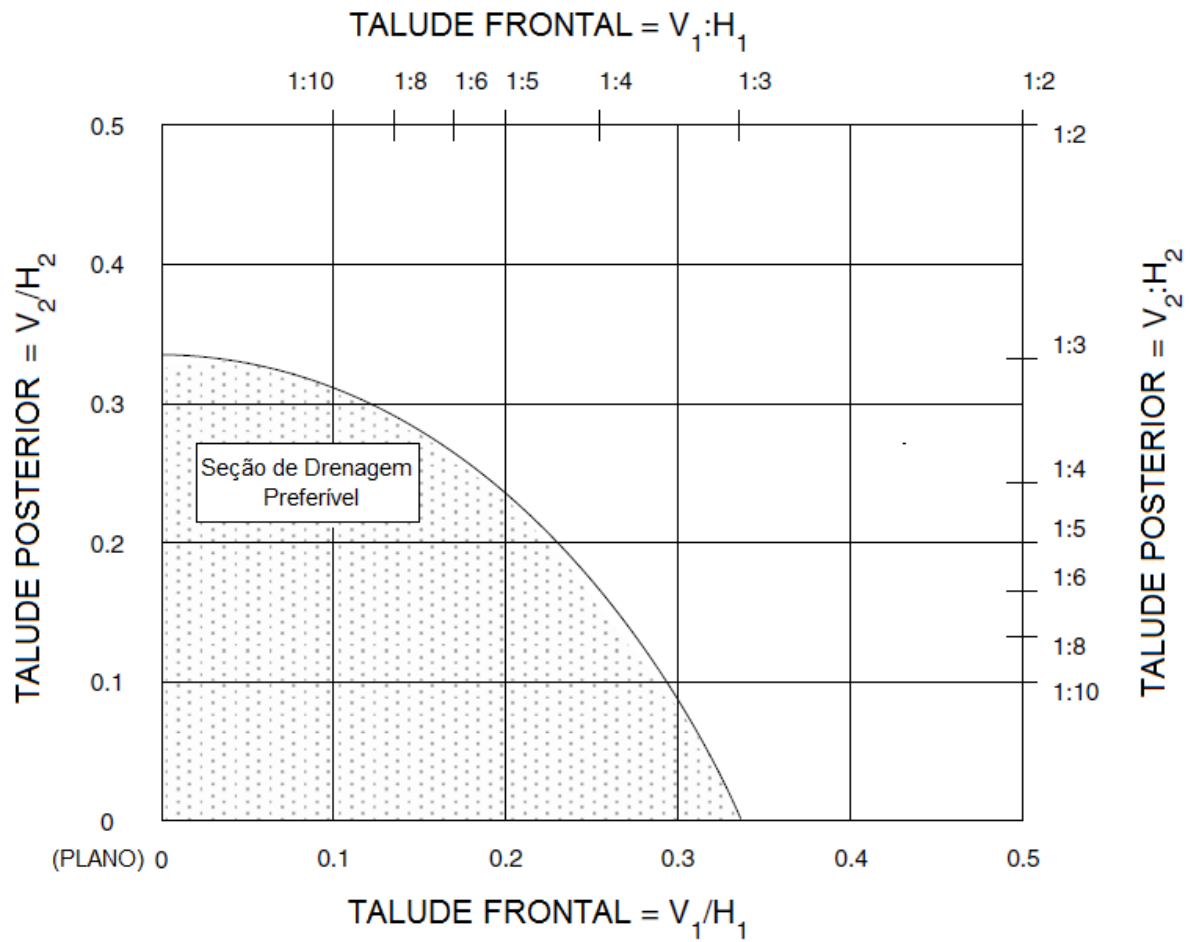
No que se refere aos dispositivos de drenagem lateral, a ABNT (2016b) utiliza as mesmas recomendações previstas pela AASHTO (2011).

Segundo ambas as normas, canais, tais como sarjetas triangulares (Figuras 2.13 e 2.14) e trapezoidais (Figuras 2.15 e 2.16) de uma rodovia, devem ter preferencialmente as seguintes configurações de talude frontal e posterior:



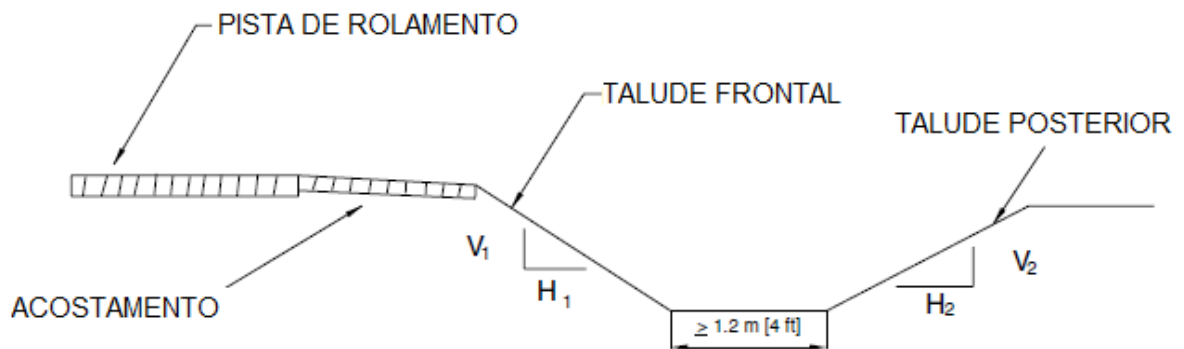
Fonte: Figura 3-6 da AASHTO (2011)

Figura 2.14 – Seção Triangular Preferencial de Drenagem



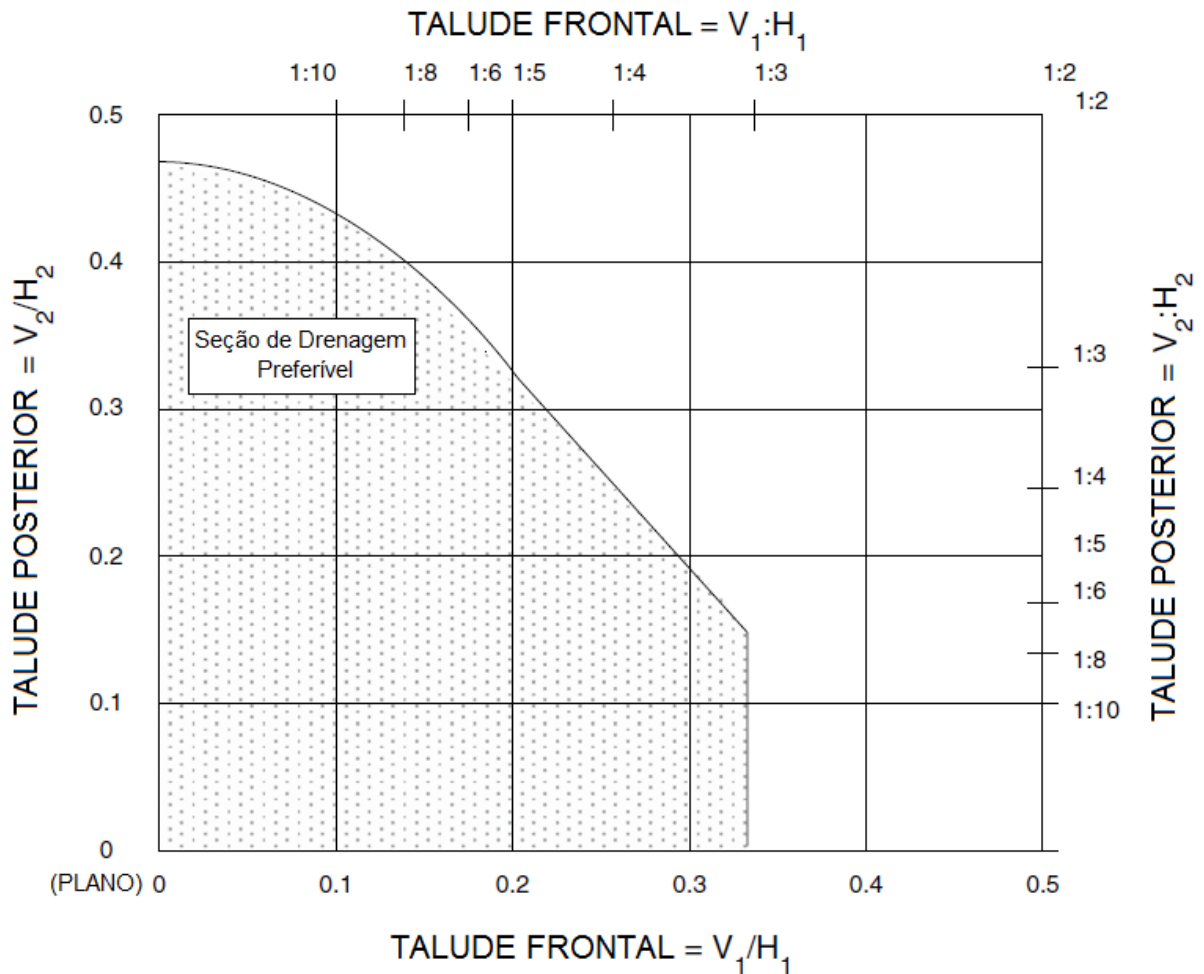
Fonte: Figura 3-6 da AASHTO (2011)

Figura 2.15 – Canal ou Seção Trapezoidal



Fonte: Figura 3-7 do AASHTO (2011)

Figura 2.16 – Seção Trapezoidal Preferencial de Drenagem



Fonte: Figura 3-7 do AASHTO (2011)

As seções transversais cujas declividades combinadas dos taludes frontal e posterior incidam sobre a área sombreada (Figura 2.14 e Figura 2.16) são consideradas trespassáveis e, por consequência, preferíveis.

Já as seções transversais que incidam fora da região sombreada são menos recomendadas e devem ser utilizadas apenas em situações de restrição de faixa de domínio, rodovias de baixo volume de tráfego ou quando estiverem além da zona livre.

Quando em locais suscetíveis a acidentes, se viável for, as seções transversais fora da região sombreada devem ser transformadas em sistemas fechados (tais como bueiros longitudinais) ou protegidas com dispositivos de contenção viária.

2.9.3 Drenagem Transversal

Bueiros, caixas de captação, drenos e outros tipos de drenagens transversais possuem bocas de entrada e saída, que em geral, são feitas em concreto e estão localizadas dentro da zona livre da rodovia, tornando-se assim mais um tipo de obstáculo a ser tratado.

Para minimizar o efeito das bocas de entrada e saída de dispositivos de drenagem transversais, a ABNT (2016b) recomenda os seguintes passos adaptados:

- a) se o talude em aclave ou em declive for trespassável, projetar ou modificar as bocas de entrada e de saída da drenagem transversal para que o seu perfil externo possa coincidir com a declividade do próprio talude lateral, resultando em um terreno com superfície lisa e sem descontinuidade, conforme exemplo da Figura 2.17;
- b) se a boca de entrada ou de saída da drenagem transversal possuir abertura maior que um metro, utilizar barras em grade ou simples tubos para transformá-la em modelo trespassável, conforme exemplo da Figura 2.17; e
- c) seguir os demais passos recomendados para todas as estruturas de drenagem no subitem 2.9.1.

Figura 2.17 – Exemplo de Tratamento de Bueiro



Fonte: Figura 3-9 da AASHTO (2011)

A instalação de tubos e barras em grade nas bocas de entrada e saída deve ser feita de maneira a não reduzir a capacidade hidráulica da linha de drenagem. Além disso, o tipo de barra e o

espaçamento entre elas devem ser cuidadosamente analisados para evitar o acúmulo de detritos e a posterior obstrução da boca de drenagem.

2.10 FAIXAS AUXILIARES

No item 2.5 deste trabalho, explicou-se que a zona livre pode ser composta pelas seguintes faixas: acostamentos, ciclofaixas e pistas auxiliares, exceto aquelas que funcionem como fluxo principal, como, por exemplo, terceiras faixas.

No caso de terceiras e outras faixas auxiliares, a zona livre deve ser determinada utilizando a maior das duas zonas livres calculadas (a primeira calculada a partir do bordo da pista de rolamento, com velocidade e volume de tráfego da rodovia e a segunda calculada a partir do bordo da faixa auxiliar, com velocidade e volume de tráfego da própria faixa auxiliar).

3 DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO VIÁRIA

3.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS

3.1.1 Definição

Dispositivos de contenção viária, também conhecidos como barreiras de tráfego, barreiras de segurança ou defensas, são sistemas de proteção instalados nos bordos ou canteiro central de uma rodovia com o objetivo de evitar que veículos desgovernados deixem a pista de rolamento e provoquem acidentes na faixa lateral da rodovia, acidentes esses com consequências mais graves (para os ocupantes e para terceiros) do que as causadas pelo próprio impacto com a barreira de segurança.

Nos EUA, os dispositivos de contenção viária são mais conhecidos pelo termo *barrier*, que, em uma tradução literal, significa barreira. Naquele país, o assunto de barreiras de segurança é regulado pelo guia AASHTO (2011).

No glossário desse guia, *barriers* são dispositivos que fornecem uma limitação física pela qual um veículo normalmente não pode atravessar. Essas barreiras são destinadas a conter e redirecionar um veículo desgovernado (AASHTO, 2011).

Interessante ressaltar nessa definição a característica de que as barreiras são dispositivos que, em geral, não podem ser atravessados. Apenas em geral porque há casos, sim, que barreiras permitem a passagem de veículos, com apenas a redução do deslocamento total do veículo.

Outra definição desse próprio guia diz respeito às *roadside barriers* (barreiras laterais à rodovia). Segundo essa definição (AASHTO, 2011), esses dispositivos são barreiras longitudinais utilizadas para salvaguardar motoristas de obstáculos naturais ou artificiais localizados nas laterais da pista de rolamento. Ainda conforme o guia, barreiras de segurança também podem, sob condições especiais, ser utilizadas para proteger pedestres e ciclistas.

Há ainda outro conceito apresentado no manual (AASHTO, 2001) da mesma associação. Segundo esse manual, barreiras de trânsito são usadas para prevenir que veículos desgovernados deixando a rodovia atinjam um objeto com potencial severidade de impacto

maior do que o da própria barreira. E justamente por também possuírem potencial de impacto, as barreiras devem ser cuidadosamente projetadas.

Esse último conceito é interessante por trazer o entendimento que as barreiras, por mais que sejam projetadas para proteger motoristas, passageiros e terceiros de consequências mais graves, também provocam danos ao veículo e aos seus ocupantes, tendo, dessa forma, que ser bem projetadas para minimizar as consequências inerentes do próprio impacto.

No Brasil, as diretrizes de projeto e os ensaios de impacto dos dispositivos de contenção viária são regulados pela NBR 15486, da ABNT, que foi atualizada em 2016. Essa norma descreve dispositivos de contenção como aqueles instalados na via com o objetivo de conter, absorver energia de impacto e redirecionar veículos desgovernados, impedindo que eles invadam locais perigosos ou atinjam obstáculos fixos, reduzindo a gravidade do acidente para os ocupantes do veículo e protegendo outros usuários da rodovia, tais como pedestres e ciclistas.

A definição da norma brasileira é bem completa por descrever as principais funções de uma barreira de segurança, que são conter, absorver e redirecionar veículos desgovernados, e por informar que as barreiras têm por objetivo impedir que os veículos adentrem locais perigosos ou atinjam obstáculos fixos.

3.1.2 Funções

Ao abordar as funções de conter, absorver e redirecionar os veículos desgovernados, a ABNT (2016b) aponta algumas das principais funções das barreiras de segurança. Essas e outras funções também são tratadas por GOLD (1998), as quais, após adaptações, estão elencadas a seguir:

- a) impedir que os veículos se choquem com obstáculos na faixa lateral da rodovia, sejam eles naturais, artificiais ou até mesmo pedestres circulando nos arredores da rodovia;
- b) impedir (conter) que veículos leves e, se viável for, veículos pesados saiam da pista de rolamento e adentrem a faixa lateral da rodovia;
- c) absorver as forças de impacto contra a própria barreira e transmitir o mínimo de esforços ao veículo, mantendo a integridade deste;
- d) absorver as forças de impacto contra a própria barreira e transmitir, dentro de limites suportáveis, o mínimo de esforços aos ocupantes dos veículos;

- e) redirecionar o veículo que atinja a barreira de segurança, dando-lhe uma trajetória paralela à direção da pista de rolamento;
- f) se não for possível conter o veículo, absorver parcialmente os esforços do impacto, permitir o deslocamento e a posterior parada do veículo de maneira controlada e ainda dentro da segurança da zona livre estimada para o local; e
- g) minimizar os danos materiais e a perda de vidas, sejam elas dos ocupantes ou de transeuntes.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE CONTENÇÃO

A bibliografia consultada para a realização deste trabalho, em geral, não costuma apresentar as diversas categorizações possíveis para os dispositivos de contenção viária. Na verdade, muitas vezes, essa categorização não é feita. E quando o é, é feita de forma implícita ou simplificada (abordando apenas alguns aspectos dos dispositivos).

Destarte, identificou-se a necessidade de se catalogar diversas características dos dispositivos de contenção em apenas um local, dividindo-as em oito categorias, descritas no fluxograma abaixo:

- a) proteção à colisão (*crashworthy*);
- b) nível de contenção (*test level*);
- c) rigidez;
- d) posição na rodovia;
- e) obstáculo protegido;
- f) ponto de impacto ou seção da barreira;
- g) tipo de terminal; e
- h) atenuadores de impacto.

Nos próximos subitens, abordar-se-á as oito categorizações que foram encontradas na literatura pesquisada:

3.2.1 Quanto à Proteção à Colisão (*Crashworthy*)

De maneira simplificada, pode-se dizer que *crashworthiness* (traduzido livremente como “proteção à colisão”) trata da capacidade de uma barreira de segurança de suportar o impacto de um veículo e conduzi-lo à segurança.

Nos EUA, o conceito de *crashworthiness* é utilizado para identificar as barreiras de segurança que foram testadas, avaliadas e aprovadas de acordo com as seguintes condições (AASHTO, 2011):

- a) um sistema de proteção que atendeu todos os critérios de avaliação exigidos pelo NCHRP 350 ou pelo MASH; ou
- b) um sistema de proteção cujo desempenho foi avaliado e aceito em serviço.

Ou seja, nos EUA, as barreiras podem ser *crashworthy* (aprovado) ou não (não aprovado), a depender de possuírem ou não uma carta de aprovação emitida segundo uma das citadas normas ou de serem aprovadas durante sua utilização em serviço. Atualmente, naquele país, todas as novas barreiras a serem instaladas devem ser *crashworthy*.

Até 2009, O *NCHRP Report 350: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features*, elaborado em 1993 pela *Transportation Research Board – TRB*, era o manual que regulava os procedimentos de teste para avaliação e aprovação dos dispositivos de contenção.

Segundo aquele relatório (item 5.1), os critérios de avaliação de dispositivos de segurança, incluindo entre eles as barreiras de segurança, eram: adequação estrutural, risco aos ocupantes e resposta do veículo após o impacto.

Em 2009, a AASHTO criou o *Manual for Assessing Hardware - MASH* (AASHTO, 2009), que sucedeu o NCHRP 350 e realizou uma série de modificações, como alterações nos veículos, procedimentos e critérios de teste.

Mesmo assim, em geral, aquelas barreiras que foram aprovadas pelo NCHRP 350, podem continuar a ser utilizadas, instaladas ou substituídas (AASHTO, 2011).

Há ainda a norma europeia sobre o assunto, a EN 1317 - *Road Restraint Systems* (elaborada em 2010 pelo *European Committee for Standardization - CEN*), que regula a mesma matéria nos países da comunidade europeia.

No Brasil, conforme introdução da ABNT (2016b), os dispositivos de contenção devem ser dimensionados e possuir carta de aprovação emitida por órgão competente segundo as NCHRP 350, MASH ou EN 1317.

3.2.2 Quanto ao Nível de Contenção (*Test Level*)

De acordo o seu nível de contenção ou *Test Level* (TL), uma barreira de segurança pode ser classificada como temporária, normal, alta e muito alta (ABNT, 2016b).

Por sua vez, o NCHRP 350 e o MASH, apesar de diferenças nos pesos totais dos veículos utilizados para teste, empregam seis níveis de contenção, variando entre TL-1 e TL-6, conforme variação das condições de teste: peso, velocidade e ângulo de impacto.

Consoante a combinação dos ensaios realizados, a barreira é classificada em um dos níveis de contenção citados. A classificação por nível de contenção da ABNT, da NCHRP 350/MASH e também da EN 1317-2 é descrita na Tabela 3.1 abaixo:

Tabela 3.1 – Classificação dos Níveis de Contenção por Norma

NBR 15486:2016	EN 1317-2	NCHRP 350 / MASH
Muito Alta	H4a, H4b, L4a e L4b	TL5 e TL6
Alta	H1, H2, H3, L1, L2 e L3	TL4, TL5 e TL6
Normal	N1 e N2	TL3
Temporária	T1, T2 e T3	TL1, TL2 e TL3

Fonte: Tabelas 6 e 7 da ABNT (2016b)

Para ser classificada em um desses níveis de contenção, a barreira deve ser testada e aprovada em uma série de ensaios de impacto regulamentados por uma das já citadas normas: NCHRP 350, MASH ou EN 1317-2.

A matriz de ensaio para cada um desses manuais, relacionando velocidade de impacto, ângulo de impacto e massa total do veículo pode ser encontrada nas referidas normas.

3.2.3 Quanto à Rigidez

Uma das classificações mais comuns para barreiras de segurança se refere à sua rigidez ou capacidade de se defletir/deformar quando atingida por um veículo. Habitualmente, as barreiras de segurança são classificadas como flexíveis, semirrígidas ou rígidas, dependendo da deflexão que elas sofrem após o impacto.

Cada um desses tipos de barreira (flexível, semirrígida ou rígida) se comporta de maneira diferente quando impactado, o que em certos casos pode ser uma vantagem, mas em outros não. Conforme Capítulo 4 do DIER (2005), como princípio geral, uma barreira deve ser o mais flexível quanto for possível, de maneira a minimizar a severidade do impacto contra ela.

Entretanto, há situações em que o projetista deverá prever o uso de barreiras mais rígidas, dependendo das características do veículo, tráfego, local e da distância e tipo de obstáculo a ser protegido. Abaixo, segue breve descrição acerca de cada um desses tipos de barreiras:

a) flexíveis: em geral, esta categoria é utilizada para descrever sistemas de proteção de cabos metálicos ou ainda para descrever defensas metálicas cujo comportamento é similar ao dos cabos. A Figura 3.1 abaixo apresenta um sistema de cabos metálicos:

Figura 3.1 – Exemplo de Barreira de Cabo Metálico



Fonte: imagem referente ao sistema *Sentryline II Wire Rope* da *Australian Construction Products* obtida no sítio <http://www.acprod.com.au/products/sentryline-ii-tl-3-and-tl-4-wire-rope-safety-barrier-system>

Não comum no Brasil, o sistema de cabos em aço (ou cordas em aço) permite grandes deflexões e, dessa forma, grande parte da energia cinética do impacto é dissipada antes de agir sobre o veículo.

Elas podem ser utilizadas tanto nas laterais como canteiros centrais, mas os projetistas devem ficar atentos às grandes deflexões desse sistema e prover espaço de trabalho suficiente para elas.

As principais vantagens desse sistema são o baixo custo inicial; efetividade para conter e redirecionar diferentes tamanhos de veículos; acúmulo de detritos praticamente inexistente; e baixa severidade do impacto aos ocupantes do veículo, devida à larga deflexão e às pequenas forças de desaceleração.

As grandes desvantagens são: depois de impactadas, elas precisam ser recompostas imediatamente, senão, grandes partes do sistema ficarão inutilizadas; e necessidade de grandes áreas para deflexão (AASHTO, 2011).

b) semirrígidas: são, majoritariamente, as barreiras de segurança compostas por uma ou mais lâminas de aço (ou outro material) ligadas por um espaçador (ou não) ao poste de sustentação, que também pode ser de aço ou outro material, conforme Figura 3.2 a seguir:

Figura 3.2 – Exemplo de Defesa Metálica



Fonte: imagem referente ao sistema *G4/W-Beam System* da *Australian Construction Products* obtida no sítio <http://www.acprod.com.au/products/g4-wbeam-system>

O sistema funciona pelo desenvolvimento de forças de tensão na guia de deslizamento e pela deformação dos postes, que se flexionam. Essas barreiras se deformam menos que as flexíveis, mas ainda assim possuem deflexões consideráveis e que precisam ser previstas pelo projetista.

Os materiais, dimensões e características das barreiras semirrígidas variam de acordo com as normas de cada país. No Brasil, há basicamente dois tipos de barreiras (maleável e semimaleável) e elas são totalmente feitas em aço galvanizado. Há ainda um terceiro tipo: a barreira tripla onda, mas que, no entanto, é pouco utilizado.

As barreiras semirrígidas são indicadas para uma variedade grande de tamanhos de veículos e velocidades de impacto. A sua resistência e capacidade de contenção podem ser melhoradas pela redução do espaçamento entre postes, alteração da altura da lâmina ou colocação de lâminas sobrepostas. Certos modelos podem suportar até o impacto de veículos pesados.

Elas podem ser instaladas tanto nas laterais como nos canteiros centrais de rodovias e, assim como as flexíveis, não acumulam detritos. Ao contrário das flexíveis, essas barreiras possuem deflexões menores, mas mesmo assim consideráveis.

A grande desvantagem desse sistema está nos custos de implantação e de manutenção (após impacto). Além disso, para funcionar corretamente, a instalação desse tipo de barreira tem que ser feita conforme recomendações do fabricante, senão, o veículo pode colidir diretamente com o poste ou passar por baixo ou por cima da guia de deslizamento.

c) rígidas: são sistemas de proteção fabricados, predominantemente, em concreto (reforçado com barras de aço ou não) e em formato próximo a de um muro que, quando impactados, permitem pouca ou nenhuma deflexão, dissipando a energia cinética do impacto apenas pela elevação e deformação do próprio veículo e transmitindo boa parte dos esforços aos seus ocupantes. Estão representadas na Figura 3.3 a seguir:

Figura 3.3 – Exemplo de Barreira Rígida em Concreto



Fonte: barreira rígida pré-moldada da *J-J Hooks* no sítio <https://jjhooks.com/applications/traffic>

Barreiras rígidas possuem quase nenhuma deflexão e são ideais para instalação em pontos da rodovia que não permitam nenhum deslocamento do sistema de proteção, tais como canteiros centrais estreitos e obras-de-arte especiais. Esse sistema possui baixos custos de manutenção e, em muitos casos, mesmo depois de impactado, podem ser recolocados e reutilizados. Ele é utilizado também para suportar o impacto de veículos pesados.

Há ainda as barreiras de transição, utilizadas nos encontros entre sistemas de proteção com diferentes rigidezes e cujo objetivo é alterar de forma gradual essa rigidez, promovendo a adequada união entre os sistemas, sem qualquer descontinuidade na proteção ao usuário.

3.2.4 Quanto à Posição na Rodovia

A literatura consultada não traz consigo uma classificação formal dos dispositivos de contenção viária quanto à sua posição na rodovia. No entanto, a ABNT (2016b) e outras normas fazem essa categorização de forma implícita ao relacionar os seguintes conceitos (que foram adaptados para melhor se adequar a este trabalho):

a) dispositivos de contenção lateral: são dispositivos de contenção, sejam eles pontuais ou longitudinais, localizados no bordo exterior da rodovia e empregados para prevenir que um veículo desgovernado saia da pista e venha a atingir algum obstáculo ou terreno não trespassável; conhecidos pelo termo em inglês *roadside barriers* (vide Figura 3.2);

b) dispositivos de contenção central: são dispositivos de contenção, sejam eles pontuais ou longitudinais, localizados no canteiro central ou entre pistas de sentidos opostos cujo objetivo primordial é justamente separar esse tráfego (evitando assim, que um veículo colida frontalmente com outros em sentido contrário) ou ainda impedir que um veículo atinja um obstáculo ou terreno intransponível no canteiro central; conhecido pelo termo em inglês *median barriers* (vide Figura 3.1); e

c) dispositivos de contenção sobre pontes: são dispositivos de contenção longitudinal empregados sobre o tabuleiro de obras-de-arte especiais ou sobre os encontros de pontes e viadutos, de forma a promover uma transição gradual entre sistemas de proteção com diferentes rigidezes. No Brasil, eram conhecidos por guarda-rodas (ou guarda-corpos no caso de pedestres). No entanto, esses dispositivos antigos estão sendo amplamente substituídos por barreiras mais modernas, como as *New Jerseys*; em inglês, são conhecidos por *bridge rails* ou *bridge parapets* (vide Figura 3.3).

3.2.5 Quanto ao Obstáculo Protegido

O comprimento de um dispositivo de contenção viária muda conforme o tipo de obstáculo ou terreno não trespassável a ser protegido. Por exemplo, uma árvore isolada recebe tratamento ou proteção diferente da que é necessária para um grupo ou fileira de árvores.

Utilizando os conceitos da ABNT (2016b) e da AASHTO (2011), é possível separar os dispositivos de contenção em:

a) dispositivos de contenção longitudinal: dispositivos de comprimento extenso instalados longitudinalmente à rodovia, seja no bordo externo ou no canteiro central, com o objetivo de proteger larga extensão de faixa lateral ou uma multiplicidade de objetos (vide Figura 3.2);

b) dispositivos de contenção pontual: dispositivos de comprimento menor, instalados em locais específicos da rodovia para proteger os veículos de colidirem com obstáculos físicos singulares; apesar de menos extensos, o seu comprimento pode variar de poucos até dezenas de metros, de acordo com suas características de desempenho e de acordo com as características da rodovia (vide Figura 3.4 a seguir); e

Figura 3.4 – Exemplo de Dispositivo de Contenção Pontual



Fonte: AUSTROADS (2010)

c) dispositivos de contenção provisória em obras ou de emergência: são os dispositivos de contenção aplicados em locais de trabalho, obra ou devido a situações de emergência, como o da Figura 3.5 abaixo:

Figura 3.5 – Dispositivo de Contenção Provisória



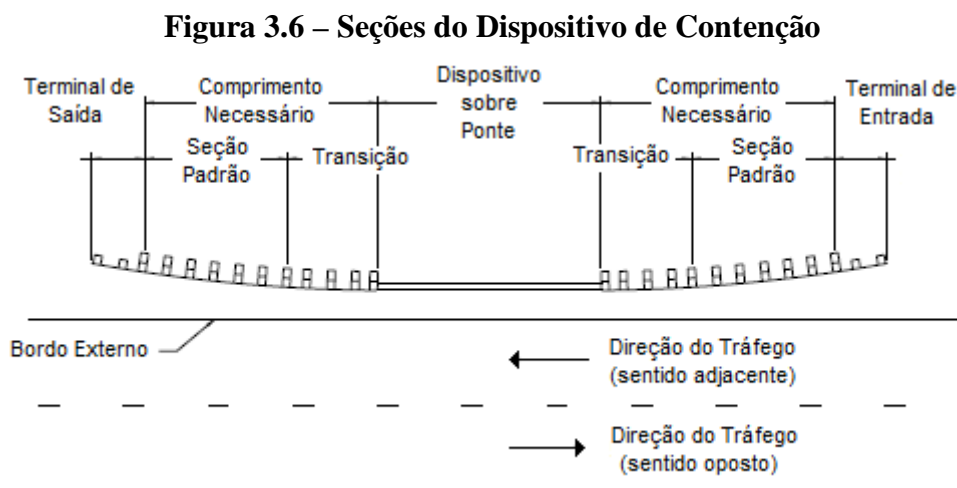
Fonte: imagem de barreira rígida pré-moldada temporária do fabricante *J-J Hooks* obtida no sítio <https://jjhooks.com/applications/traffic>

3.2.6 Quanto ao Ponto de Impacto ou Seção da Barreira

Na verdade, a classificação quanto ao ponto de impacto não é bem uma separação de diferentes tipos de dispositivos, mas sim uma descrição de partes (ou seções) que compõem uma barreira.

Apesar de esta categorização melhor vincular-se ao item 3.4 - Recomendações de Projeto, julgou-se interessante introduzir esse assunto aqui, tendo em vista a sua importância para o entendimento do conceito de terminais, que serão detalhados a seguir neste e nos próximos subitens.

A Figura 3.6 a seguir, retirada e adaptada da AASHTO (2011), sintetiza as principais partes ou seções de um dispositivo de contenção:



Fonte: Figura 5.4 da AASHTO (2011)

As principais partes ou seções da barreira retratada na Figura 3.6 são:

- a) seção padrão: seção principal e regular do dispositivo de contenção viária; no Brasil, a seção padrão é composta por módulos de 4m de comprimento;
- b) terminal de entrada: trecho de início do dispositivo de contenção viária e que tem por objetivo iniciar de forma segura a barreira, evitando graves acidentes em casos de colisão frontal, podendo possuir uma ou mais das seguintes características: abertura, absorção de energia, deflexão lateral ou ainda ser abatido;

c) terminal de saída: trecho final do dispositivo de contenção viária e que tem por objetivo ancorar de forma segura o dispositivo de contenção viária, podendo possuir uma ou mais das seguintes características: abertura, absorção de energia, deflexão lateral ou ainda ser abatido; especial atenção deve ser dada àqueles terminais de saída que podem ser impactados pelo tráfego oposto; nesse caso, o terminal de saída deve possuir características de terminal de entrada; e

d) transição: como já elucidado, transição é o trecho do dispositivo responsável pela variação, de forma segura e gradual, da rigidez do sistema, permitindo o enrijecimento de um sistema menos rígido para um mais rígido e o contrário também.

Todos esses tipos de seções serão mais bem analisados no Capítulo 4 - Procedimentos de Auditoria.

3.2.7 Quanto ao Tipo de Terminal

No subitem anterior, foram expostos os conceitos de terminal de entrada e de saída e mencionado algumas das principais características deles: abertura, absorção de energia, deflexão lateral ou ainda ser abatido. Abaixo, segue a explicação de cada uma dessas características, sem, no entanto, extinguir o assunto, que será tratado no Capítulo 4.

3.2.7.1 Classificação conforme Abertura:

a) terminal de abertura: tipo de terminal de entrada ou de saída (em caso de possibilidade de choque de veículos do sentido oposto), absorvedor ou não de energia, que, ao ser impactado por uma colisão de maior ângulo, se rompe e permite a passagem do veículo para a zona livre, onde ele pode parar com segurança (vide Figura 3.7 abaixo, que representa um terminal de abertura do tipo Modified Eccentric Loader Terminal – MELT); e

Figura 3.7 – Exemplo de Terminal de Abertura



Fonte: imagem do *Modified Eccentric Loader Terminal (MELT)*, AASHTO (2011)

b) terminal de não abertura: tipo de terminal de entrada ou de saída (em caso de possibilidade de choque de veículos do sentido oposto), absorvedor ou não de energia, possui a capacidade de parar ou redirecionar o veículo desde o primeiro poste. Um exemplo de terminal de não abertura e absorvedor de impacto é o TAU-II apresentado na Figura 3.8 a seguir.

Figura 3.8 – Exemplo de Terminal de não Abertura



Fonte: imagem do terminal TAU-II disponível no sítio <http://www.lindsaybrazil.com/tau> em 19/3/2018

Em geral, terminais de não abertura são mais caros que os terminais de abertura. Em compensação, o comprimento necessário de uma barreira pode incluir toda a extensão de um terminal de não abertura, ao passo que a extensão de um terminal de abertura não pode ser incluída nesse cálculo. Em outras palavras, a extensão de um terminal de abertura deve ser adicionada ao comprimento mínimo previamente calculado para um dispositivo de segurança.

3.2.7.2 Classificação conforme Absorção de Energia:

Para definir os terminais de absorção de energia, utilizar-se-á o conceito da ABNT (2016b) com adaptações:

a) terminal absorvedor de energia: tipo de dispositivo pontual de contenção acoplado a um sistema de contenção longitudinal que, ao ser impactado frontalmente, absorve a energia cinética do veículo impactante, conduzindo a uma parada segura. Quando o impacto ocorre na lateral do corpo do terminal, através da sua ancoragem, permite desenvolver tensão e redirecionar o veículo (vide Figura 3.8 ou Figura 3.9, que representa um terminal absorvedor do modelo *Extruder Terminal ET-Plus*); e

Figura 3.9 – Exemplo de Terminal Absorvedor de Energia



Fonte: imagem do sistema *Extruder Terminal ET-Plus*, AASHTO (2011)

b) terminal não absorvedor de energia: aquele dispositivo pontual de contenção que não possui as características de absorção da energia do impacto (vide Figura 3.7).

3.2.7.3 Classificação conforme a Deflexão Lateral

- a) terminal defletido: são aqueles terminais que não são paralelos à rodovia; em geral, terminais desse tipo são utilizados para afastar o começo ou final da barreira das proximidades da rodovia ou até mesmo da zona livre (vide Figura 3.7); e
- b) terminal não defletido: terminal paralelo à rodovia (vide Figura 3.9).

3.2.7.4 Classificação conforme a Ancoragem

- a) terminal ancorado em talude em aclive: terminal defletido horizontalmente, prosseguindo até o talude em aclive, onde é adequadamente ancorado; e
- b) terminal abatido: terminal defletido de forma vertical e gradual até ser enterrado em profundidade regulamentada, permitindo uma adequada ancoragem da barreira longitudinal; no Brasil, este tipo de terminal serve apenas para segmentos rodoviários com velocidade menor que 60 km/h e é composto por quatro módulos de defesa, sendo que sua extremidade é enterrada em 20 cm.

3.2.8 Dispositivos Atenuadores de Impacto

São dispositivos de contenção pontual, instalados em frente a um obstáculo ou outro sistema de proteção, com capacidade de absorver a energia cinética do veículo impactante antes que ele atinja um objeto fixo.

Diferenciam-se dos terminais por não fazerem parte do corpo da própria barreira e funcionam pelos princípios de absorção da energia cinética (vide Figura 3.8) ou de conservação do momento (vide Figura 3.10 a seguir).

Figura 3.10 – Dispositivo Atenuador de Impacto



Fonte: imagem referente ao sistema *ABSORB® 350 Crash Cushion* da *Australian Construction Products* obtida no sítio <http://www.acprod.com.au/products/absorb-350-crash-cushion>

3.3 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Cada tipo de dispositivo de contenção viária se comporta de maneira diferente quando impactado. Para avaliar esse comportamento, utiliza-se, usualmente, os seguintes critérios de desempenho: nível de contenção, índice de severidade, deflexão dinâmica, intrusão e espaço de trabalho.

3.3.1 Nível de Contenção (*Test Level*)

Os níveis de contenção ou *Test Levels* (TL) são um assunto que já foi abordado no subitem 3.2.2 deste trabalho, quando se falou da classificação por nível de contenção dos dispositivos de contenção viária.

Mais informações, inclusive os níveis de contenção NCHRP 350/MASH e da norma europeia EN 1317-2 (CEN, 2010), podem ser consultadas no subitem 3.2.2 e na Tabela 3.1 – Classificação dos Níveis de Contenção.

3.3.2 Nível de Severidade do Impacto

Além do nível de contenção, os sistemas de proteção são classificados, em relação ao critério de desempenho, de acordo com o “nível de severidade do impacto”, que avalia o desempenho da barreira em relação à segurança dos ocupantes do veículo.

O nível de severidade do impacto possui três classes (A, B e C) e é medido pelos índices *Acceleration Severity Index (ASI)* e *Theoretical Head Impact Velocity (THIV)*, adotados como referência pelo *European Committee for Standardization (CEN)*.

Conforme definições da ABNT (2016b), o ASI ou Índice de Severidade da Aceleração representa a severidade da desaceleração resultante da colisão de um veículo com o dispositivo de contenção.

Por sua vez, a Velocidade Teórica de Impacto da Cabeça (THIV, em inglês) é uma medida que considera a cabeça do ocupante como um objeto móvel durante a colisão e estima a velocidade teórica com que esse objeto (cabeça) colidiria com uma superfície interna do veículo.

A forma de cálculo para ambas as medidas é explicada em detalhes no Apêndice F do NCHRP 350 (TRB, 1993).

Os limites dos índices do ASI e da THIV estabelecidos pela EN 1317 (CEN, 2010) estão dispostos na Tabela 3.2 abaixo. As barreiras mais seguras são classificadas na classe A, já as menos seguras, na classe C.

Tabela 3.2 – Classificação da Severidade do Impacto

Nível de Severidade do Impacto	ASI	THIV
A	$ASI \leq 1$	
B	$1 < ASI \leq 1,4$	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$	

Fonte: Tabela 8 da NBR 15486 (ABNT, 2016)

A ABNT (2016b) ainda possui classificação para o risco de um acidente, podendo ser: risco normal, para acidentes de severidade normal e sem consequências adicionais; e risco alto, para

a existência de perigos que possam elevar a severidade e as consequências do acidente, com risco a terceiros dentro da zona livre ou em áreas populosas.

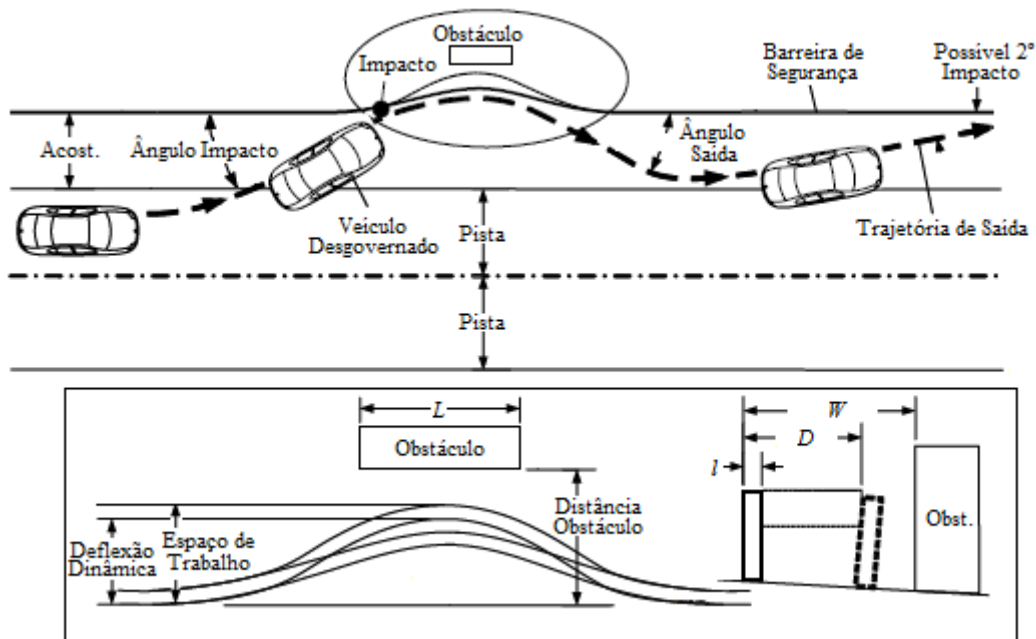
3.3.3 Deflexão Dinâmica (DD)

A deflexão dinâmica (DD ou simplesmente D) e os próximos critérios (intrusão e espaço de trabalho) consistem em diferentes medidas para avaliar o deslocamento de um dispositivo de contenção quando este é impactado.

Conforme NCRHP 350 (TRB, 1993), a deflexão dinâmica de um dispositivo de contenção é a máxima deflexão que ocorre durante um impacto. Ela é medida pela posição da face voltada ao tráfego do dispositivo, antes do impacto, até o mesmo ponto do dispositivo, em fase dinâmica, decorrente do impacto (ABNT, 2016). Ela difere da deflexão permanente já que essa última considera apenas o deslocamento residual (após o impacto).

Para ilustrar a deflexão dinâmica, optou-se por adaptar a Figura A.4 do Apêndice A do guia da AUSTROADS (2009), que está representada na Figura 3.11 abaixo:

Figura 3.11 – Trajetória Pós-Impacto e Critérios de Desempenho



Fonte: Figura A.4 do Apêndice A do AGRD06

Por meio da Figura 3.11, é possível perceber também que a deflexão dinâmica de um dispositivo tem que ser menor que a distância até o obstáculo. Caso contrário, esse dispositivo não exercerá sua função primordial, permitindo o choque do veículo com o obstáculo.

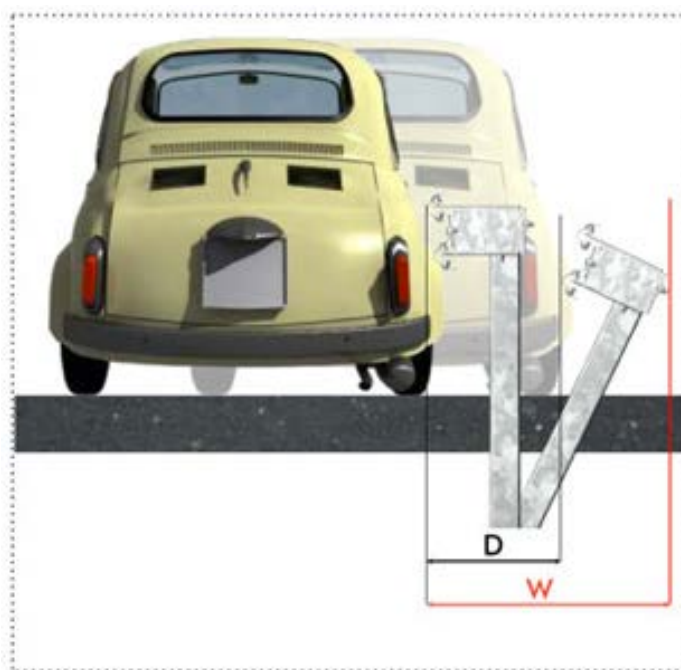
Nesses casos, conforme recomendações da AASHTO (2011), a deflexão dinâmica pode ser alterada com o enrijecimento do sistema, o que pode ser feito por várias técnicas, entre elas, a diminuição do espaçamento entre postes.

3.3.4 Espaço de Trabalho (W)

Conforme definição da ABNT (2016b), espaço de trabalho (do inglês *working width* ou W) é a distância entre a face frontal do dispositivo de contenção antes do impacto e a posição dinâmica máxima de qualquer parte do sistema.

Sobre essa definição, cabe ressaltar que o guia AASHTO (2011) estabelece que a posição dinâmica máxima pode ser do próprio sistema ou ainda do veículo após o impacto. Mesmo assim, grande parte dos manuais e normas sobre o assunto apresentam o conceito de espaço de trabalho como o enunciado pela ABNT (2016b) e conforme Figura 3.12 abaixo:

Figura 3.12 – Deflexão Dinâmica vs. Espaço de Trabalho



Fonte: imagem obtida no sítio <http://www.rrs.erf.be/index.php/en-1317/key-terminology/dynamic-deflection>, em 25/1/2018

Apesar de diferentes, assim como a deflexão dinâmica, o espaço de trabalho tem que possuir deslocamento menor do que a distância até o obstáculo.

A norma EN 1317 (CEN, 2010) classifica o espaço de trabalho em níveis, conforme o deslocamento do sistema de proteção, em metros. Essa categorização também é utilizada pela ABNT (2016b) e está apresentada na Tabela 3.3 abaixo:

Tabela 3.3 – Níveis de Espaço de Trabalho conforme EN 1317

Níveis	Espaço de Trabalho (m)
W1	$\leq 0,6$
W2	$\leq 0,8$
W3	$\leq 1,0$
W4	$\leq 1,3$
W5	$\leq 1,7$
W6	$\leq 2,1$
W7	$\leq 2,5$
W8	$\leq 2,8$

Fonte: Tabela 9 NBR 15486 (ABNT, 2016)

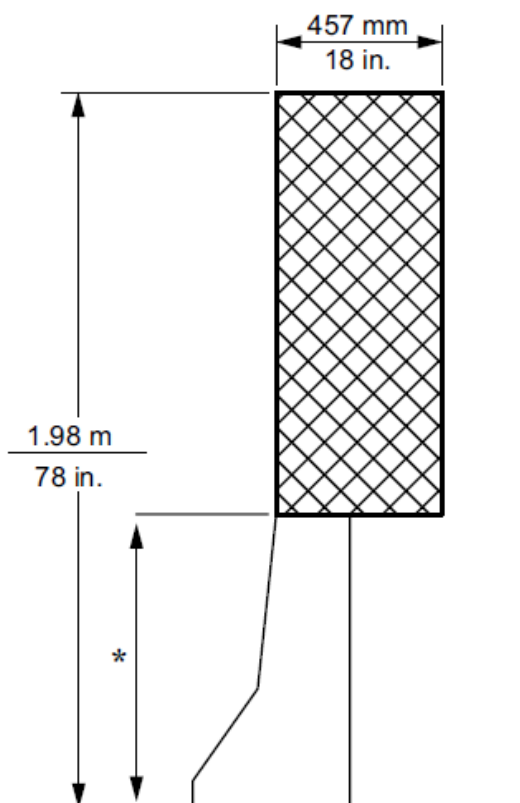
3.3.5 Zona de Intrusão (ZOI)

Em algum momento da colisão, o sistema de proteção atinge sua deflexão dinâmica máxima. Mesmo nesse momento, o veículo (em especial os pesados) ou ao menos parte dele pode ultrapassar parcialmente o sistema de proteção.

Zona de intrusão (ZOI ou simplesmente I) é o nome dado à região que o veículo alcança após os limites físicos da barreira, tanto na horizontal, quanto verticalmente, conforme Figura 3.13 a seguir, retirada do guia AASHTO (2011).

O fenômeno da intrusão é importante, especialmente, em sistemas de proteção que possuem obstáculos relativamente próximos de sua deflexão ou espaço de trabalho máximos, como, por exemplo, uma barreira rígida protegendo os pilares de uma ponte ou viaduto. Nesses casos, mesmo a barreira tendo pouca ou nenhuma deflexão, a análise da intrusão pode ser fundamental para avaliar o comportamento do conjunto e garantir a segurança daquele pilar.

Figura 3.13 – Exemplo de Zona de Intrusão para Barreira de Concreto TL-3



Fonte: Figura 5.28 da AASHTO (2011)

Assim como no caso do espaço de trabalho, a EN 1317 (CEN, 2010) também faz uma classificação para a intrusão, que é seguida pela norma ABNT (2016b) e está apresentada na Tabela 3.4 abaixo:

Tabela 3.4 – Níveis de Intrusão conforme EN 1317

Níveis	Intrusão (m)
I1	≤ 0,6
I2	≤ 0,8
I3	≤ 1,0
I4	≤ 1,3
I5	≤ 1,7
I6	≤ 2,1
I7	≤ 2,5
I8	≤ 3,5
I9	> 3,5

Fonte: Tabela 10 da ABNT (2016b)

3.4 RECOMENDAÇÕES DE PROJETO

3.4.1 Afastamento Lateral

Como regra geral, o dispositivo de contenção viária deve ser implantado o mais distante possível da pista de rolamento, desde que, com tal afastamento, ele ainda consiga manter suas características de operação e desempenho (AASHTO, 2011).

Por características de operação e desempenho, entendam-se todas aquelas recomendadas pelo fabricante do dispositivo de contenção, em especial o espaço de trabalho, zona de intrusão e distância até o objeto.

Além disso, o afastamento lateral de uma barreira deve possuir alinhamento contínuo e uniforme, de forma a se evitar a diminuição da velocidade pelo condutor do veículo. Inclusive, é recomendado que, em situações de não ser possível atender um adequado afastamento até a pista, as barreiras comecem antes do ponto de estreitamento e que seja feita uma transição gradual do afastamento lateral até esse ponto.

A AASHTO (2011) dá o nome de *shy line* - L_s (ou linha de timidez, em tradução livre) à distância mínima em que uma barreira (ou outro objeto) pode ser colocada na lateral da pista sem a diminuição da velocidade pelo motorista. As distâncias sugeridas para a linha de timidez são as expostas na Tabela 3.5 a seguir:

Tabela 3.5 – Distâncias Sugeridas da Linha de Timidez

Velocidade Diretriz (km/h)	Distância Mínima Linha de Timidez (m)
130	3,7
120	3,2
110	2,8
100	2,4
90	2,2
80	2,0
70	1,7
60	1,4
50	1,1

Fonte: Tabela 5.7 da AASHTO (2011)

A versão desatualizada da NBR 15486 (ABNT, 2007) nomeava a linha de timidez como “distância de preocupação”. A versão mais nova dessa norma (ABNT, 2016b), no entanto, não faz referência a esse conceito. MISSATO (2011), por sua vez, dá o nome de “linha de intimidação” a essa distância.

O manual do DNER (1999) já tratava do perigo potencial e da restrição psicológica (com conseqüente diminuição da velocidade) causada por objetos situados próximos à pista. Segundo esse manual, a situação desejável é que qualquer objeto esteja no mínimo 0,5 m afastado da borda pavimentada (pista mais acostamento).

A ABNT (2016b) estabelece que a distância mínima entre a linha de bordo e o dispositivo de contenção longitudinal deve ser de no mínimo 0,3 m em vias urbanas e 0,5 m para rodovias rurais.

3.4.2 Distância Mínima até o Talude

Apesar de não ser crítica, a AASHTO (2011) estabelece uma distância mínima de 0,6 m do dispositivo de contenção até a crista do talude em declive. Essa distância pode variar conforme o tipo de barreira, solo e inclinação do talude, desde que se mantenham as características de operação da própria barreira.

Por sua vez, a ABNT (2016b) afirma que, de modo a permitir um adequado suporte ao sistema de proteção, o dispositivo de contenção deve ser instalado a uma distância mínima de 0,5 m do talude em aterro.

3.4.3 Meios-fios

Meios-fios são dispositivos de pedra, concreto ou outro material, instalados ao longo do pavimento (em geral nos bordos da pista de rolamento ou do acostamento, quando existente) e que têm por objetivo conduzir as águas pluviais, delimitar a área pavimentada da rodovia (inclusive reforçando-a e protegendo-a de erosões) e, por último, orientar os motoristas acerca dos limites da rodovia.

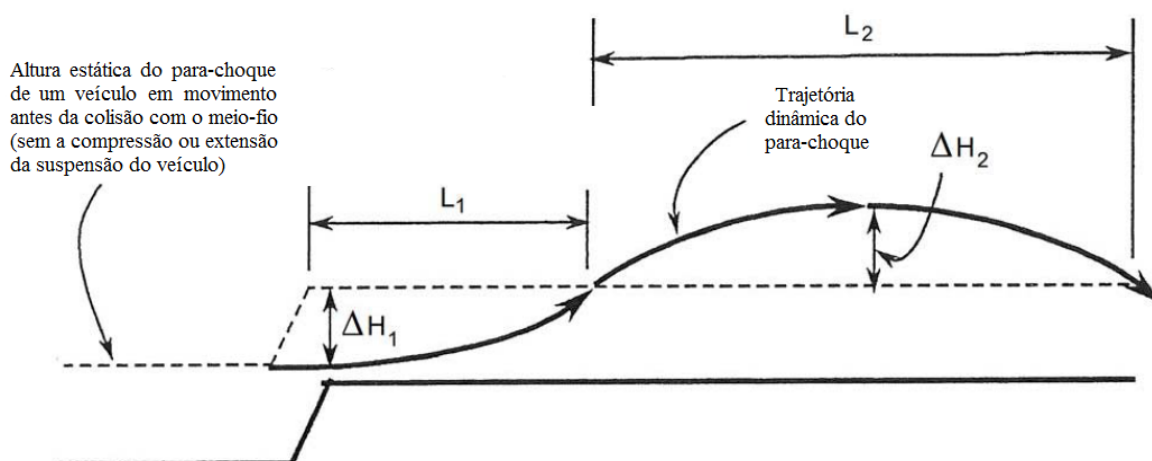
As normas americanas classificam os meios-fios em verticais (aqueles com 15 cm ou mais de altura) e inclinados (aqueles com 15 cm ou menos de altura). Segundo a AASHTO (2011),

meios-fios inclinados, especialmente os com altura menor ou igual a 10 cm, podem ser considerados trespassáveis.

Ainda segundo aquele guia (seção 3.4.1), mesmo sendo trespassáveis, regra geral, meios-fios não devem ser instalados em rodovias de alta velocidade, especialmente onde houver dispositivos de contenção. Essa recomendação se deve à possibilidade de o veículo, após colidir com o meio-fio, decolar e atingir o dispositivo de contenção em altura diferente da projetada.

Abaixo segue Figura 3.14, adaptada do manual AUSTROADS (2009), explicando a dinâmica do para-choque de um veículo após atingir o meio-fio:

Figura 3.14 – Trajetória Dinâmica do Para-choque



Fonte: Figura C12 2 do manual AUSTROADS (2009)

A Figura 3.14 explicita a variação de altura de um para-choque. Logo após a colisão, a suspensão do veículo é comprimida e não há uma variação significativa da altura do para-choque.

Durante a distância L_1 , a suspensão começa a se estender, mas o para-choque tende a colidir abaixo da lâmina de uma defesa metálica, provocando o esmagamento do veículo.

Já durante a distância L_2 , o veículo está com sua suspensão estendida e o seu para-choque tende a passar por cima da lâmina da defesa. Após L_2 , o veículo voltaria a seu comportamento normal.

A norma americana AASHTO (2011) estabelece diferentes posições para o sistema de proteção no caso da presença de meios-fios, a depender da velocidade diretriz da rodovia.

Por exemplo, para velocidades menores que 70 km/h, a defesa metálica pode ser instalada em uma posição tal que a face da lâmina e a face do meio fio estejam no mesmo plano ou a defesa metálica pode ser instalada somente após uma distância de 2,5 m do meio-fio, justamente prevendo a trajetória do para-choque nesse intervalo de distância.

No que se refere às normas brasileiras, a ABNT (2016b) determina que:

- a) utilizar, preferencialmente, meios-fios com alturas não superiores a 10 cm;
- b) posicionar meios-fios atrás de defensas metálicas ou, em situações de restrição de espaço, posicionar a face do meio-fio no mesmo plano da face da lâmina da defesa metálica; e
- c) não utilizar meios-fios em frente a barreiras de concreto, pois isso prejudicará o desempenho da barreira.

3.4.4 Deflexão Lateral

Defletir lateralmente um dispositivo de contenção consiste em posicionar um trecho da barreira em posição lateral diferente do trecho anterior, seja afastando ou aproximando esse novo trecho da pista de rolamento.

Conforme definição da AASHTO (2011), uma barreira é considerada como defletida quando a mesma não está paralela à pista de rolamento. Em geral, as barreiras defletidas são usadas para:

- a) afastar o terminal de uma barreira o mais longe possível da rodovia ou da zona livre;
- b) minimizar a reação de um motorista à existência de uma barreira próxima à pista de rolamento, introduzindo-a gradualmente;
- c) possibilitar a proteção de obstáculos mais próximos à pista de rolamento, tais como dispositivos de contenção sobre pontes; e
- d) diminuir o comprimento necessário da barreira (assunto do subitem 3.4.5).

Para defletir uma barreira, torna-se necessário empregar um trecho de transição, utilizando, para tanto, uma taxa de deflexão padronizada que varia conforme velocidade diretriz da rodovia. Na Tabela 3.6 abaixo, estão expostas as taxas de deflexão sugeridas ABNT (2016b):

Tabela 3.6 – Taxas de Deflexão Lateral

Velocidade Diretriz (km/h)	Deflexão lateral (a:b)	
	Sistema Rígido	Sistema Semirrígido
120	22:1	16:1
110	20:1	15:1
100	18:1	14:1
90	16:1	12:1
80	14:1	11:1
70	12:1	10:1
60	10:1	8:1
50	8:1	7:1

*a e b são definidos no item que trata do comprimento necessário
Fonte: Tabela 11 da ABNT (2016b)

As desvantagens de se defletir lateralmente uma barreira são: aumentar o ângulo de impacto em que a barreira pode ser atingida e, dessa forma, aumentar a severidade do impacto; e aumentar a possibilidade de o veículo ser redirecionado sem controle à pista.

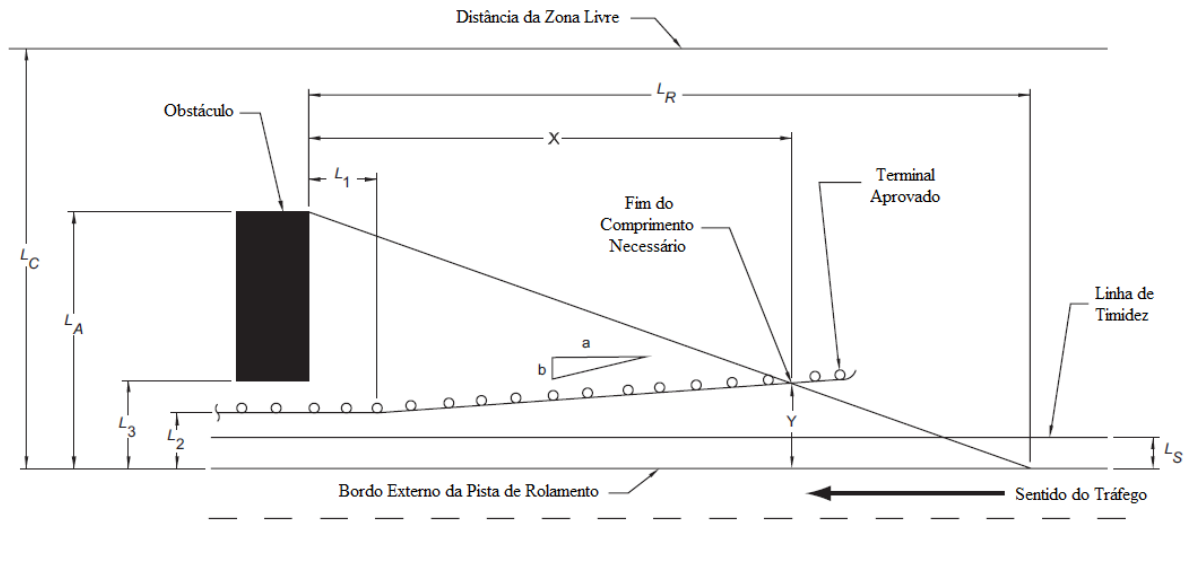
3.4.5 Comprimento Necessário

Um dispositivo de contenção viária é projetado em uma extensão tal que não permita que um veículo desgovernado, saindo da rodovia em um determinado ângulo, atinja o obstáculo protegido por ele. A essa extensão se dá o nome de comprimento mínimo necessário ou *length-of-need* (vide Figura 3.6).

A ABNT (2016b) trata superficialmente do assunto, informando apenas que o comprimento necessário deve ser determinado a partir de um cálculo geométrico, considerando um ângulo máximo de 15°. Essa norma não trata dos detalhes deste cálculo.

No guia AASHTO (2011), entretanto, há a maneira de se realizar esse cálculo. As duas variáveis indispensáveis para o cálculo são (em traduções livres) a distância do obstáculo (L_A) e a distância do ponto de saída (L_R), que estão apresentadas na Figura 3.15 a seguir:

Figura 3.15 – Determinação do Comprimento Necessário



Fonte: adaptado da Figura 5-39 do guia AASHTO (2011)

A distância transversal até o obstáculo (em inglês, *Lateral Extent of the Area of Concern - L_A*) é a distância que vai do bordo externo da pista de rolamento (*traveled way*, ou seja, essa distância inclui o acostamento do *roadway*) até o ponto mais afastado do obstáculo. No caso de taludes, a distância transversal é calculada utilizando o comprimento da zona livre e, nesse caso, é igual à variável L_C da Figura 3.15.

A distância do ponto de saída (*Runout Length - L_R*) é a distância estimada do ponto mais a montante do obstáculo até o local em que o veículo perde o controle e sai da rodovia. Em geral, essa distância é estimada de acordo com a velocidade diretriz da rodovia e o volume de tráfego, conforme Tabela 3.7 a seguir.

Tabela 3.7 – Distância Sugerida do Ponto de Saída (L_R)

Velocidade Diretriz de Projeto (km/h)	Distância do Ponto de Saída (m)			
	VDM ≥ 10.000	5.000 ≤ VDM < 10.000	1.000 ≤ VDM < 5.000	VDM < 1.000
130	143	131	116	101
110	110	101	88	76
100	9	76	64	61
80	70	58	49	46
60	49	40	34	30
50	34	27	24	21

Fonte: Tabela 5-10 da AASHTO (2011)

Outras variáveis utilizadas são o comprimento em tangente (L_1), o afastamento lateral (L_2) e a taxa de deflexão (a:b). O afastamento lateral e a taxa de deflexão já foram tratados nos subitens 3.4.1 e 3.4.4, respectivamente. Já o comprimento em tangente (L_1) é uma variável escolhida pelo projetista, conforme as características da barreira e do trecho em análise.

De posse dessas variáveis, o comprimento necessário pode ser calculado pela Equação 3.1 abaixo:

$$X = \frac{L_A + \left(\frac{b}{a}\right) (L_1) - L_2}{\left(\frac{b}{a}\right) + \left(\frac{L_A}{L_R}\right)} \quad \text{(Equação 3.1)}$$

Onde,

X - Comprimento Necessário

L_A - Distância do Obstáculo

L_R - Distância do Ponto de Saída

L_1 - Comprimento em Tangente

L_2 - Afastamento Lateral

a:b - Taxa de Deflexão

Caso a barreira seja paralela à rodovia, isto é, não possua deflexão lateral, a variável L_1 se torna nula, e a expressão anterior pode ser dada pela Equação 3.2 abaixo:

$$X = \frac{L_A - L_2}{\frac{L_A}{L_R}} \quad \text{(Equação 3.2)}$$

Conforme explicado no subitem 3.4.4, um dos objetivos da deflexão lateral é diminuir o comprimento mínimo necessário, o que pode ser comprovado pelo uso das expressões anteriores.

Por último, compete informar que o comprimento necessário de uma barreira pode incluir toda a extensão de um terminal de não abertura, ao passo que a extensão de um terminal de abertura não pode ser incluída nesse cálculo. Em outras palavras, a extensão de um terminal de abertura

(que, em geral, é igual ao comprimento dos dois ou três primeiros postes) deve ser adicionada ao comprimento mínimo previamente calculado para um dispositivo de segurança.

3.4.6 Transições e Conexões

Como já tratado no subitem 3.2.3, as barreiras de transição são utilizadas nos encontros entre sistemas de proteção com diferentes rigidezes e seu objetivo é alterar de forma gradual essa rigidez, promovendo a adequada união entre os sistemas, sem qualquer descontinuidade na proteção ao usuário, conforme Figura 3.16 abaixo:

Figura 3.16 – Transição entre Defesa Metálica e Barreira Rígida



Fonte: Figura 7-12 da AASHTO (2011)

Uma barreira em transição permite tanto o enrijecimento de um sistema menos para um mais rígido (caso de uma entrada de obra-de-arte especial), quanto o enfraquecimento de um sistema mais rígido para um menos (saída de obra-de-arte especial).

Em geral, o enrijecimento de um sistema de proteção é obtido pela redução do espaçamento entre postes; pelo aumento do tamanho dos postes; pela implantação de defensas com uma ou

mais lâminas sobrepostas; pela adição de mais uma lâmina no corpo da defesa; ou por uma combinação dessas opções.

3.5 FATORES DE SELEÇÃO DE DISPOSITIVOS

3.5.1 Recomendações Básicas de Implantação

A premissa básica para recomendar ou não a implantação de um dispositivo de contenção diz respeito ao potencial que os próprios dispositivos têm de aumentar o índice ou a gravidade de acidentes.

Simplesmente pelo fato de estarem localizados próximos à pista de rolamento, dispositivos de contenção podem provocar um aumento do número de acidentes naquele local. Além disso, se o dispositivo não for bem planejado e instalado, ele pode provocar acidentes mais graves do que os que ocorreriam sem a sua presença.

Logo, a premissa básica para a implantação de qualquer dispositivo é que o sistema de proteção deve ser instalado apenas quando previne que veículos desgovernados atinjam objeto ou área com potencial severidade de impacto maior do que infligido pela própria barreira.

Além disso, a recomendação de implantação de um dispositivo de contenção passa pela análise da relação custo/benefício do sistema de proteção, já que é economicamente inviável proteger toda faixa lateral de uma rodovia.

Usualmente, dispositivos de contenção viária são implantados para proteger dois tipos de ocorrências: taludes em declive e obstáculos. Há ainda uma terceira preocupação que vem crescendo ao longo dos últimos anos: a proteção aos motociclistas, que será tratada a seguir.

3.5.2 Recomendações de Proteção a Motociclistas

A AASHTO (2011) trata brevemente sobre acidentes envolvendo motociclistas e barreiras de segurança. Segundo o guia, motociclistas têm mais chances de serem gravemente feridos em uma colisão com barreiras se comparado aos acidentes envolvendo automóveis.

Na verdade, há casos em que os dispositivos de contenção agravaram a severidade do acidente, principalmente quando a colisão é com uma barreira aberta (tal como uma defesa ou barreira de cabos metálicos) ou quando o motociclista se choca diretamente com os postes dos dispositivos (em geral, metálicos e com muitas arestas).

O relatório técnico AUSTROADS (2010) discorre sobre o assunto de forma mais profunda. Segundo esse relatório (*apud* VicRoads by Mulvihill and Corben, 2004), há três mecanismos principais para acidentes envolvendo motociclistas e barreiras:

- a) colidir com a barreira enquanto está pilotando a motocicleta;
- b) deslizar junto com a motocicleta e colidir com a barreira; e
- c) deslizar após se separar da motocicleta e colidir com a barreira.

A primeira forma de mecanismo prevê que o motociclista ainda está em cima da moto no momento da colisão. Dessa forma, ao colidir, o piloto e sua moto se chocariam diretamente com os elementos horizontais da barreira, sejam eles cabos ou a guia de deslizamento. Nesse caso, ainda há a possibilidade de o motociclista ser jogado por cima do sistema de proteção.

Nos outros dois tipos de mecanismos, os postes de sustentação da barreira ganham mais importância, tendo em vista a possibilidade de o motociclista passar por baixo dos elementos horizontais e se chocar diretamente contra os postes.

Para evitar acidentes como esses, a França está instalando um dispositivo chamado Moto.Tub em suas defensas metálicas ou barreiras de cabos metálicos.

Esse dispositivo, mostrado na Figura 3.17 abaixo, consiste em tubos de borracha instalados abaixo da guia de deslizamento (ou um pouco à frente dos cabos metálicos) que impedem o contato do motociclista com os postes de sustentação (AUSTROADS, 2010).

Figura 3.17 – Sistema de Proteção Moto.Tub



Fonte: Figura 3.14 da Austroads (2010)

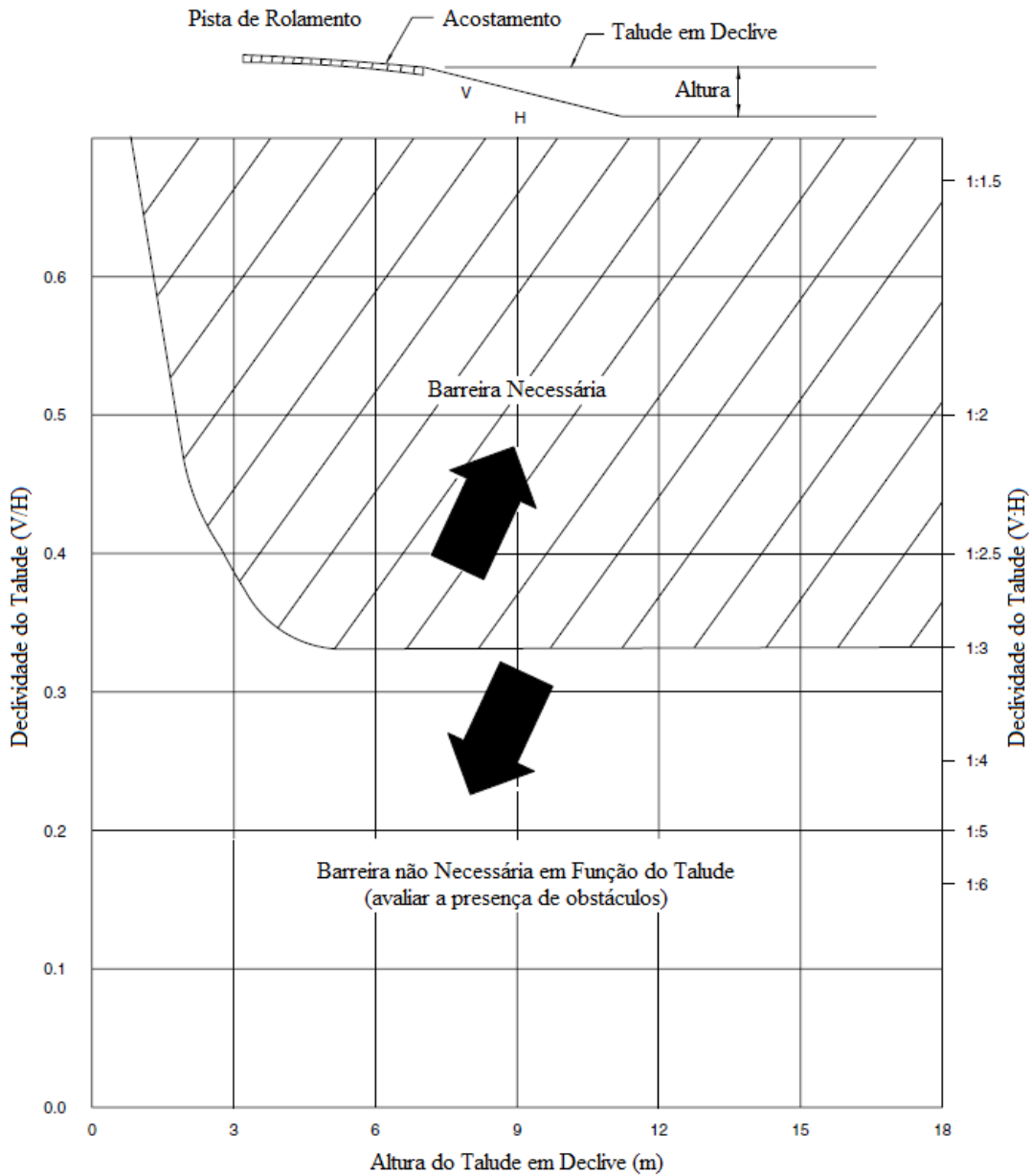
Outras opções para a proteção de motociclista são: o uso de vegetação arbustiva em frente a dispositivos de contenção, instalação de espumas expandidas ao redor dos postes ou ainda a alteração da seção transversal dos postes. A ABNT (2012b) prevê o uso de elementos de proteção a motociclistas, de modo que eles não possam colidir com os postes. No entanto, não há explicação de como seria essa proteção, que ficaria a critério do projetista.

Há ainda uma falsa convicção de que barreiras rígidas de concreto são mais amigáveis a motociclistas. No entanto, isso não é verdade, já que em colisões com maiores ângulos de entrada, o corpo do motociclista tem que suportar toda a energia cinética do acidente (AUSTROADS, 2010).

3.5.3 Necessidade de Proteção Lateral para Taludes em Declive

A necessidade de proteção lateral em função de taludes em declive decorre basicamente da altura e da inclinação desse talude. Abaixo, segue a Figura 3.18, adaptada da AASHTO (2011), que indica em quais condições de altura e inclinação a barreira deve ser instalada:

Figura 3.18 – Necessidade de Dispositivo de Contenção para Taludes em Declive



Fonte: Figura 5-1 da AASHTO (2011)

A ABNT (2016b) utiliza o mesmo gráfico anterior para avaliar a necessidade de dispositivos de contenção viária em função dos taludes em declive.

3.5.4 Necessidade de Proteção Lateral para Obstáculos

A necessidade de proteção lateral em função de obstáculos foi sendo gradualmente explicada ao longo dos capítulos desta monografia. A começar, por exemplo, pelos itens 2.4 e 2.5 nos quais foram explicados os conceitos de tratamento de obstáculos e de zona livre.

Abaixo, segue Tabela 3.8 (traduzida e adaptada da AASHTO, 2011) descrevendo as principais recomendações para tratar terrenos não trespassáveis e outros obstáculos:

Tabela 3.8 – Recomendações para Terrenos Intransponíveis e Outros Obstáculos

Obstáculo	Recomendação
Pilares de obras-de-arte especiais e seções terminais de barreiras rígidas em tabuleiros	Em geral, a proteção por dispositivo de contenção é necessária
Pedregulhos	Decisão deve se basear no tipo de objeto e na probabilidade de impacto
Bueiros, tubulações e bocas de entrada e saída	Decisão deve se basear no tamanho, forma e localização do obstáculo
Taludes suaves em declive ou aclave	Em geral, a proteção por dispositivo de contenção não é necessária
Taludes acidentados em declive ou aclave	Decisão deve se basear na probabilidade de impacto
Sarjetas e valas paralelas	Utilizar Figura 2.14 e Figura 2.16
Sarjetas e valas transversais	Em geral, a proteção por dispositivo de contenção é necessária, principalmente em caso de impactos frontais
Muros de contenção	Decisão deve se basear na rigidez do muro e no ângulo estimado de impacto
Placas e postes de luz	Em geral, quando o obstáculo for não colapsível, a proteção por dispositivo de contenção é necessária
Sinais de trânsito	Decisão deve se basear na probabilidade de impacto
Árvores	Decisão deve se basear no tamanho, forma e localização do obstáculo
Postes de serviços	A proteção por dispositivo de contenção deve ser analisada caso a caso
Corpos d'água permanentes	Decisão deve se basear na localização e profundidade do corpo d'água

Fonte: Tabela 5-2 da AASHTO (2011)

Em linhas gerais, quando um objeto se encontra dentro da distância da zona livre, há a necessidade de tratá-lo. Esse tratamento é realizado observando-se uma sequência de procedimentos que vão desde a remoção do obstáculo até a instalação de um sistema de proteção.

Obstáculos podem ser classificados em naturais ou artificiais. Devido ao seu grande número, obstáculos naturais, como árvores, podem ser de difícil tratamento, devendo ser avaliado o custo/benefício da intervenção.

Obstáculos artificiais podem ser, desde a sua concepção, projetados para com o conceito de entorno tolerante, o que afastaria a necessidade de realizar intervenções posteriores na rodovia ou a necessidade de proteger tal objeto. Entretanto, essa não é a realidade das rodovias brasileiras, nas quais a aplicação do conceito de entorno tolerante é praticamente inexistente.

3.5.5 Fatores de Seleção de Dispositivos de Contenção

Ambas as normas, tanto a ABNT (2016b), quanto a AASHTO (2011), apresentam os principais critérios utilizados para a seleção de um dispositivo de contenção. No entanto, apesar de abordarem o mesmo assunto, elas o fazem sobre diferentes perspectivas.

Enquanto a ABNT (2016b) trata quase que exclusivamente da determinação do nível de contenção de uma barreira, o guia AASHTO (2011) faz um apanhado de toda a vida útil de um sistema de proteção, abordando aspectos que vão desde sua concepção até a substituição em caso de colisão, tudo isso levando em consideração os custos envolvidos em cada etapa dessa vida útil.

No que se refere à determinação do nível de contenção de uma barreira, a norma brasileira relaciona os seguintes critérios (ABNT, 2016b):

- a) velocidade diretriz de projeto da via;
- b) características de tráfego, volume e percentual de veículos pesados;
- c) características físicas da via e de sua faixa lateral;
- d) consequências caso um veículo pesado trespassse um sistema de proteção;
- e) natureza e risco dos obstáculos; e
- f) estatísticas de acidentes.

Já a AASHTO (2011), além do critério de nível de contenção, aborda outros aspectos, tais como deflexão e manutenção do sistema de proteção. Esses aspectos são enumerados na Tabela 5-5 daquele guia e foram traduzidos e adaptados na Tabela 3.9 a seguir:

Tabela 3.9 – Fatores de Seleção de Dispositivos de Contenção

Critério	Comentários
Desempenho (nível de contenção)	A barreira deve ser estruturalmente capaz de conter e redirecionar o veículo para o nível de contenção projetado
Deflexão, espaço de trabalho e intrusão	A deflexão esperada não pode exceder à distância disponível até o obstáculo. A intrusão também deve ser levada em consideração
Condições do local	O afastamento lateral em relação à pista de rolamento e a distância mínima até o talude podem impedir o uso de alguns tipos de barreiras
Compatibilidade	As barreiras longitudinais devem ser compatíveis com os terminais e com a ancoragem projetada e deve permitir fácil transição para outros sistemas de proteção
Custo	Sistemas de proteção padrão têm preço mais acessíveis, se comparado com sistemas de proteção mais tecnológicos ou com registro de patente
Manutenção de rotina	Poucos sistemas requerem grandes quantidades de manutenção de rotina
Manutenção após colisão	Em geral, sistemas flexíveis e semirrígidos requerem mais manutenção após colisão do que sistemas rígidos
Armazenamento	Quanto menor o número de sistemas empregados em uma rodovia, menor será o custo de armazenamento
Simplicidade de montagem e manutenção	Sistemas de proteção mais simples, além de ter um custo de aquisição menor, são mais fáceis de manter e de serem substituídos
Estética	Ocasionalmente, a estética é um fator importante para se selecionar um sistema de proteção
Avaliação em serviço	O desempenho e manutenção de sistemas de proteção existentes devem ser monitorados de forma a identificar problemas que poderiam ser diminuídos ou eliminados pelo uso de outro tipo de sistema

Fonte: Tabela 5-5 da AASHTO (2011)

Inegável que o nível de contenção é um dos aspectos mais importantes na seleção de um dispositivo, senão o mais. Em geral, sistemas com nível de contenção TL-3 (normal) são os mais utilizados (vide Tabela 3.1 do subitem 3.2.2 para mais informações). Sistemas TL-2 são, em geral, direcionados para veículos leves, ao passo que, quando a composição do tráfego de uma rodovia apresentar percentual elevado de veículos pesados, o desejável é que o sistema de

proteção seja TL-4 ou superior. Isso é particularmente verdade quando a penetração de um veículo pesado puder gerar graves consequências.

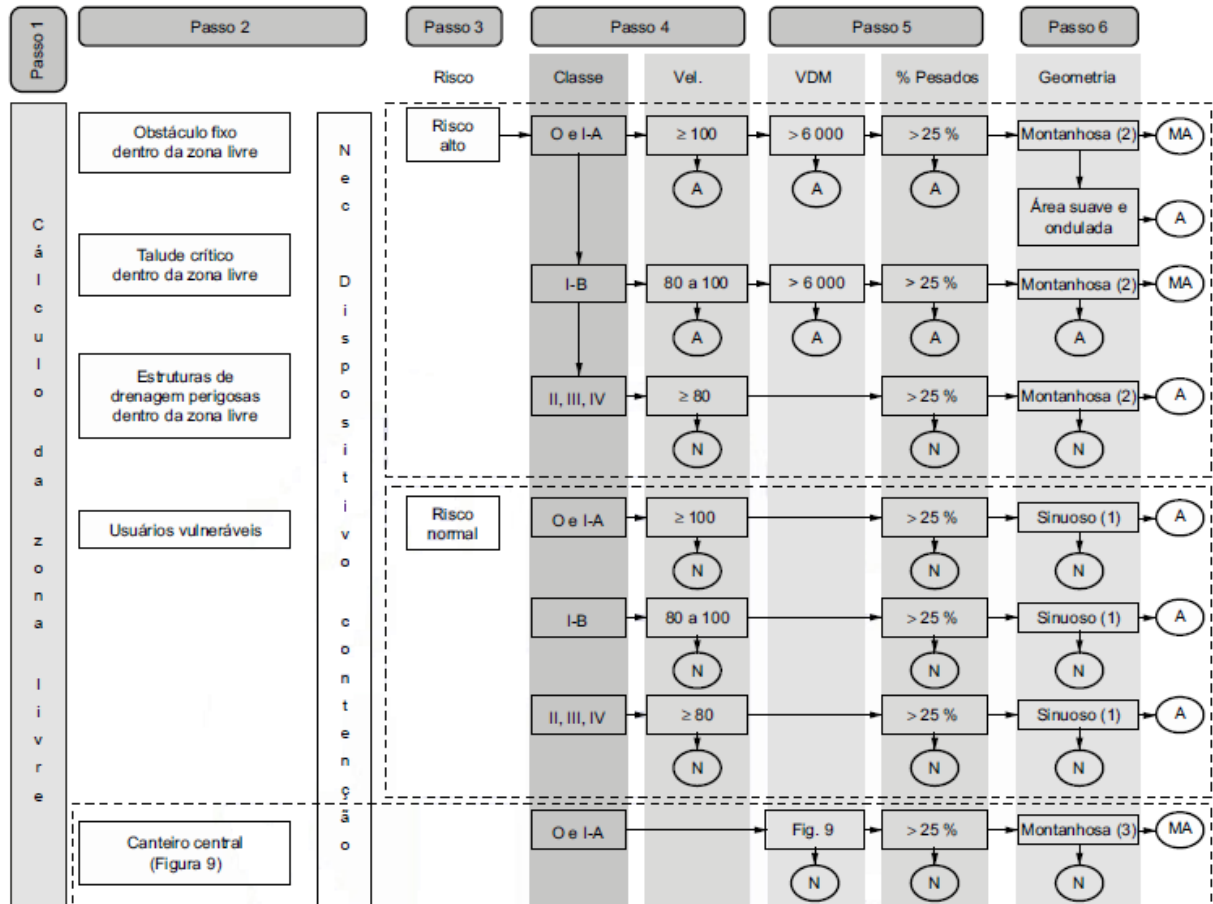
3.5.6 Seleção de Dispositivos por Nível de Contenção

A ABNT (2016b) possui um fluxograma para se determinar o nível de contenção adequado para um sistema de contenção. Esse fluxograma deve ser utilizado em conjunto com o passo a passo adaptado e apresentado abaixo:

- Passo 1: cálculo da zona livre da rodovia, utilizando a Tabela 2.1 do subitem 2.7. Caso haja zona livre desobstruída e trespassável, a implantação de dispositivo de contenção viária não será necessária;
- Passo 2: Verificação da necessidade de dispositivos de contenção em função da existência de:
 - a) obstáculos fixos dentro da zona livre, conforme procedimento do item 2.4;
 - b) taludes críticos dentro da zona livre, conforme descrito no item 2.8;
 - c) estruturas de drenagem que apresentem risco aos usuários, conforme item 2.9;
 - d) usuários vulneráveis na zona livre ou ao final de taludes não recuperáveis;
 - e) canteiro-central; e
 - f) obras de média ou longa duração;
- Passo 3: determinação do risco existente no local em análise, se risco normal ou alto;
- Passo 4: verificação da classe da rodovia e de sua velocidade diretriz;
- Passo 5: consideração do VDM e da porcentagem de veículos pesados; e
- Passo 6: condições geométricas do terreno da rodovia: se plano, ondulado ou montanhoso.

Seguindo esse passo a passo e utilizando o fluxograma da Figura 3.19 a seguir, um dispositivo de contenção pode possuir níveis de contenção normal, alto ou muito alto.

Figura 3.19 – Fluxograma para Seleção de Dispositivo de Contenção



Fonte: Figura 13 da ABNT (2016b)

(1) São considerados trechos sinuosos: sequência de curvas acentuadas com raio < 60 m e $AC > 30^\circ$ ou 60 m $<$ raio < 120 m e $AC > 45^\circ$, considerando especialmente o lado externo destas curvas;

(2) Área montanhosa, com quedas altas em taludes críticos; e

(3) Área montanhosa com grande desnível entre pistas.

Onde,

N - Normal

A - Alto

MA - Muito Alto

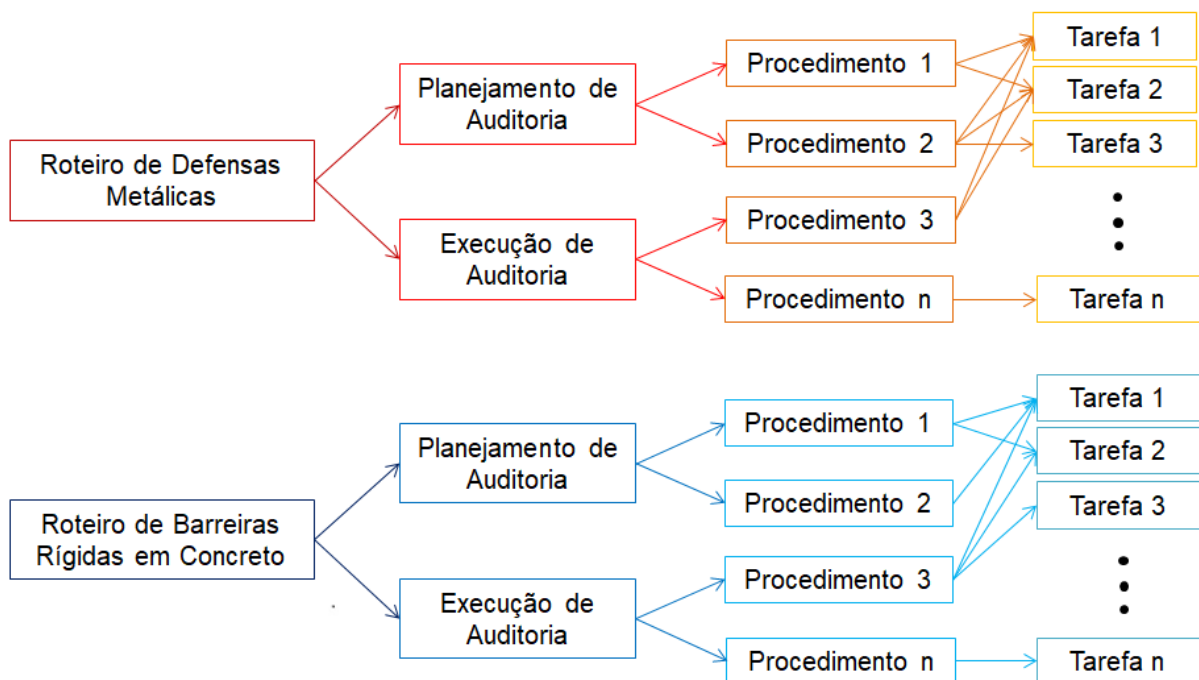
4 PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA

Como mencionado na introdução deste trabalho, o objetivo desta monografia é desenvolver procedimentos de auditoria que permitam ao auditor (ou ao fiscal) realizar uma auditoria (ou uma fiscalização) muito mais efetiva dos dispositivos de contenção viária.

De acordo com os Padrões de Auditoria de Conformidade (TCU, 2009), procedimentos de auditoria são itens de verificação a serem executados durante a fiscalização para consecução do objetivo desta.

Neste trabalho, os procedimentos foram divididos em diversas etapas e grupos, os quais são apresentados no fluxograma da Figura 4.1, abaixo, e serão explicados em seguida.

Figura 4.1 – Fluxograma dos Roteiros de Auditoria



Fonte: própria

Como explicado em (TCU, 2009), os procedimentos de auditoria são aplicados em objetos de fiscalização e, após comparação da situação encontrada com o critério esperado, achados positivos (boas práticas) ou negativos (impropriedades ou irregularidades) podem ser detectados.

Em se tratando do escopo deste trabalho, os objetos de fiscalização são os dispositivos de contenção viária e, considerando a realidade brasileira, esses dispositivos podem ser de dois tipos: as defensas metálicas e as barreiras rígidas em concreto.

Por se tratarem de sistemas de proteção diferentes (vide características das defensas metálicas e das barreiras rígidas no subitem 3.2.3 desta monografia), optou-se por dividir os procedimentos relativos a cada um desses dispositivos em dois roteiros: um contendo procedimentos específicos para defensas metálicas e outro específico para barreiras rígidas em concreto, conforme Figura 4.1.

Por sua vez e conforme demonstrado na Figura 4.1, cada um desses roteiros foi dividido em duas fases: uma primeira, relacionada aos procedimentos a serem aplicados no planejamento da auditoria, ou seja, na análise das informações de projeto; e uma segunda, relativa aos procedimentos a serem realizados durante a execução de auditoria, ou seja, à fiscalização *in situ* dos dispositivos.

Além disso, e ainda segundo TCU (2009), os procedimentos devem, na medida do possível, ser detalhados em tarefas de forma clara. Dessa forma, cada procedimento foi dividido em uma ou mais tarefas, que são as várias ações que o auditor deverá realizar para fiscalizar o objeto da auditoria.

Aqui cabe ressaltar que, apesar de separados por fase (planejamento e execução de auditoria), há procedimentos da fase planejamento que podem ser utilizados na fase de execução de auditoria e vice-versa.

Por último, cabe informar que várias considerações relativas às defensas metálicas e às barreiras de concreto serão apresentadas ao longo dos roteiros de auditoria, de maneira a adaptar os conceitos aprendidos durante a fundamentação teórica à realidade e às normas brasileiras.

4.1 ROTEIRO DE AUDITORIA DE DEFENSAS METÁLICAS

4.1.1 Conceito de Defensas Metálicas

As defensas, muito conhecidas por seu nome em inglês, *guardrail*, são sistemas de proteção classificados internacionalmente (na maioria dos casos) como dispositivos semirrígidos (vide subitem 3.2.3 deste trabalho).

Elas são compostas, basicamente, por postes (no Brasil, quase sempre metálicos) que sustentam uma lâmina, (no Brasil, também metálica) e cujo objetivo é amortecer, conter e redirecionar o veículo de forma segura, por meio da deformação e flexão de suas peças (vide subitem 3.2.3).

Conforme conceito da ABNT (2012b), defensas metálicas são dispositivos de proteção contínua implantados ao longo da rodovia, constituídos de perfis metálicos e projetados em sua forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos desgovernados, absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do próprio dispositivo.

Quando impactadas, as defensas metálicas absorvem a energia cinética do veículo pela tensão da guia de deslizamento e pela flexão de seus postes de sustentação. Mais informações acerca desses dispositivos e características de desempenho podem ser encontradas nos itens 3.2.3 e 3.3 deste trabalho.

4.1.2 Normas Técnicas sobre Defensas Metálicas

Atualmente, as principais entidades que elaboram normas técnicas sobre o tema são a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

As principais normas técnicas que regulam o assunto são apresentadas na Tabela 4.1 – Relação das Normas Vigentes sobre Defesa Metálica, que segue abaixo:

Tabela 4.1 – Relação das Normas Vigentes sobre Defesa Metálica

Entidade	Número	Ano	Nome da Norma
ABNT	6970	2012	Segurança no Tráfego - Defensas Metálicas Zincadas Imersão a Quente
ABNT	6971	2012	Segurança no Tráfego - Defensas Metálicas - Implantação
ABNT	15486	2016	Segurança no Tráfego - Dispositivos de Contenção Viária
DNER	144	1985	Especificação de Serviço - Defensas Metálicas
DNER	146	1994	Instrução de Ensaio - Defensas Metálicas - Controle Tecnológico de Fabricação
DNER	370	1997	Especificação de Material - Defensas Metálicas de Perfis Zincados

Fonte: sítio do IPR e da ABNT

Por meio da Tabela 4.1, constata-se que as normas elaboradas pelo DNER são mais antigas, enquanto as normas da ABNT são mais atuais.

4.1.3 Fase de Planejamento/Análise de Projeto

4.1.3.1 Procedimento 1 - Averiguar a Norma Utilizada pelo Projeto

Tarefa 1 - Verificar a norma prevista em projeto para especificar as defensas metálicas

Essa informação pode ser encontrada no corpo do “Volume 1 - Relatório do Projeto” ou no orçamento ou composições de custos do “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Em casos reais, constata-se que a norma referenciada pelo projeto, na maioria das vezes, é a Especificação de Serviço (ES) DNER-ES 144/85 que, apesar de muito antiga, segundo informações do sítio do DNIT, ainda está vigente.

Tarefa 2 - Conhecer as normas para a fabricação e implantação das defensas metálicas

Apesar de a “DNER-ES 144/85 - Defensas Metálicas” ser norma técnica expedida por entidade oficial competente, ela é do ano de 1985 e está desatualizada, já que descreve modelos de defensas que não são mais previstos nas normas mais atuais da ABNT. Tendo em vista essa desatualização, sugere-se ao auditor averiguar qual norma será utilizada para fabricação e implantação das defensas metálicas.

Atualmente, as normas que regulam a fabricação e implantação das defensas metálicas são, respectivamente, a “ABNT NBR 6970 - Segurança no Tráfego - Defensas Metálicas Zincadas por Imersão a Quente” (ABNT, 2012a) e a “ABNT NBR 6971:2012 - Segurança no Tráfego - Defensas Metálicas – Implantação” (ABNT, 2012b).

A ABNT (2012a) é uma norma que trata especificamente do processo de fabricação e aprovação (recebimento) dos componentes de uma defesa metálica, abordando aspectos de material, revestimento e dimensões de peças. Já a ABNT (2012b) cuida de aspectos relativos à implantação das defensas metálicas, abordando esse e outros importantes aspectos como os tipos, o posicionamento, os terminais e as transições.

Dessa forma, tendo em vista essas considerações, nos procedimentos a seguir, utilizar-se-á com mais frequência a norma ABNT (2012b). Isso não impede, no entanto, a utilização das outras normas de forma subsidiária.

4.1.3.2 Procedimento 2 - Verificar o Tipo de Defesa Prevista em Projeto

Tarefa 1 - Verificar o modelo de defesa metálica prevista em projeto

Verificar o modelo de defesa metálica a ser implantada na obra, conforme informações do “Volume 1 - Relatório do Projeto” ou composição de custos no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Tarefa 2 - Conhecer os modelos de defesa metálica previstos em norma

Conforme norma ABNT (2012b), as defensas metálicas podem ser classificadas conforme o tipo e a quantidade de lâminas e conforme a capacidade de absorção do impacto.

Quanto à capacidade de absorção do impacto, a ABNT (2012b) prevê e normatiza os seguintes modelos de defensas metálicas (sejam elas simples ou duplas): maleável, semimaleável ou tripla onda:

a) defesa maleável: sistema semirrígido, de lâminas simples ou dupla, composto por lâminas do tipo dupla onda, postes maleáveis (C-110), espaçadores maleáveis, garras de fixação, plaquetas, cintas, parafusos, porcas e arruelas. O espaçamento entre os postes de fixação na maleável simples é de 2 m e na maleável dupla é de 4 m (verificar desenhos A.1 a A.4 da norma);

b) defesa semimaleável: sistema semirrígido, de lâminas simples ou dupla, composto por lâminas dupla onda, postes semimaleáveis (C-150), espaçadores simples, calços, plaquetas, parafusos, porcas e arruelas. O espaçamento entre os postes é de 4 m, mas pode ser diminuído (verificar desenhos A.5 a A.8 da norma); e

c) defesa tripla onda: sistema semirrígido, de lâminas simples ou dupla, composto por lâminas tripla onda, postes semimaleáveis (C-150), espaçador, plaquetas, parafusos, porcas e arruelas. O espaçamento entre os postes é de 2 m, mas pode ser diminuído (verificar desenhos A.9 a A.12 da norma).

Além desses modelos normatizados, a ABNT (2012b) inovou ao prever em seu item 4.1 que outros modelos de defensas metálicas podem ser utilizados, desde que eles possuam cartas de aprovação, conforme será visto na Tarefa 4 a seguir. Mais detalhes e as classificações quanto ao tipo e quantidade de lâminas serão abordados mais à frente.

Tarefa 3 - Comparar o modelo do projeto com os modelos de defesa previstos em norma

Comparar o modelo encontrado na Tarefa 1 com os modelos existentes em norma e conhecidos na Tarefa 2. Caso o modelo de projeto não seja um dos citados na Tarefa 2, seguir para a Tarefa 4.

Tarefa 4 - Solicitar a carta/certificado de aprovação se a defesa metálica não corresponder a nenhum dos modelos em norma

Como já mencionado, em seu item 4.1, a norma ABNT (2012b) inovou ao permitir que outros tipos de defensas metálicas pudessem ser utilizados. Essa possibilidade não era prevista pela versão anterior dessa norma (ABNT, 1999).

A ABNT (2012b) permite que outros modelos de dispositivos sejam utilizados, desde que eles atendam a normas internacionais, notadamente o NCRHP 350 (TRB, 1993) e as normas europeias EN 1317-2 e EN 1317-4.

De maneira similar, a norma ABNT (2016b) informa, em sua introdução, que os dispositivos de contenção devem ter carta/certificado de aprovação emitido por órgão competente, mediante ensaios conforme normas EN 1317, NCHRP 350 ou MASH.

Logo, independente da norma referenciada, em casos de dispositivos que não correspondam aos modelos aprovados em norma, deve-se solicitar a carta/certificado de aprovação da defesa metálica.

4.1.3.3 Procedimento 3 - Verificar a Previsão de Defensas Maleáveis

Tarefa 1 - Conhecer a diferença de preços entre o modelo maleável e semimaleável

Em consulta ao Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (Sicro), também conhecido como “novo Sicro” ou “Sicro 3”, referência março de 2017 para Minas Gerais, constatou-se a existência dos seguintes modelos de defensas metálicas, descritos na Tabela 4.2 abaixo:

Tabela 4.2 – Defensas Metálicas Previstas no Sicro

Código Sicro	Nome	Unidade	Preço Unitário (R\$)
M1966	Defensa metálica maleável simples	unid.	1.031,28
M1967	Defensa metálica maleável dupla	unid.	1.283,85
M1968	Defensa metálica semimaleável simples	unid.	709,19
M1969	Defensa metálica semimaleável dupla	unid.	1.219,74

Fonte: Relatório Sintético de Materiais Sicro MG mar/17

Cada unidade dos modelos previstos na Tabela 4.2 é vendida em módulo. Módulos são trechos de defesa com 4 m de comprimento.

De acordo com a Tabela 4.2, verifica-se que um módulo da defesa metálica semimaleável simples (Código M1968) custa R\$ 709,19, ao passo que o mesmo módulo da defesa metálica maleável (Código M1966) custa R\$ 1.031,28.

Dessa forma, constata-se que há uma diferença significativa de preço da defesa maleável para a defesa semimaleável. E justamente por isso é importante verificar qual desses modelos será implantado.

Tarefa 2 - Conhecer o critério de utilização de barreiras maleáveis e semimaleáveis

Assim como à versão anterior da norma (ABNT, 1999), a ABNT (2012b) continua sem descrever critério para quando utilizar as barreiras maleáveis ou para quando utilizar as barreiras semimaleáveis.

Não há diferenciação de uso e o mais importante: não há classificação quanto ao nível de contenção (subitens 3.2.2 e 3.3.1), que é um dos principais critérios de desempenho para um dispositivo de contenção.

Segundo BRANCO (1999), as barreiras maleáveis foram criadas seguindo o modelo alemão, com componentes e peças mais complexas, e apresentam resistência e deformação mais uniformes.

Já as barreiras semimaleáveis foram desenvolvidas para simplificar essas peças, se aproximando do modelo americano de defesa, com um espaçamento entre postes maior. Esse espaçamento maior levou à necessidade de se fazer postes mais resistentes e por isso a barreira não apresenta a mesma uniformidade na resistência (BRANCO, 1999).

Por fim, termina ao afirmar que, apesar de possuir especificações bem detalhadas para os modelos de defesa, as normas brasileiras “não apresentam justificativas para a escolha entre os modelos maleável e semimaleável, porquanto tecnicamente a primeira é mais aperfeiçoada e a segunda, mais econômica” (BRANCO, 1999, p. 53).

Tarefa 3 - Verificar a previsão de utilização do modelo maleável

Caso o projeto preveja a utilização de defesa metálica maleável, selecionar trechos para posterior avaliação *in situ*, pois, como essas defensas são mais caras, existe a possibilidade de se instalar um modelo mais barato.

4.1.3.4 Procedimento 4 - Avaliar os Custos Unitários Previstos em Projeto

Tarefa 1 - Buscar a referência de custo do projeto

Buscar referência de custos do projeto no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”. Em geral, o sistema de custos utilizado é o Sicro. Então, deve-se procurar o estado/região e a data de referência do projeto.

Tarefa 2 - Conhecer as composições de custo do Sicro

O “novo Sicro”, “Sicro 3” ou simplesmente Sicro inovou ao trazer novas composições relacionadas ao serviço de defensas metálicas.

Utilizando o Sicro de março de 2017 para Minas Gerais, escolhido aleatoriamente, foram identificadas as seguintes composições de custos de serviços de defensas metálicas, relacionadas na Tabela 4.3 abaixo:

Tabela 4.3 – Composições de Custo do Sicro Defensas Metálicas

Código Sicro	Discriminação	Unid.	Custo Unitário (R\$)
3713600	Defensa maleável simples - fornecimento e implantação	m	327,48
3713601	Ancoragem de defesa maleável simples - fornec. e implantação	m	298,09
3713602	Defensa maleável dupla - fornecimento e implantação	m	329,83
3713603	Ancoragem de defesa maleável dupla - fornecimento e implantação	m	370,93
3713604	Defensa semimaleável simples - fornecimento e implantação	m	181,20
3713605	Ancoragem de defesa semimaleável simples - fornec. e implantação	m	209,35
3713606	Defensa semimaleável dupla - fornecimento e implantação	m	313,80
3713607	Ancoragem de defesa semimaleável dupla - fornec. e implantação	m	354,90

3713689	Terminal aéreo de defesa metálica - tipo A - fornec. e implantação	unid.	201,73
3713690	Terminal de ancoragem de def. met. em <i>New Jersey</i> - fornec. e impl.	unid.	248,59
3713705	Remoção de defesa metálica	m	13,73
3713873	Módulo de transição de def. met. para barreira rígida - fornec. e impl.	unid.	495,52
4915646	Recomposição de módulo de transição de def. met. para barreira rígida	m	534,79
4915721	Recomposição de defesa metálica simples	m	186,67
4915722	Recomposição de defesa metálica dupla	m	316,84

Fonte: Relatório Analítico de Composições de Custos Sicro MG mar/17

Pela Tabela 4.3, constata-se que o Sicro inovou ao trazer composições de remoção de defesa, terminal aéreo e terminal de ancoragem de defesa metálica em *New Jersey*. Essa última, na verdade, pode ser considerada uma das principais evoluções do Sicro em relação aos dispositivos de contenção, tendo em vista que a ancoragem (ou transição) de defesa metálica para barreira se constitui em uma das principais falhas na implantação de barreiras.

Tarefa 3 - Comparar os custos unitários de projeto com os do Sicro

Comparar as composições de custo de projeto (obtidas seguindo a Tarefa 1 do subitem 4.1.3.2) com as composições de custo do Sicro da data base correspondente. Caso não haja composição de referência, o auditor pode elaborar composição de referência utilizando os custos do Sicro ou ainda buscar referência em outros sistemas.

Analisar produtividade do serviço, custos de equipamento, mão de obra e materiais e incluir custos de transporte, se houver. Caso haja diferença, estimá-la, solicitar justificativas técnicas e, se não esclarecida, apontar a irregularidade.

4.1.3.5 Procedimento 5 - Selecionar Trechos com Defensas para Avaliação *in situ*

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de defensas metálicas

Como mencionado antes e conforme informações do item 3.2 deste trabalho, quanto à quantidade de lâminas, as defensas metálicas podem ser:

a) simples: quando é formada por uma só linha de lâminas e suportada por uma única linha de postes; e

b) dupla: quando é formada por duas linhas de lâminas paralelas (que defendem sentidos opostos do tráfego) e suportadas por uma única linha de postes.

As defensas simples, em geral, são usadas nas faixas laterais (bordos externos) da rodovia ou ainda em canteiros centrais que necessitem de proteção para apenas uma das pistas. Já as defensas duplas são usadas majoritariamente em canteiros centrais com largura suficiente para sua deformação.

Interessante ressaltar que defensas simples ou duplas podem ter mais de uma lâmina instalada na mesma linha, a chamada lâmina adicional. Essa lâmina adicional é utilizada para o reforço da rigidez do sistema ou para transições para sistemas mais rígidos.

Tarefa 2 - Procurar a localização das defensas metálicas

Verificar a localização das defensas metálicas a serem instaladas no “Volume 2 - Projeto de Execução” ou no “Volume 3 - Memória Justificativa” ou aquelas já instaladas, conforme medições realizadas, de modo a poder selecionar os trechos que serão inspecionados.

Tarefa 3 - Selecionar trechos de defensas metálicas para avaliação *in situ*

Selecionar trechos de defensas metálicas em bordos externos (provável defesa simples) e em canteiro central (provável defesa metálica dupla), em aterros altos e, especialmente, próximos aos encontros de pontes e viadutos.

4.1.3.6 Procedimento 6 - Avaliar a Utilização da Defesa em Função do Talude

Tarefa 1 - Verificar a altura e declividade dos taludes em aterro

Após a seleção dos trechos de defesa para avaliação, estimar a altura e declividade dos taludes próximos às defensas por meio das notas de serviço do Volume 3 do projeto padrão DNIT.

Tarefa 2 - Avaliar a Necessidade de Proteção Lateral para Taludes em Declive

Lançar a altura e a declividade do talude na Figura 3.18 do subitem 3.5.2 deste trabalho de modo a avaliar a necessidade ou não da proteção lateral para o talude.

Na prática, a implantação de uma defesa ou outro dispositivo de contenção é sempre uma decisão do projetista. Neste procedimento, o auditor não deve e nem pode recomendar a retirada de um dispositivo de contenção previsto em projeto, já que muitas variáveis são levadas em consideração no momento da decisão.

No entanto, é possível utilizar esse procedimento para solicitar justificativa técnica para a previsão ou não de um dispositivo de contenção em talude não protegido identificado após a inspeção à rodovia.

4.1.3.7 Procedimento 7 - Verificar o Quantitativo Projetado de Balizadores

Tarefa 1 - Conhecer o espaçamento dos balizadores

De acordo com o item 4.3.11 da ABNT (2012b), os balizadores são elementos reflexivos e devem ser utilizados em espaçamentos de 16 m para trechos em tangente e a cada 4 m em curvas acentuadas com raio menor de 60 m.

Tarefa 2 - Estimar o comprimento das defensas

Estimar o comprimento das defensas, utilizando as informações de projeto ou do orçamento. O comprimento das defensas deve ser estimado considerando a diferença entre modelos de lâmina simples ou lâmina dupla, já que esses últimos modelos possuem o dobro dos balizadores.

Tarefa 3 - Dividir o comprimento das defensas pela quantidade de balizadores

Dividir o comprimento das defensas metálicas pela quantidade de balizadores. Caso o valor seja muito diferente de 16 m, estudar melhor o projeto, solicitar esclarecimentos e avaliar a conveniência de se apontar o indício de irregularidade.

4.1.4 Fase de Execução de Auditoria

4.1.4.1 Procedimento 1 - Programar Inspeção aos Trechos Selecionados

Tarefa 1 - Elaborar plano para inspecionar trechos selecionados na fase de planejamento

De posse dos trechos selecionados na fase de planejamento, elaborar plano de inspeção à rodovia, discriminando quantidade, modelo e localização de cada uma das defensas metálicas selecionadas.

Tarefa 2 - Inspecionar trechos selecionados na fase de planejamento

Inspeccionar os locais que, conforme projeto e medições já feitas, as defensas metálicas seriam/foram implantadas. Caso elas não sejam encontradas nos locais projetados, solicitar esclarecimentos e, caso eles não sejam suficientes, elaborar relatório apontando o indicio de irregularidade. Caso elas sejam encontradas, avaliar os elementos que a compõem, conforme procedimentos a seguir.

4.1.4.2 Procedimento 2 - Determinar o Modelo da Defesa Metálica Implantada

Tarefa 1 - Comparar e identificar a defesa metálica implantada

Comparar a defesa metálica implantada aos modelos apresentados no Tarefa 2 do subitem 4.1.3.2 e identificar o seu modelo, que pode ser um dos seguintes: defesa maleável, semimaleável ou tripla onda. Além disso, cada um desses modelos pode ser de lâmina simples ou lâmina dupla. Para mais detalhes, utilizar as Figuras de A.1 a A.12 da ABNT (2012b).

Tarefa 2 - Solicitar carta/certificado de aprovação de órgão competente

De maneira similar à Tarefa 4 do subitem 4.1.3.2, caso a defesa metálica implantada não corresponda a nenhum dos modelos presentes na ABNT (2012b), solicitar a carta/certificado de aprovação de órgão competente.

Caso a defesa metálica não corresponda a nenhum dos tipos padronizados, mas possua carta/certificado de aprovação, os próximos procedimentos podem servir de base para conduzir

a inspeção, mas em vez de se buscar referências da norma ABNT (2012b), deve-se utilizar os padrões do fabricante da defesa.

Caso a defesa não corresponda a nenhum dos tipos padronizados na norma e caso não haja certificado de aprovação, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.3 Procedimento 3 - Verificar o Tipo de Onda da Lâmina

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de lâmina

Conforme definição da norma ABNT (2012b), lâmina é o componente da defesa metálica projetado para receber o impacto de um veículo e servir de guia para sua trajetória. Também é conhecido como guia de deslizamento. Quanto ao tipo de lâmina, as defensas metálicas podem ser:

- a) dupla onda: verificar detalhe da lâmina dupla onda na Figura B.1 do Anexo B da norma; e
- b) tripla onda: verificar detalhe da lâmina tripla onda na Figura B.2 do Anexo B da norma;

As defensas de tripla onda se constituem em uma inovação da ABNT (2012b), já que a norma anterior não previa esse modelo de lâmina. Elas são utilizadas na transição de defesa metálica para outro elemento mais rígido (tal como uma defesa rígida em concreto); como reforço de enrijecimento em pontos específicos; ou de forma contínua em locais que necessitem de um maior nível de contenção.

Tarefa 2 - Identificar o tipo de lâmina implantada

Utilizando os detalhes da ABNT (2012b) e o disposto no projeto e no orçamento, verificar se a defesa implantada é composta por lâminas (guia de deslizamento) de dupla ou tripla ondas, conferindo suas dimensões.

As defensas de onda dupla são majoritariamente implantadas nas rodovias brasileiras. Elas podem ser maleáveis ou semimaleáveis, compostas por um ou dois conjuntos de lâminas (simples ou duplas).

Por se constituírem em inovação, as defensas tripla onda ainda não estão previstas no Sicro, se constituindo em uma importante oportunidade de evolução para esse sistema de custos.

Caso a lâmina instalada não corresponda a nenhum dos modelos padronizados ou possua dimensões inadequadas, solicitar esclarecimentos e, caso a divergência não seja elucidada, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.4 Procedimento 4 - Verificar a Altura da Defesa Metálica

Tarefa 1 - Conhecer as alturas padronizadas pela norma

A altura de uma defesa metálica é medida a partir do bordo superior da guia de deslizamento. Conforme item 4.3.6 da norma ABNT (2012b), as defensas metálicas de dupla onda devem ser projetadas tendo uma altura de 750 mm do solo, enquanto as defensas tripla onda devem possuir altura de 850 mm.

Mais informações podem ser obtidas nas Figuras A.1, A.3, A.5, A.7 e A.9 daquela norma. Interessante informar que a figura A.9 prevê uma altura de 845 mm para a defesa tripla onda.

Tarefa 2 - Determinar a altura da defesa metálica

Determinar a altura da defesa metálica, seja ela de dupla ou tripla onda. Caso a altura medida do bordo superior da lâmina até o chão não corresponda a nenhum dos valores mencionados, solicitar esclarecimentos e, caso a diferença não seja elucidada, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.5 Procedimento 5 - Verificar o Tipo de Poste

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de poste de defesa metálica

Poste é componente fixado ao solo responsável por sustentar a guia de deslizamento e outros elementos da defesa metálica. Durante o impacto, o poste deve absorver parte da energia de impacto, se deformar (fletir), mas mesmo assim, manter a altura correta para a guia de deslizamento.

Interessante explicar, conforme lições de BRANCO (1999), que, para facilitar o processo de fabricação das defensas metálicas, o Brasil adotou o poste “tipo C” como padrão, enquanto outros países adotam o modelo tipo I. Isso, no entanto, não é um demérito, tendo em vista que, pela breve pesquisa, esse tipo de poste também é utilizado em outros países, como por exemplo, na Austrália (vide Figura 3.2)

O poste da defesa maleável é o C-110 (maleável), enquanto que o poste das defensas semimaleável e tripla onda é o C-150 (semimaleável). Para mais detalhes, conferir os desenhos A.1 a A.12 e B.3 a B.5 da ABNT (2012b).

Além de dimensões diferentes, o poste C-110 possui ranhuras verticais para deslizamento da garra e dos parafusos que a prendem ao poste. Para mais detalhes, conferir os desenhos A.1 a A.12 da ABNT (2012b).

Tarefa 2 - Identificar o tipo de poste implantado

De posse das informações e desenhos dos postes padronizados pela ABNT (2012b), identificar o tipo de poste instalado (se C-110 ou C-150), conferindo suas dimensões. Se o poste instalado não corresponder a nenhum dos tipos padronizados ou possua dimensões inadequadas, solicitar esclarecimentos e, caso a diferença não seja elucidada, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.6 Procedimento 6 - Conferir o Espaçamento entre Postes

Tarefa 1 - Conhecer os espaçamentos entre postes previstos por tipo de defesa

Na defesa maleável, o espaçamento entre postes é de 2 m no modelo simples e de 4 m no modelo duplo. Na defesa semimaleável, o espaçamento entre postes, seja no modelo simples ou no duplo, o espaçamento é de 4 m. Na defesa tripla onda, o espaçamento é de 2 m. Para mais detalhes, conferir os desenhos de A.17 a A.20 e de A.27 a A.28 da ABNT (2012b).

Interessante ressaltar que apesar de a distância entre postes da defesa maleável dupla ser de 4 m, há espaçadores a cada 2 m, conforme Figura A.18 da ABNT (2012b). Além disso, deve-se atentar ao fato que transições e terminais podem possuir diferentes espaçamentos, sendo, dessa forma, aconselhável realizar a medição do espaçamento.

Tarefa 2 - Verificar o espaçamento entre os postes

Utilizando a descrição do passo anterior e os desenhos da norma, medir o espaçamento entre postes da seção padrão da defesa metálica. Caso o espaçamento existente não corresponda a nenhum dos modelos padronizados ou possua dimensões inadequadas, solicitar esclarecimentos e, caso a diferença não seja elucidada, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.7 Procedimento 7 - Verificar o Comprimento Enterrado dos Postes

Tarefa 1 - Conhecer o comprimento enterrado dos postes determinado em norma

Conforme item 4.2.2 da norma ABNT (2012b), nas defensas metálicas de onda dupla, os postes devem possuir um comprimento enterrado de 1,10 m (± 10 cm). Nas defensas de onda tripla, as defensas devem ser enterradas 1,125 m (± 10 cm).

Tarefa 2 - Conferir, se possível, o comprimento enterrado dos postes

Procedimento de difícil execução se os postes já estiverem implantados. No entanto, esse procedimento pode ser realizado no momento da execução do serviço ou, ao menos, conferindo o comprimento total dos postes no almoxarifado da construtora contratada (Figuras A.1, A.3, A.5, A.7 e A.9 da norma ABNT, 2012b). Caso o comprimento divirja do padronizado, solicitar esclarecimentos e, caso não elucidado, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.8 Procedimento 8 - Verificar a Existência e o Tipo de Espaçador

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de espaçadores

Espaçador é o componente intermediário da defesa metálica responsável pela ligação entre a lâmina e o poste. Além disso, o espaçador é peça importante para evitar o impacto direto de veículos com o poste e, conseqüentemente, o esmagamento do veículo.

Na defesa maleável, o espaçador deve ser do tipo maleável (Figuras B.6 e B.7 da norma ABNT, 2012b). Na semimaleável, instala-se o espaçador simples (Figura B.8). E na defesa tripla onda, instala-se um espaçador conforme Figura B.9. Além disso, os espaçadores maleáveis mudam conforme a quantidade de lâminas, se simples ou dupla.

Tarefa 2 - Verificar a existência e o tipo de espaçador

Verificar a existência e o tipo do espaçador implantado. Muitas vezes, para economizar, alguns construtores contratados implantam defensas metálicas sem o espaçador ou utilizam espaçadores mais simples do que os previstos na norma ou projeto. Nesse caso, deve-se solicitar esclarecimentos e, caso não elucidado, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.9 Procedimento 9 - Verificar a Existência de Garra de Fixação e de Cinta

Tarefa 1 - Conhecer os dispositivos garra de fixação e cinta

A garra de fixação é uma peça utilizada em defensas maleáveis para, em conjunto com o espaçador, manter a altura original da guia de deslizamento. Isso é obtido por meio do cisalhamento de seus parafusos que trabalham em conjunto com as ranhuras do poste C-110. A garra e suas dimensões estão expostas na Figura B.12 da ABNT (2012b).

A cinta é um componente da defesa maleável, exclusivo do modelo simples, instalado do lado oposto da lâmina, para dar travamento da estrutura entre postes. Ver Figura A.2 da ABNT (2012b).

Tarefa 2 - Determinar a existência da garra de fixação e da cinta

A garra e a cinta são peças previstas apenas na defesa maleável. Logo, caso o modelo previsto em projeto seja o maleável, deve-se verificar a sua existência. Caso não haja a garra de fixação ou a cinta (prevista apenas para o modelo simples), deve-se solicitar justificativa técnica. Caso os esclarecimentos não sejam suficientes, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.10 Procedimento 10 - Verificar o Afastamento Lateral e a Distância até o Talude

Tarefa 1 - Conhecer os valores mínimos do afastamento lateral e da distância até o talude

Consoante itens 4.2.4 e 4.2.8 da ABNT (2012b), a defesa metálica deve possuir um afastamento lateral mínimo de 1 m da borda da pista de rolamento, admitindo-se, em casos excepcionais, o mínimo de 0,5 m. Já a distância até o talude deve ser de no mínimo 0,5 m até a crista do talude, a não ser haja a redução do espaçamento entre postes.

Para mais informações acerca dos conceitos de afastamento lateral e distância mínima de talude, consultar subitens 3.4.1 e 3.4.2 desta monografia.

Tarefa 2 - Medir as distâncias do afastamento lateral e da distância até o talude

Medir as distâncias do afastamento lateral e da distância até o talude. Caso haja diferenças a menor, solicitar justificativa técnica e, caso não esclarecida a diferença, apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.11 Procedimento 11 - Verificar a Existência de Meios-fios

Tarefa 1 - Conhecer o critério da norma

Consoante item 4.3.7 da norma ABNT (2012b), é vedado o emprego de meios fios cuja posição possa alterar a altura de impacto das lâminas da defesa. Já a ABNT (2016b) afirma que o meio-fio deve ser utilizado atrás de defensas metálicas ou no máximo no mesmo plano que a face da lâmina da defesa metálica. Para mais detalhes sobre a implantação de guias, inclusive os ditames da ABNT (2016b), sugere-se ler o item 3.4.3 deste trabalho.

Tarefa 2 - Averiguar posicionamento errado dos meios-fios

Caso o meio-fio esteja posicionado à frente da barreira ou em outra posição que altere o funcionamento ou altura da guia de deslizamento, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.1.4.12 Procedimento 12 - Verificar os Terminais das Defensas Metálicas

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de terminais

Como já mencionado na fundamentação teórica deste trabalho (subitem 3.2.6), dispositivos de contenção viária têm terminais de entrada e saída. Conforme item 6.1 da norma ABNT (2016b), os terminais de entrada podem ser:

a) terminal abatido (enterrado): terminal defletido de forma vertical e gradual até ser enterrado em profundidade regulamentada, permitindo uma adequada ancoragem da barreira

longitudinal; no Brasil, este tipo de terminal serve apenas para segmentos rodoviários com velocidade menor que 60 km/h e é composto por quatro módulos de defesa (cada uma com 4 m de comprimento, em um total de 16 m), sendo que sua extremidade é enterrada em 20 cm;

b) terminal absorvedor de impacto: tipo de terminal que, ao ser impactado frontalmente, absorve a energia cinética do veículo (Figuras A.21 e A.22 da ABNT, 2012b); podem ser de abertura ou de não abertura, conforme explicado no item 3.2.7 deste trabalho;

c) terminal ancorado em talude em aclave: terminal defletido horizontalmente, prosseguindo até o talude em aclave, onde é adequadamente ancorado (Figura A.23 da ABNT, 2012b); e

d) terminal defletido lateralmente: são aqueles terminais que não são paralelos à rodovia; em geral, terminais desse tipo são utilizados para afastar o começo ou final da barreira das proximidades da rodovia ou até mesmo da zona livre (Figuras A.24 e A.25 da ABNT, 2012b);

Já os terminais de saída, segundo a ABNT (2012b), devem receber:

- a) receber tratamento de terminal de entrada, caso possam ser impactados por veículos do sentido oposto; e
- b) podem ser terminais abatidos ou terminais aéreos, caso os terminais não possam ser impactados por veículo do sentido oposto.

Do exposto, constata-se que os terminais de entrada, por estarem no início da barreira e pela possibilidade de colisão frontal com o veículo, recebem um melhor tratamento do que os terminais de saída. Entre as opções disponíveis estão o abatimento, o dispositivo absorvedor de impacto, ancoragem em talude e a deflexão lateral. Essas opções já foram explicadas no Capítulo 3 desta monografia.

Por sua vez, os terminais de saída devem receber o mesmo tratamento quando estiverem em local no qual o fluxo contrário possa colidir diretamente com a barreira. É o caso da maioria das rodovias brasileiras de pista simples (mão-dupla) nas quais, em regra, a distância da zona livre do sentido oposto ultrapassa a posição projetada da barreira.

Tarefa 2 - Identificar a velocidade de projeto do trecho em análise

A velocidade de projeto do trecho pode ser encontrada no “Volume 1 - Relatório de Projeto”, em geral, no capítulo referente ao estudo de traçado ou ao projeto geométrico ou ainda no “Volume 2 - Projeto de Execução”.

Tarefa 3 - Verificar se o terminal implantado é o adequado para a velocidade de projeto

Verificar se o tipo de terminal implantado é adequado para a velocidade diretriz do trecho, considerando os aspectos mencionados na Tarefa 1 deste procedimento.

De acordo com a ABNT (2016b), se a defesa for iniciada dentro da zona livre, deve-se utilizar um terminal adequado para a velocidade de via. Nesse caso, apesar de a norma fazer referência a um terminal de não abertura (Figura A.24 da ABNT, 2012b), acredita-se ser possível a instalação de um terminal de abertura, desde que haja zona livre apropriada na faixa lateral.

Especial atenção deve ser dada ao terminal abatido. Apesar de ser destinado apenas para rodovias cuja velocidade de projeto é menor que 60 km/h, na prática, verifica-se o seu uso indiscriminado nas rodovias brasileiras.

Por último, especial atenção deve ser dada também ao uso de terminais aéreos no trecho final da barreira. Apesar de a norma permitir o seu uso em casos de impossibilidade de colisão, ainda assim, o seu uso deve ser evitado. E, obviamente, o terminal aéreo nunca deve ser utilizado em terminais de entrada, já que conforme norma, seu uso é previsto apenas para terminais de saída sem risco de serem impactados.

Tarefa 4 - Verificar o comprimento do terminal

Verificar o comprimento do terminal. Em geral, o terminal abatido deve ser composto por 4 módulos de 4 m cada, ou seja, um total de 16 m. Já os terminais absorvedores ou defletidos devem ser medidos e comparados com as especificações de projeto ou do fabricante.

Tarefa 5 - Verificar a ancoragem do terminal

Verificar se a ancoragem do terminal, seja ele abatido, defletido, ancorado em talude ou com absorvedor de impacto, está apropriada, conforme projeto e/ou especificações do fabricante.

Terminais abatidos têm que ser enterrados a 20 cm de profundidade, conforme Figuras A.17 a A.20 da ABNT (2012b).

4.1.4.13 Procedimento 13 - Verificar a Existência dos Balizadores (Elementos Refletivos)

Tarefa 1 - Verificar a existência e o quantitativo de balizadores no orçamento

De acordo com o item 4.3.11 da ABNT (2012b), os balizadores ou elementos refletivos devem ser utilizados em espaçamentos de 16 m para trechos em tangente e a cada 4 m em curvas acentuadas com raio menor de 60 m. Logo, verificar o espaçamento e colocação desses dispositivos. Caso não existam, solicitar esclarecimentos quanto à ausência de balizadores e apontar o indício de irregularidade.

4.2 ROTEIRO DE AUDITORIA DE BARREIRAS DE CONCRETO

4.2.1 Conceito de Barreiras Rígidas em Concreto

De acordo com a ABNT (2016a), barreiras de concreto são sistemas de proteção, rígidos e contínuos, implantados ao longo da rodovia, com forma e dimensões capazes de fazer com que veículos desgovernados sejam reconduzidos à pista, com desacelerações suportáveis pelo corpo humano e com os menores danos possíveis ao veículo e à própria barreira.

As barreiras rígidas em concreto, ao contrário das defensas metálicas, permitem pouca ou quase nenhuma deformação, já que são, basicamente, um muro de concreto reforçado (ou não) com aço. No entanto, cumprem a sua função, ao dissipar a energia de impacto pelo redirecionamento e deformação do próprio veículo, tudo graças ao formato do perfil e da altura da própria barreira.

Apesar de possuir diferentes perfis, o funcionamento de todas as barreiras rígidas é similar. A parte da barreira que recebe o impacto do veículo é chamada de superfície de deslizamento e,

em geral, é composta por três planos: guia, rampa e mureta. Cada um desses planos será tratado a seguir, conforme PEREIRA et al. (2007):

A guia é o primeiro plano de redirecionamento dos veículos. É um plano vertical rente ao chão e com altura variável (nas barreiras mais comuns, de 75 mm), cuja função é fazer os veículos retornem a pista em caso de pequenos impactos. Além disso, esses 75 mm de altura também podem ser utilizados para a aplicação de novas camadas de pavimento.

A rampa é o segundo plano da barreira. Em geral, é um plano inclinado a 55° com a horizontal e possui altura variável (dependendo do modelo da barreira, entre 180 e 250 mm). Sua função é diminuir a energia cinética do veículo, por meio da elevação do seu centro de gravidade.

O terceiro e último plano é a mureta. Como o próprio nome diz, é um plano quase vertical, com inclinação em torno de 85° com a horizontal e altura variável. É o último e mais energético elemento de redirecionamento, impedindo que os veículos desgovernados cruzem a barreira.

4.2.2 Normas Técnicas de Barreiras Rígidas em Concreto

As principais normas técnicas que regulam o projeto e execução de barreiras rígidas em concreto estão dispostas na Tabela 4.4 a seguir:

Tabela 4.4 – Relação das Normas Vigentes sobre Barreira Rígida

Entidade	Número	Ano	Nome da Norma
ABNT	14885	2016	Segurança no Tráfego - Barreiras de Concreto
ABNT	15486	2016	Segurança no Tráfego - Dispositivos de Contenção Viária
DNIT	109	2009	PRO - Segurança no Tráfego - Projeto de Barreiras de Concreto
DNIT	110	2009	ES - Segurança no Tráfego - Execução de Barreiras de Concreto

Fonte: sítio do IPR e da ABNT

Como era de se esperar, as principais normas que regulam o assunto foram elaboradas pela ABNT e pelo DNIT, sendo que as normas da ABNT (publicadas em 2016) são mais recentes que as do DNIT (publicadas em 2009).

Além de serem mais recentes, há aviso veiculado no sítio do Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR (em <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas>, visitado em 8/2/2018) comunicando a suspensão das normas DNIT 109/2009-PRO e DNIT 110/2009-ES, em virtude da publicação da norma NBR 15486:2016 (ABNT, 2016b).

4.2.3 Fase de Planejamento/Análise de Projeto

4.2.3.1 Procedimento 1 - Averiguar a Norma Utilizada pelo Projeto

Tarefa 1 - Verificar a norma prevista em projeto para especificar as barreiras em concreto

Essa informação pode ser encontrada no corpo do “Volume 1 - Relatório do Projeto” ou no orçamento ou composições de custos do “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Em casos reais, constata-se que a norma referenciada pelo projeto, na maioria das vezes, é a Especificação de Serviço (ES) DNIT 110/2009, que, conforme informações citadas no item anterior, se encontra suspensa até sua atualização. Logo, neste trabalho, usar-se-ão as normas NBR 14885:2016 (ABNT, 2016a) e NBR 15486:2016 (ABNT, 2016b) como referências técnicas principais.

Tarefa 2 - Averiguar qual norma será utilizada para a fabricação e implantação das defensas metálicas

Tendo em vista a suspensão da norma DNIT (2009b), sugere-se ao auditor averiguar qual norma foi utilizada para fabricação e implantação das barreiras de concreto rígido. Atualmente, as normas que regulam o assunto são a “ABNT NBR 14885:2016 - Segurança no Tráfego - Barreiras de Concreto” (ABNT, 2016a) e a “ABNT NBR 15486:2016 - Segurança no Tráfego - Dispositivos de Contenção Viária - Diretrizes de Projeto e Ensaios de Impacto” (ABNT, 2016b).

4.2.3.2 Procedimento 2 - Verificar o Modelo de Barreira Rígida em Concreto

Tarefa 1 - Verificar o modelo de barreira rígida prevista em projeto

Verificar o modelo de barreira rígida a ser implantada na obra, conforme informações do “Volume 1 - Relatório do Projeto” ou composição de custos no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Tarefa 2 - Conhecer a evolução da NBR 14885

A versão anterior da NBR 14885:2004 (ABNT, 2004) normatizava apenas dois modelos de barreiras rígidas: a barreira em perfil New Jersey e a barreira em perfil “Tipo F”.

A ABNT (2004), no entanto, já previa a possibilidade de se implantar diferentes modelos de barreiras rígidas, desde que elas suportassem uma carga de 200 kN e fossem projetadas de acordo com as disposições da ABNT NBR 6118.

No que se refere à armadura, a ABNT (2004) informava apenas que, caso a barreira fosse de concreto armado, ela deveria ser calculada conforme as solicitações previstas naquela norma e conforme as disposições da ABNT NBR 6118. Inclusive, a ABNT (2004) não apresentava qualquer detalhe acerca das armaduras dos dois modelos normatizados.

A ABNT (2016a) continua prevendo a possibilidade de se dimensionar barreiras pela ABNT NBR 6118, mas normatizou novos modelos de barreiras, exibindo inclusive a armadura desses modelos, os quais serão apresentados na tarefa a seguir.

Tarefa 3 - Conhecer os modelos de barreiras rígidas previstos atualmente em norma

Conforme norma ABNT (2016a), as barreiras rígidas em concreto podem ser classificadas conforme a quantidade e o formato geométrico das superfícies de deslizamento. Quanto à quantidade de superfícies de deslizamento, as barreiras podem ser:

a) simples: quando há superfície de deslizamento em apenas um de seus lados; geralmente utilizada nos bordos externos de pistas e obras-de-arte especiais ou ainda em canteiros centrais que necessitem de proteção para apenas uma das pistas; e

b) dupla: quando há superfícies de deslizamento em ambos os lados; em geral, é utilizada no canteiro central de pistas duplas ou como separadoras de fluxos.

Quanto ao formato ou perfil da superfície de deslizamento, a norma ABNT (2016a) inovou ao normatizar alguns outros modelos de barreiras rígidas, além dos perfis *New Jersey* e de perfil “Tipo F” já previstos na ABNT (2004). Abaixo, seguem os modelos normatizados pela ABNT (2016a), sejam elas simples ou duplas:

a) perfil *New Jersey* (NJ): é o modelo mais comum, amplamente usado no Brasil e no mundo; sua superfície de deslizamento é composta por guia ($h = 75$ mm), rampa (plano inclinado a 55° e com altura de 255 mm) e mureta (plano quase vertical com 84° e com altura variável); possui nível de contenção TL4 ou TL5, dependendo de sua altura; para mais detalhes, verificar Figuras A.1 e A.2 do Anexo A;

b) perfil Tipo F: modelo similar e com os mesmos elementos do perfil *New Jersey*; no entanto, foi desenvolvido para substituí-lo, já que o perfil NJ possui rampa que, em determinadas situações, poderia provocar o capotamento de veículos, especialmente os mais leves; logo, em vez de uma rampa com 255 mm, o perfil “Tipo F” possui rampa de 180 mm; possui nível de contenção TL4 ou TL5, dependendo de sua altura; para mais detalhes, verificar Figuras A.3 e A.4 do Anexo A;

c) perfil Ontário *Tall Wall* (muro alto): modelo de barreira com perfil semelhante ao de uma NJ; entretanto, diferente da NJ, ele não é armada, sua guia é enterrada e possui apenas a altura de 1070 mm; nível de contenção TL-5; para mais detalhes, verificar figura A.5 do Anexo A;

d) perfil Texas *Single*: modelo de plano único, desenvolvido no Texas e com inclinação constante de $10,8^\circ$; nível de contenção TL-4 e TL-5; verificar Figuras A.6 e A.7 do Anexo A; e

e) perfil *Slope Califórnia*: modelo de plano único, desenvolvido no Texas e com inclinação constante de $9,1^\circ$; nível de contenção TL-4 e TL-5; verificar Figuras A.6 e A.7 do Anexo A.

Esses modelos, de domínio público, já foram ensaiados pela *Federal Highway Administration* (FHWA), conforme os parâmetros da NCHRP 350 e MASH, e foram aprovados para os respectivos níveis de contenção.

Na literatura técnica de outros países, vê-se o uso crescente de barreiras rígidas com perfil “Tipo F” ou *F-Shape*, cuja vantagem, em relação ao perfil *New Jersey*, seria diminuir a possibilidade de capotamento do veículo desgovernado (AASHTO, 2011).

Por último, importante que, pela primeira vez, a ABNT (2016b) traz os níveis de contenção para cada um dos modelos normatizados de barreiras.

Tarefa 4 - Comparar o modelo do projeto com os modelos de barreira previstos em norma

Comparar o modelo encontrado na Tarefa 1 com os modelos existentes em norma e conhecidos na Tarefa 2. Caso o modelo de projeto não seja um dos citados na Tarefa 2, seguir para a Tarefa 5.

Tarefa 5 - Solicitar a carta/certificado de aprovação se a defesa metálica não corresponder a nenhum dos modelos em norma

Em seu item 4.1, a norma ABNT (2016a) informa que outros tipos de barreiras rígidas, sejam elas simples, armadas ou protendidas, poderão ser utilizados, desde que atendam a normas internacionais, notadamente as normas NCRHP 350/MASH e as normas europeias EN 1317-2.

De maneira similar, a norma ABNT NBR (2016b) informa, em sua introdução, que os dispositivos de contenção devem ter carta/certificado de aprovação emitido por órgão competente, mediante ensaios conforme normas EN 1317, NCHRP 350 ou MASH.

Logo, independente da norma referenciada, em casos de dispositivos que não correspondam aos modelos aprovados em norma, deve-se solicitar a carta/certificado de aprovação da barreira rígida.

4.2.3.3 Procedimento 3 - Avaliar os Custos Unitários Previstos em Projeto

Tarefa 1 - Buscar a referência de custo do projeto

Buscar referência de custos do projeto no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”. Em geral, o sistema de custos utilizado é o Sicro. Nesse caso, deve-se procurar o estado/região e a data de referência do projeto.

Tarefa 2 - Conhecer as composições de custo do Sicro

Utilizando o Sicro de março de 2017 para Minas Gerais, escolhido aleatoriamente como referência, foram identificadas as seguintes composições de custos de serviços de barreiras rígidas, relacionadas na Tabela 4.5 a seguir.

Tabela 4.5 – Composições de Custo do Sicro Barreiras Rígidas

Código Sicro	Discriminação - Barreira de Concreto	Unid.	Custo Unitário (R\$)
3713617	simples, não armada, moldada no local (NJ*) - H = 810 + 100 mm	m	95,02
3713619	dupla, não armada, moldada no local (NJ) - H = 810 + 100 mm	m	116,93
3713621	simples, armada, moldada no local (NJ) - H = 810 + 100 mm	m	186,32
3713623	dupla, armada, moldada no local (NJ) - H = 810 + 100 mm	m	357,33
3713826	simples, não armada, moldada no local, extrusora (NJ) - H = 810 + 100 mm	m	72,40
3713827	dupla, não armada, moldada no local, extrusora (NJ) - H = 810 + 100 mm	m	93,04
3713828	dupla, armada, pré-moldada (NJ) - L = 3,82 m e H = 810 mm	m	450,18
3719529	simples, armada, pré-moldada (NJ) - L > 3,00 m e $810 \leq H \leq 1.070$ mm	m	464,79
3719530	dupla, armada, pré-moldada (NJ) - L > 3,00 m e $810 \leq H \leq 1.070$ mm	m	547,26

Fonte: Relatório Analítico de Composições de Custos Sicro MG mar/17 (*NJ significa Perfil *New Jersey*)

Por meio da Tabela 4.5, constata-se que o custo das composições unitárias do Sicro varia conforme o número de superfícies de deslizamento (simples ou duplas), método de execução (moldada *in loco*, moldada *in loco* com extrusora e pré-moldada), presença ou não de armadura e altura da barreira.

Constata-se também que o Sicro (também conhecido por “novo Sicro” ou “Sicro 3”) possui composições de custos apenas para barreiras do perfil *New Jersey* (a mais utilizada no Brasil), não possuindo referências para os outros modelos, tais como o perfil “Tipo F”. A falta de referência para outros modelos pode acarretar a necessidade de se elaborar composição de referência utilizando os custos do Sicro ou ainda a necessidade de se procurar outros sistemas de custos.

Tarefa 3 - Comparar os custos unitários de projeto com os do Sicro

Comparar as composições de custo de projeto (obtidas segundo a Tarefa 1 do subitem 4.2.3.2) com as composições de custo do Sicro com data base correspondente. Caso não haja composição de referência, o auditor pode elaborar composição de referência utilizando os custos do Sicro ou ainda buscar referência em outros sistemas.

Analisar produtividade do serviço, custos de equipamento, mão de obra e materiais e incluir custos de transporte, se houver. Caso haja diferença, estimá-la e solicitar justificativa técnica. Caso não esclarecida, apontar a irregularidade.

4.2.3.4 Procedimento 4 - Verificar os Quantitativos Previstos em Projeto

Tarefa 1 - Identificar os quantitativos previstos em projeto

Os quantitativos previstos em projeto podem ser encontrados no orçamento do “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Tarefa 2 - Localizar as barreiras previstas em projeto

A localização das barreiras previstas em projeto pode ser encontrada nas notas de serviço do “Volume 2 - Projeto de Execução” ou no “Volume 3 - Memória Justificativa” do projeto padrão do DNIT.

Tarefa 3 - Comparar os quantitativos do orçamento com as notas de serviço

Comparar a quantidade prevista no orçamento com as notas de serviço existentes no “Volume 2 - Projeto de Execução” ou “Volume 3 - Memória Justificativa”.

Além disso, é possível estimar o comprimento das barreiras pelo tabuleiro das obras-de-arte especiais ou pelo comprimento do canteiro central, em caso de rodovias de pista dupla separadas por barreiras rígidas.

De maneira semelhante, para se ter uma ordem de grandeza da quantitativo previsto em projeto, pode-se dividir os quantitativos do orçamento pela extensão da rodovia. Esse procedimento é

especialmente útil em rodovias de pista dupla ou múltipla com restrição de faixa de domínio, nas quais, o emprego de barreiras rígidas é extensivo.

Caso haja diferença significativa em algum dos procedimentos descritos, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.2.3.5 Procedimento 5 - Selecionar Trechos com Barreiras para Avaliação *in situ*

Tarefa 1 - Procurar a localização das barreiras em concreto

Verificar a localização das barreiras rígidas em concreto a serem instaladas no “Volume 2 - Projeto de Execução” ou no “Volume 3 - Memória Justificativa” ou aquelas já instaladas, conforme medições realizadas, de modo a poder selecionar os trechos que serão inspecionados.

Tarefa 2 - Selecionar trechos de barreias para avaliação *in situ*

Selecionar trechos de barreiras rígidas em bordos externos (provável barreira simples) e em canteiro central (provável barreira dupla), em aterros altos e, especialmente, próximos aos encontros de pontes e viadutos.

4.2.3.6 Procedimento 6 - Avaliar a Utilização da Barreira em Função do Talude

Utilizar o mesmo procedimento m 4.1.3.6 desta monografia.

4.2.3.7 Procedimento 7 - Verificar o Quantitativo Projetado de Balizadores

O item 4.3.9 da ABNT (2016a) estabelece os mesmos parâmetros da ABNT (2012b) para a sinalização das barreiras. Logo, pode-se utilizar o mesmo procedimento 4.1.3.7 desta monografia.

4.2.4 Fase de Execução de Auditoria

4.2.4.1 Procedimento 1 - Programar Inspeção aos Trechos Selecionados

Tarefa 1 - Elaborar plano para inspecionar trechos selecionados na fase de planejamento

De posse dos trechos selecionados na fase de planejamento, elaborar plano de inspeção à rodovia, discriminando quantidade, modelo e localização de cada uma das barreiras rígidas em concreto selecionadas.

Tarefa 2 - Inspecionar trechos selecionados na fase de planejamento

Inspeccionar os locais que, conforme projeto ou medições realizadas, as barreiras rígidas seriam/foram implantadas. Caso elas não sejam encontradas nos locais projetados, solicitar esclarecimentos e, caso eles não sejam suficientes, elaborar relatório apontando o indicio de irregularidade. Caso elas sejam encontradas, avaliar os elementos que a compõem, conforme procedimentos a seguir.

4.2.4.2 Procedimento 2 - Determinar o Modelo de Barreira Rígida Implantada

Tarefa 1 - Identificar a barreira rígida implantada

De maneira semelhante ao descrito no procedimento 4.2.3.2 da fase de planejamento, identificar a barreira rígida implantada comparando-a aos modelos apresentados em norma: *New Jersey*, tipo F, Ontário *Tall Wall*, Texas *Single e Slope* Califórnia. Além disso, cada um desses modelos pode ter superfície de deslizamento simples ou dupla. Para mais detalhes, utilizar as Figuras de A.1 a A.7 da norma ABNT (2016a).

Tarefa 2 - Determinar se o modelo é o mesmo previsto em projeto

Após identificar a barreira rígida implantada, comparar o seu modelo ao previsto em projeto. Caso o modelo não seja o mesmo, solicitar justificativa técnica e, caso não sanado, apontar o indicio de irregularidade.

Tarefa 3 - Verificar as dimensões da barreira implantada

Verificar as dimensões da barreira e comparar com as de projeto e da norma. Especial atenção deve ser dada aos elementos de guia, rampa e mureta e à altura da própria barreira. Em caso de divergência, solicitar justificativa técnica e apontar o indício de irregularidade.

Tarefa 4 - Solicitar carta/certificado de aprovação de órgão competente

De maneira similar à Tarefa 5 do subitem 4.2.3.2, caso a barreira rígida implantada não corresponda a nenhum dos modelos presentes na ABNT (2016a), solicitar a carta/certificado de aprovação de órgão competente.

Caso a barreira não corresponda a nenhum dos tipos padronizados na norma e caso não haja certificado de aprovação, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

Caso a barreira rígida não corresponda a nenhum dos tipos padronizados, mas possua carta/certificado de aprovação, os próximos procedimentos podem servir de base para conduzir a inspeção, mas em vez de se buscar referências da norma ABNT (2016a), deve-se utilizar os padrões do fabricante da barreira.

4.2.4.3 Procedimento 3 - Avaliar o Método de Execução da Barreira

Tarefa 1 - Conhecer os métodos de execução previstos em norma

Conforme item 4.4.2 da norma ABNT (2016a), as barreiras rígidas em concreto podem ser executadas por um dos seguintes métodos:

- a) moldagem *in loco* com forma fixa: método de execução mais tradicional, utilizando formas fixas afixadas no solo e vibradores de imersão;
- b) moldagem *in loco* com formas deslizantes: moldagem realizada com auxílio de equipamento extrusor, cujas formas deslizam conforme o avanço do serviço; deve-se utilizar vibrador com no mínimo dez mil rotações por minuto; e
- c) pré-moldagem: barreiras pré-fabricadas e transportadas até o local de implantação; geralmente, o controle de qualidade é melhor do que as moldadas *in loco*; segundo a norma

DNIT (2009a), o comprimento mínimo de barreiras pré-moldadas é de 3 m; além disso, deve haver solidarização entre peças.

Tarefa 2 - Conferir, se possível, o método de execução da barreira

Procedimento importante, tendo em vista que o custo unitário do serviço varia conforme o método de execução. O projeto pode prever método mais caro do que o executado na rodovia.

Esse procedimento pode ser realizado por inspeção visual no momento da execução das barreiras rígidas. Alternativamente, pode se determinar o método de execução das barreiras por meio de conferência do relatório fotográfico das medições. Caso o método de execução diverja do previsto em projeto, estimar a diferença no preço total do serviço, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.4 Procedimento 4 - Verificar a Resistência do Concreto

Tarefa 1 - Conhecer a resistência mínima do concreto

Conforme item 4.4.1 da ABNT (2016a), o concreto das barreiras rígidas deve possuir resistência à compressão simples (f_{ck}), medida aos 28 dias, correspondente ao modelo executado, sendo a resistência mínima aceitável igual a 25 MPa.

Tarefa 2 - Verificar a resistência prevista em projeto

A resistência do concreto prevista em projeto pode ser verificada no detalhamento do dispositivo de contenção apresentado no “Volume 2 - Projeto de Execução” ou nas composições de custos unitários existentes no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”.

Tarefa 3 - Verificar a resistência da barreira implantada

Verificar os resultados do controle tecnológico do concreto, em especial o ensaio de compressão de corpos de prova com amostra do concreto a ser empregado na fabricação das barreiras. Alternativamente, analisar os ensaios de controle da resistência já executados. Para ambos os

procedimentos, caso a resistência seja menor que os 25 MPa exigidos em norma, solicitar justificativa técnica e apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.5 Procedimento 5 - Verificar a Existência da Armadura Prevista em Projeto

Tarefa 1 - Conhecer o critério previsto em norma

Segundo o item 4.4.4 da norma ABNT (2016a), a armadura deve ser dimensionada de acordo com o nível de contenção desejado para o dispositivo. Em geral, por se tratarem de dispositivos ensaiados e aprovados para determinado nível de contenção, a armadura necessária já está prevista na própria ABNT (2016a) ou nas especificações do fabricante.

A armadura para cada um dos modelos previstos na ABNT (2016a) está disposta nas Figuras de A.1 até a A.7, sendo que algumas dessas figuras apresentam, inclusive, armaduras para terminais de entrada e saída e armaduras para fundação/ancoragem da barreira.

Alternativamente, pode-se dimensionar a armadura utilizando a norma NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto, considerando as cargas de impacto dos níveis de contenção requeridos pela ABNT (2016b).

Tarefa 2 - Averiguar em projeto ou em norma a armadura da barreira rígida

Averiguar no “Volume 1 - Relatório de Projeto” ou no detalhamento do “Volume 2 - Projeto de Execução” as informações acerca da armadura da barreira, avaliando, primeiramente, se ela é simples, armada ou protendida.

Comparar o detalhamento de projeto com o detalhamento dos modelos de barreiras rígidas previstos na norma ABNT (2016a). Caso eles não sejam os mesmos, solicitar esclarecimentos ao projetista ou ao executor da obra.

Tarefa 3 - Verificar a armação da barreira

Comparar a armadura executada com a prevista em projeto ou em norma. Em caso de divergência, solicitar justificativa técnica. Caso os esclarecimentos não sejam suficientes, estimar o dano e apontar o indício de irregularidade. Em casos reais, o dano financeiro pode

não ser significativo, mas a queda no desempenho e nível de contenção da barreira será. Há casos em que se deve propor a demolição e uma nova execução do serviço.

4.2.4.6 Procedimento 6 - Verificar a Solidarização das Peças Pré-Moldadas

Tarefa 1 - Conhecer o critério previsto em norma

A norma DNIT 2009a (suspensa) estabelece o comprimento mínimo de 3 m para barreiras pré-moldadas. Apesar de não citar comprimento mínimo, a ABNT (2016a) informa, em seu item 4.3.1, que as peças das barreiras pré-moldadas devem ser dotadas de dispositivos de transferência dos esforços transversais decorrentes de impactos laterais.

Tarefa 2 - Verificar a existência de dispositivos de transferência de esforços transversais

Caso as barreiras sejam pré-moldadas, verificar a existência de dispositivos de transferência de esforços transversais ligando cada uma delas. Caso contrário, solicitar esclarecimentos e justificativas técnicas e, caso não elidido, apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.7 Procedimento 7 - Verificar o Afastamento Lateral e Distância até o Talude

Tarefa 1 - Conhecer os valores mínimos do afastamento lateral e da distância até o talude

Em seu item 4.3.3.1, a ABNT (2016a) trata apenas do afastamento lateral da barreira em canteiro central. Segundo essa norma, entre a face da barreira e a faixa de rolamento, deve haver um afastamento lateral de no mínimo 1 m, admitindo-se excepcionalmente o mínimo de 0,5 m.

Por sua vez, a norma ABNT (2016b) trata do afastamento lateral e da distância até o talude para todos os dispositivos de contenção. O item 5.4.3 dessa norma estabelece que entre o dispositivo e a linha de bordo da faixa de rolamento deve haver um afastamento lateral mínimo de 1 m, admitindo-se, em casos excepcionais, o mínimo de 0,5 m para rodovias rurais e o mínimo de 0,3 m para trechos urbanos. Já a distância até o talude deve ser de no mínimo 0,5 m até a crista do talude.

Tarefa 2 - Medir as distâncias do afastamento lateral e da distância até o talude

Medir as distâncias do afastamento lateral e da distância até o talude. Caso haja diferenças a menor, solicitar justificativas técnicas para essa diferença e, caso não elidido, apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.8 Procedimento 8 - Verificar a Existência de Meios-Fios

Tarefa 1 - Conhecer o critério da norma

Consoante item 4.3.3.4 da norma ABNT (2016a), é vedado o emprego de meio fio entre a borda do pavimento e a barreira. De maneira similar, a ABNT (2016b) afirma que guias não podem ser utilizadas em frente de barreiras de concreto. Para mais detalhes sobre a implantação de guias, sugere-se ler o item 3.4.3 deste trabalho.

Tarefa 2 - Averiguar posicionamento errado dos meios-fios

Caso o meio-fio esteja posicionado à frente da barreira ou em outra posição que altere seu o funcionamento, solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.9 Procedimento 9 - Verificar a Posição e Largura dos Passeios

Tarefa 1 - Conhecer o critério da norma

O passeio é uma faixa de largura que existe sobre o tabuleiro de algumas obras-de-arte especiais e cujo objetivo é permitir o trânsito de pedestres. Consoante item 4.3.3.5 da norma ABNT (2016a), o passeio deve ser instalado além da barreira, para que esta possa proteger os pedestres circulando sobre ele, conforme Figura B.3 daquela norma. Além disso, nos casos de o passeio ser no topo de uma barreira, ele deverá ser protegido com um guarda-corpo.

Segundo o Capítulo 6.12 - Circulação Externa da NBR 9050:2015, que trata da Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, a faixa livre ou passeio, que se destina exclusivamente à circulação de pedestres e deve ser livre de qualquer obstáculo, deve ter no mínimo 1,20 m de largura.

Além dessa norma, o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais (Publicação IPR-698, 1996) determina que as larguras mínimas recomendáveis para passeios laterais são de 1,50 m para passeios predominantemente de pedestres e de 3,00 m para passeios e ciclovias, em conjunto.

Tarefa 2 - Averiguar largura e posicionamento dos passeios

Caso a posição e largura do passeio não correspondam a um dos critérios mencionados acima, solicitar esclarecimentos e justificativas técnicas e, caso não elidido, apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.10 Procedimento 10 - Verificar a Fundação/Ancoragem das Barreiras Rígidas

Tarefa 1 - Conhecer o critério da norma

Conforme item 4.4.5 da ABNT (2016a), a ancoragem das barreiras deve ser compatível com o método de execução e de acordo com o nível de contenção projetado, podendo ser obtida por meio de:

- a) fundação direta fresada: fresa-se o pavimento na espessura especificada para o modelo da barreira; para mais detalhes, conferir figura B.5 da norma;
- b) fundação direta apoiada: constrói-se uma base de apoio e ancoragem para a barreira; e
- c) fundação especial: dimensionada para situações que requeiram tratamento adequado para solos instáveis ou situações especiais exigidas pelo fabricante do modelo.

A fundação direta fresada é a mais comum e a utilizada na grande maioria das situações e modelos de barreiras. As Figuras de A.1 até A.7 apresentam algumas especificações para as fundações de cada um dos modelos da norma, enquanto a figura B.5 apresenta dois métodos de execução da fundação: pelo prolongamento da barreira ou pela criação de uma base em concreto magro.

Em obras-de-arte especiais, é comum se utilizar uma fundação direta apoiada, com a criação de um apoio no tabuleiro para a posterior instalação da barreira, conforme figura 5 do Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais (Publicação IPR-698, 1996).

Tarefa 2 - Verificar a Existência e Características da Fundação

Se a execução das barreiras rígidas estiver em andamento, verificar a execução da fundação desses dispositivos. Verificar profundidade, armação e concretagem das fundações. Verificar também o apoio das barreiras rígidas em obras-de-arte especiais.

Caso não exista fundação ou ela não esteja apropriadamente executada, solicitar esclarecimentos e justificativas técnicas e, caso não elidido, apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.11 Procedimento 11 - Verificar os Terminais das Barreiras Rígidas

Tarefa 1 - Conhecer os tipos de terminais

Como já mencionado na fundamentação teórica deste trabalho (subitem 3.2.6), dispositivos de contenção viária têm terminais de entrada e saída. Conforme item 4.3.6.1 da norma ABNT (2016a), os terminais de entrada podem ser:

- a) terminal abatido: terminal defletido de forma vertical e gradual, em um ângulo de $15^\circ \pm 2^\circ$ em relação à horizontal, partindo da altura da guia até a altura normal da barreira; deve ser empregado apenas para velocidades menores que 60 km/h;
- b) terminal absorvedor de impacto: tipo de terminal que, ao ser impactado frontalmente, absorve a energia cinética do veículo; podem ser de abertura ou de não abertura, conforme explicado no subitem 3.2.7 deste trabalho;
- c) atenuador de impacto instalado e acoplado à barreira;
- d) terminal ancorado em talude em aclave: terminal defletido horizontalmente, prosseguindo até o talude em aclave, onde é adequadamente ancorado; e
- e) terminal defletido lateralmente: são aqueles terminais que não são paralelos à rodovia; em geral, terminais desse tipo são utilizados para afastar o começo ou final da barreira das proximidades da rodovia ou até mesmo da zona livre;

Já os terminais de saída, segundo a ABNT (2016a):

- a) devem receber um dos tratamentos previstos nas letras de “b” a “d” dos terminais de entrada, caso possam ser impactados por veículos do sentido oposto; e

b) podem ser terminais abatidos ou terminais de face vertical, caso os terminais não possam ser impactados por veículo do sentido oposto.

Do exposto, constata-se que os terminais de entrada, por estarem no início da barreira e pela possibilidade de colisão frontal com o veículo, recebem um melhor tratamento do que os terminais de saída. Entre as opções disponíveis estão o abatimento, dispositivos absorvedor ou atenuador de impacto, ancoragem em talude e a deflexão lateral. Essas opções já foram explicadas no Capítulo 3 desta monografia.

Por sua vez, os terminais de saída devem receber o mesmo tratamento quando estiverem em local no qual o fluxo contrário possa colidir diretamente com a barreira. É o caso da maioria das rodovias brasileiras de pista simples (mão-dupla) nas quais, em regra, a distância da zona livre do sentido oposto ultrapassa a posição projetada da barreira.

O Sicro também inovou ao adicionar composições de custos de amortecedores retráteis TAU-II (vide Figura 3.8 deste trabalho). Esses amortecedores retráteis são terminais de não-abertura e absorvedores de impacto e sua configuração varia conforme local de implantação e velocidade diretriz de projeto.

Tarefa 2 - Identificar a velocidade diretriz de projeto

A velocidade diretriz pode ser encontrada no “Volume 1 - Relatório de Projeto”, em geral, no capítulo referente a estudo de traçado ou ao projeto geométrico.

Tarefa 3 - Verificar se o terminal implantado é o adequado para a velocidade de projeto

Verificar se o tipo de terminal implantado é adequado para a velocidade diretriz, considerando os aspectos mencionados na Tarefa 1 deste procedimento.

Especial atenção deve ser dada ao terminal abatido, já que ele é indicado apenas para segmentos de rodovia cuja velocidade de projeto é menor que 60 km/h. Em geral, essa transição vertical não é muito aplicada no Brasil, sendo mais comum o emprego de transição com defensas metálicas.

Tarefa 4 - Verificar a ancoragem do terminal

Verificar se a ancoragem do terminal, seja ele abatido, defletido, ancorado em talude ou com absorvedor de impacto, está apropriada, conforme projeto e/ou especificações do fabricante. Caso não esteja, solicitar esclarecimentos e justificativas técnicas e, caso não elidido, apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.12 Procedimento 12 - Verificar a Transição entre Sistemas de Proteção

Tarefa 1 - Conhecer os métodos de transição

Como já explicado no subitem 3.4.6 deste trabalho, o objetivo de uma transição é permitir a alteração gradual da rigidez entre diferentes sistemas de proteção, promovendo a adequada união entre os dispositivos de contenção, sem qualquer descontinuidade na proteção ao usuário.

Conforme item 5.8 da ABNT (2016b), uma transição pode ser obtida pela redução do espaçamento entre postes; pelo aumento do tamanho dos postes; pela implantação de defensas com uma ou mais lâminas sobrepostas; pela adição de mais uma lâmina no corpo da defesa; ou por uma combinação dessas opções.

Além desses métodos, o item 4.2.9 da ABNT (2012b) prevê que a transição também pode ser feita pela implantação de lâminas tripla onda (Figuras A.27 até A.30 daquela norma).

Tarefa 2 - Verificar a transição e conexão previstas em projeto

As transições entre barreira rígida e defesa metálica previstas em projeto podem ser verificadas nos detalhamentos dos dispositivos de contenção apresentados no “Volume 2 - Projeto de Execução”.

De maneira análoga, caso seja prevista transição em projeto, é bem provável que exista composição de custo unitário específica para esse serviço no “Volume 4 - Orçamento e Plano de Execução da Obra do Relatório Final”. O Sicro possui a composição (código 3713873) “módulo de transição de defesa metálica para barreira rígida - fornecimento e implantação” para esse serviço.

Caso o projeto preveja a implantação de barreiras rígidas, especialmente em encontros de pontes e viadutos, mas não haja previsão de transição, é bem provável que o projeto seja deficiente. Nesse caso, deve-se solicitar esclarecimentos ao projetista.

Tarefa 3 - Comparar a transição prevista em projeto com a implantada

Averiguar a existência e comparar a transição prevista em projeto com a implantada, avaliando os métodos empregados, tais como a redução do espaçamento entre postes. Caso a transição não exista ou não seja igual à prevista em projeto, solicitar justificativa técnica e apontar o indício de irregularidade.

Tarefa 4 - Verificar a conexão entre os sistemas de proteção

O item 4.2.10 da ABNT (2012b) prevê que a conexão entre os sistemas de proteção deve ser feita por peça de conexão tipo “D”, para defesa dupla onda, e peça de conexão tipo “E”, para defesa tripla onda. Para mais detalhes dessas peças, visualizar Figuras A.31 e A.32 daquela norma.

A falta de conexão entre dispositivos de contenção é uma das falhas mais comuns encontradas nas rodovias brasileiras. Logo, deve-se avaliar a existência das placas de fixação em projeto e na implantação da transição entre barreiras rígidas e defensas metálicas. Caso a conexão seja prevista em projeto, mas não executada, deve-se solicitar esclarecimentos e apontar o indício de irregularidade.

4.2.4.13 Procedimento 13 - Verificar a Existência dos Balizadores (Elementos Refletivos)

Tarefa 1 - Verificar a existência e o quantitativo de balizadores no orçamento

De acordo com o item 4.3.9 da ABNT (2016a), os balizadores ou elementos refletivos devem ser utilizados em espaçamentos de 16 m para trechos em tangente e a cada 4 m em curvas acentuadas com raio menor de 60 m. Logo, verificar o espaçamento e colocação desses dispositivos. Caso não existam, deve-se solicitar esclarecimentos e, caso não sanado, apontar o indício de irregularidade.

5 CONCLUSÃO

Se bem projetados e implantados, dispositivos de contenção viária desempenham papel fundamental na segurança das rodovias, evitando que veículos desgovernados saiam da pista e provoquem acidentes com graves consequências para motorista, passageiros e pedestres.

Esse papel fundamental, no entanto, pode não ser corretamente desempenhado se os dispositivos não forem bem projetados e implantados. Dispositivos mal executados, utilizando modelos, componentes e peças inferiores às previstas em projeto e em norma podem comprometer a eficiência dos sistemas de proteção.

Uma característica que dificulta o correto funcionamento desses dispositivos é a própria complexidade das normas que regulam o seu projeto e implantação. A complexidade é tamanha que, até mesmo, o trabalho de fiscais e auditores fica prejudicado se eles não souberem em detalhes os normativos e os diversos tipos, modelos, terminais, transições e conexões existentes.

Pelo exposto aqui e na apresentação deste trabalho, fica clara a dificuldade pela qual passam auditores do TCU e fiscais de outros órgãos para fiscalizar efetivamente os dispositivos de contenção viária. Essa dificuldade culminou no problema central desta monografia, que era responder a seguinte questão: há maneira de facilitar a fiscalização de dispositivos de contenção viária?

Responder essa questão norteou a elaboração desta monografia, desde o seu princípio.

No Capítulo 2 deste trabalho foram apresentados os primeiros conceitos acerca do assunto. Entorno tolerante e distância de zona livre, mais que simples conceitos, são, na verdade, princípios basilares para qualquer projeto de rodovia. São princípios que envolvem quase que uma filosofia direcionada a tornar o desenho geométrico da rodovia mais seguro, integrando a faixa lateral à seção transversal da rodovia. Ainda nesse capítulo, abordaram-se questões da geometria da faixa lateral, como a declividade de taludes, e a instalação de dispositivos de drenagem.

O Capítulo 3 desta monografia tratou dos dispositivos de contenção viária. Foram abordados os principais conceitos e funções das barreiras de segurança, além de explanadas as principais classificações, tipos e características desses dispositivos. Expuseram-se também os principais

critérios de desempenho, recomendações de projeto e fatores de seleção dos dispositivos de segurança.

Todo esse conhecimento foi, então, aplicado no Capítulo 4 desta monografia, cujo objetivo foi desenvolver procedimentos de auditoria que pudessem facilitar a atuação de auditores e fiscais de obras ao fiscalizar dispositivos de contenção viária, permitindo a eles identificar indícios de irregularidade de forma rápida e correta.

Esses procedimentos foram divididos em dois grupos, também chamados de roteiros, cada um deles voltado especificadamente para um dos tipos de dispositivos de contenção utilizados no Brasil: as defensas metálicas e as barreiras rígidas em concreto.

Cada um desses dois roteiros mantém a mesma estrutura: eles são divididos em fase de planejamento (projeto) e fase de execução de auditoria (“inspeção *in loco*”). Por sua vez, essas fases são compostas por diversos procedimentos e tarefas que se julgou que facilitariam o trabalho dos auditores.

Sempre que possível, os procedimentos possuem os critérios de norma a serem observados para a análise das barreiras e para a constatação dos indícios de irregularidades. Obviamente que a lista de procedimentos elaborada não é exaustiva: apesar de terem sido abordadas muitas características dos dispositivos de contenção, outras propriedades podem ser analisadas pelos auditores.

No entanto, aqui compete diferenciar o papel do auditor (ou fiscal) do papel do projetista. O projetista é o responsável e o principal conhecedor do assunto, ao passo que o auditor, por mais técnico que seja, pode não possuir todas as informações que estão à disposição do projetista. Logo, não cabe ao auditor assumir o papel do projetista, razão pela qual se priorizou a solicitação de esclarecimentos e justificativas nos procedimentos elaborados.

Durante a elaboração deste trabalho, foram feitas as seguintes constatações:

a) apesar de já estarem previstos em norma ou em manuais, os conceitos de faixa lateral, entorno tolerante e zona livre são pouco utilizados no Brasil;

- b) as normas do DNIT acerca de dispositivos de contenção viária, em especial as relativas às defensas metálicas, tendo em vista o decurso do prazo, precisam ser atualizadas;
- c) a NBR 6971:2012 (ABNT, 2012b) trouxe inovação ao permitir que novos modelos de defensas metálicas fossem implantados no Brasil, desde que eles sejam testados e aprovados por normas internacionais;
- d) apesar dessa inovação, a ABNT (2012b) continua sem critérios para diferenciar a utilização das defensas maleáveis para as defensas semimaleáveis. De maneira análoga, essa norma continua sem prescrever os níveis de contenção para cada uma dessas defensas;
- e) as defensas maleáveis foram desenvolvidas seguindo o modelo alemão e possuem peças mais complexas e resistência e deformação mais uniformes, enquanto as defensas semimaleáveis foram desenvolvidas para se aproximar do modelo americano, possuem peças mais simples, espaçamento entre postes maior e resistência menos uniforme;
- f) a ABNT (2012b) também inovou ao normatizar a lâmina tripla onda, que não era prevista na versão anterior dessa norma; o Sicro, no entanto, não possui composições para defensas de tripla onda ou lâmina adicional, o que representa uma importante oportunidade de evolução desse sistema.
- g) o Sistema de Custos das Obras Rodoviárias (Sicro) inovou ao trazer composições de custos para terminal aéreo e “terminal de ancoragem para defesa metálica em barreira *New Jersey*”;
- h) apesar de permitido pela ABNT (2012b), o uso do terminal aéreo (quando utilizado isoladamente como terminal de defesa) deve ser evitado, por ser um fator de risco e agravamento da severidade de acidentes;
- i) o “terminal de ancoragem para defesa metálica em barreira *New Jersey*”, por sua vez, pode ser considerado uma das principais evoluções do Sicro em relação a esse assunto, já que a transição entre defesa metálica e barreira rígida de concreto é uma das principais falhas nas rodovias brasileiras;
- j) o poste “Tipo C” das defensas metálicas maleáveis e semimaleáveis foi desenvolvido para substituir os postes “Tipo I”, que seriam de difícil fabricação no Brasil;
- k) a NBR 14885:2016 (ABNT, 2016a) também inovou ao normatizar novos modelos de barreiras rígidas em concreto, tais como Ontário *Tall Wall*, Texas *Single* e Califórnia *Slope*, já que a versão anterior dessa norma só normatizava o uso dos perfis “*New Jersey*” e “*F-Shape*”;

l) o Sicro, no entanto, possui apenas composições de custo para barreira rígida em concreto com perfil *New Jersey*;

m) apesar disso, o Sicro também inovou ao prever, mesmo que apenas para o perfil *New Jersey*, composições de custos de barreiras rígidas para diferentes metodologias de execução, presença de armadura e altura do dispositivo;

n) a ABNT (2016a) exige que todas as barreiras rígidas possuam concreto com resistência à compressão simples (f_{ck}), medida aos 28 dias, de no mínimo 25 MPa;

o) segundo a ABNT (2016a), a armadura deve ser dimensionada de acordo com o nível de contenção desejado para o dispositivo. No entanto, essa norma já apresenta a armadura prevista para os modelos normatizados por ela;

p) na literatura técnica de outros países, constata-se o uso crescente de barreiras com perfil do tipo “*F-Shape*”;

q) a NBR 15486:2016 (ABNT, 2016b) inovou ao exigir que os dispositivos de contenção devem ter carta/certificado de aprovação emitido por órgão competente, mediante ensaios conforme normas EN 1317, NCHRP 350 ou MASH;

r) muitos dos conceitos, critérios de desempenho, recomendações de projeto e fatores de seleção de dispositivos de contenção da ABNT (2016b) foram incorporados de outras normas, em especial, a AASHTO (2011);

s) o terminal abatido, seja o das defensas metálicas ou o das barreiras rígidas em concreto, apesar de ser um dos mais comuns e utilizados no Brasil, deve ser usado apenas em trechos de rodovias com velocidades menores que 60 km/h;

t) para trechos com velocidade maior que 60 km/h, deve-se adotar o terminal apropriado para cada situação, tal como o terminal absorvedor de impacto, ancorado em talude ou defletido lateralmente;

Apesar de não ter sido testado em nenhum caso prático ou real, acredita-se que esses procedimentos de auditoria facilitarão a atuação dos auditores, fiscais e outros interessados, lançando luz sobre um assunto que muitas vezes é negligenciado. Dessa forma, conclui-se este trabalho com a certeza de um enorme ganho de conhecimento e de que esta monografia atingiu os objetivos a que se propôs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS. **Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety**, Washington, D.C., 1967.

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, Washington, D.C., 2001.

____. **Manual for Assessing Hardware**, Washington, D.C., 2009.

____. **Roadside Design Guide**, Washington, D.C., 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6971 – Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação**, 1999.

____. **NBR 14885 – Segurança no tráfego – Barreiras de concreto**, 2004.

____. **NBR 15486 – Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projetos e ensaios de impacto**, 2007.

____. **NBR 6970 – Segurança no tráfego – Defensas metálicas zincadas por imersão a quente**, 2012a.

____. **NBR 6971 – Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação**, 2012b.

____. **NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**, 2015.

____. **NBR 14885 – Segurança no tráfego – Barreiras de concreto**, 2016a.

____. **NBR 15486 – Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projetos e ensaios de impacto**, 2016b.

AUSTROADS. **Guide to Road Design – Part 6: Roadside Design, Safety and Barriers**, Sydney, 2009.

____. **Improving Roadside Safety**, Sydney, 2010.

BRANCO, A. M. **Segurança Rodoviária**, Editora CL-A, São Paulo, 1999.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1317-1 – Road restraint systems – Part 1: Terminology and General Criteria for Test Methods**, 2010.

____. **EN 1317-2 – Road restraint systems – Part 2: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Safety Barriers**, 2010.

DIER – DEPARTMENT OF INFRASTRUCTURE ENERGY AND RESOURCES. **Road Safety Barriers: Design Guide**, Tasmania, [2005].

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 144/85 - Especificação de Serviço – Defensas Metálicas**, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1985.

____. **DNER-IE 146/94 – Instrução de Ensaio – Defensas Metálicas – Controle Tecnológico durante a Fabricação**, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

____. **Publicação IPR-698 – Manual de Projeto Obras-de-arte Especiais**, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR, Divisão de Capacitação Tecnológica, Rio de Janeiro, 1996.

____. **DNER-EM 370/97 – Especificação de Material – Defensas Metálicas de Perfis Zincados**, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR, Divisão de Capacitação Tecnológica, Rio de Janeiro, 1997.

____. **Publicação IPR-706 – Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR, Divisão de Capacitação Tecnológica, Rio de Janeiro, 1999.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Publicação IPR-710 – Manual de Conservação Rodoviária**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2005.

____. **Publicação IPR-724 – Manual de Drenagem de Rodovias**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2006.

____. **DNIT 109/09-PRO - Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário - Projeto de barreiras de concreto – Procedimento**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2009a.

____. **DNIT 110/09-ES - Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário - Execução de barreiras de concreto – Especificação de Serviço**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2009b.

____. **Publicação IPR-742 – Manual de Implantação Básica de Rodovia**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2010.

____. **Publicação IPR-700 – Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, Rio de Janeiro, 2017.

GOLD, P. A. **Segurança de Trânsito – Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes**, Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998.

MISSATO, M. M. **Análise das Recomendações para Uso de Dispositivos de Proteção Lateral e a Segurança Viária em Rodovias**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2011.

PEREIRA, D. M.; RATTON, E.; BLASI, G. F.; FILHO, W. K. **Obras Complementares para Rodovias**, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor de Tecnologia, Departamento de Transportes, Paraná, 2007.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Padrões de Auditoria de Conformidade**, Tribunal de Contas da União, Secretaria-Geral de Administração, Brasília, Distrito Federal, 2009.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **National Cooperative Highway Research Program Report 350: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features**. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1993.

WISCONSIN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Facilities Development Manual**, Madison, WI, 2007. Disponível em: <<http://wisconsin.gov/Pages/doing-bus/engineers-consultants/cnslt-rsrcs/rdwy/fdm.aspx>>. Acesso em: 11 mar 2018, 18:00:00.