

AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL EM RODOVIAS RURAIS QUANTO À SEGURANÇA DE CIRCULAÇÃO

Julia Alves Porto

Michelle Andrade

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Programa de Pós-Graduação em Transportes
Universidade de Brasília

RESUMO

Os acidentes viários estão entre as principais causas de morte no mundo. Motivados por esse dado, pesquisadores de diferentes áreas fazem estudos de como reduzir a fatalidade de acidentes. Um método, estudado e aplicado por engenheiros, é transformar a rodovia e seu entorno em um ambiente seguro que reduza os riscos e a severidade dos acidentes (“rodovias que perdoam”). Esse trabalho traz uma análise da adequação dos dispositivos de drenagem superficial quanto à segurança de circulação, com enfoque no conceito “*forgiving roads*” (ou “rodovias que perdoam”) e no cumprimento das Normas Brasileiras. Para embasar essa análise, é feita uma revisão da literatura sobre segurança viária e dos elementos de drenagem superficial empregados em rodovias rurais. Após feita a avaliação, foram propostos novos dimensionamentos padronizados desses dispositivos, de forma a atender todas as recomendações normativas do Brasil.

ABSTRACT

Road crashes are among the main causes of death in the world. Motivated by this data, researchers of different areas study how to reduce the fatality of accidents. One method to do so, studied and applied by engineers, is to make the road and its surroundings a safe place, that reduces the risks and severity of crashes (“*forgiving roadside*”). This paper brings an analysis of the fitting of surface drainage devices as to traffic safety, focusing on the method of the “*forgiving road*” and the fulfillment of the Brazilian norms. To base this analysis, it is made a revise of the literature on road safety, other than which work guides the design of rural highways surface drainage. After the evaluation was made, it was proposed a new standard design of these devices, in order to attend to all the normative recommendations of Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Acidentes de trânsito estão entre as principais causas de mortes no mundo, trazendo grandes prejuízos sociais e econômicos. A compreensão da acidentalidade viária por meio de estudos pautados em dados oriundos dos registros de acidentes confirma que estes são eventos previsíveis e evitáveis. Os denominados fatores contribuintes para ocorrência de acidentes de trânsito (fator humano, veicular e viário-ambiental) são mapeados nesses estudo e devem subsidiar as decisões voltadas à redução dos índices atuais.

O desenho viário e as características do entorno das rodovias têm grande influência na segurança de circulação. Ao considerar, por exemplo, o fator humano, é importante observar que o comportamento do condutor pode ser influenciado pelas características da via, como confirmado nos estudos desenvolvidos por Missato (2011), Ivan *et al.* (2009), Naderi *et al.* (2008) e Roque *et al.* (2015). E considerando o fator viário-ambiental, Tingvall e Haworth (1999) defendem, ainda, que é possível projetar uma rodovia que preveja os acidentes e diminua as consequências destes. Para isso, faz-se necessário que os projetos viários sejam munidos de elementos que diminuam o impacto de acidentes, adotando o conceito de “rodovias que perdoam” ou “*forgiving roads*” (Roque *et al.*, 2015).

Para seguir esse conceito, alguns elementos do entorno da rodovia devem ser dispostos, ou protegidos, de forma a minimizar a gravidade de um acidente que venha a acontecer. Assim, devem ser observados os taludes, a presença de vegetação, os obstáculos fixos (como postes,

pilares de obras de arte, etc.), os dispositivos de proteção e elementos de drenagem. Estes últimos se destacam por configurarem taludes na margem da rodovia, no caso de sarjetas, ou mesmo objetos fixos, como as caixas de captação, que podem ser atingidas por veículos.

Alguns países que usam as rodovias que perdoam como elemento norteador de suas políticas de segurança viária são: Holanda, Suécia, Austrália, Dinamarca (*Bicycle Dutch*, 2012; Suécia, 2016; Muir *et al.*, 2018; Dinamarca, 2002).

O Brasil não dispõe de um documento normativo específico para regulamentar diretrizes dos projetos de drenagem. No entanto, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) publicou dois manuais que norteiam o seu projeto: o Manual de Drenagem (2006b) e o Álbum de Projetos-Tipo de Drenagem (2018). Além desses, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016) publicou a NBR 15.486:2016 que traz diretrizes para a implantação de dispositivos de contenção com vistas à promoção da segurança viária, e no seu escopo, contempla os limites de segurança relativos aos elementos de drenagem superficial.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é verificar se os documentos oficiais que orientam a elaboração dos projetos de drenagem estão alinhados entre si e contemplam critérios para a promoção da segurança viária.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Para atingir o objetivo deste trabalho foram analisados os documentos de orientação à elaboração dos projetos de drenagem do DNIT, sendo três edições dos Álbuns de Projeto-Tipo de dispositivos de drenagem (DNIT, 2006a; DNIT, 2013 e DNIT, 2018) e o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006b). Essa comparação objetivou identificar as alterações ocorridas entre as edições dos Álbuns de Projeto-Tipo e avaliar se as orientações desses documentos estão coerentes com o disposto no Manual de Drenagem do órgão. Em seguida, foi verificado se as seções de drenagem resultantes dos critérios de dimensionamento dispostos pelo DNIT atendem às condições de segurança previstas na NBR 15.486 para os elementos de drenagem que dispensam o emprego de dispositivos de proteção. Por fim, foram propostos novos modelos dos elementos de drenagem superficial que estivessem em concordância com as normas hidráulicas e de segurança.

2.1. Análise do Álbum de Projeto-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT

O Álbum de Projeto-Tipo de Dispositivos de Drenagem é um documento técnico produzido pelo Instituto de Pesquisa Rodoviária (IPR) que foi publicado pela primeira vez em 1988, pelo antigo DNER. O documento está atualmente em sua quinta edição (2018) e traz uma padronização dos elementos de drenagem para facilitar a execução e leitura do projeto de drenagem de rodovias contratadas pelo DNIT.

O documento dispõe dos elementos de drenagem superficial, subterrânea, subsuperficial, de taludes e encostas, como também de dispositivos de drenagem urbana. Este estudo é voltado aos elementos de drenagem superficial que, pela sua disposição próxima à pista de rolamento, podem influenciar na gravidade de um acidente do tipo saída de pista. Os dispositivos aqui tratados são, portanto, as sarjetas de corte (triangular e trapezoidal), os meios-fios ou guias (também denominados sarjetas de aterro) e as caixas de captação. Outros elementos de drenagem superficial não analisados nesse documento devido à sua localização relativa à pista

de rolamento são as valetas de proteção de corte, as descidas de água e os dissipadores de energia.

Para verificar a evolução deste documento foi realizada uma comparação dos croquis dispostos nos álbuns da 2ª edição (DNIT, 2006a), 4ª edição (DNIT, 2013) e 5ª edição (2018). As modificações realizadas foram observadas nas sarjetas de corte (Figura 1), bem como o amortecimento da quina das guias e meios-fios.

Na Figura 1 é possível observar que houve uma mudança de nivelamentos das sarjetas: triangular de corte (STC 08), trapezoidal de corte (SZC 02) e trapezoidal de grama (SZG 02) entre a segunda e a quarta edição, que foi mantida na quinta edição. No caso da STC 08, houve uma suavização do talude posterior na quarta edição, que na quinta foi retomado ao tamanho anterior. Na SZC 01, é possível observar o aumento da largura superior de 60 para 90cm, da segunda para a quarta edição, que foi mantida na quinta edição. Vale destacar que esse aumento no tamanho da sarjeta não modificou os taludes frontal nem posterior.

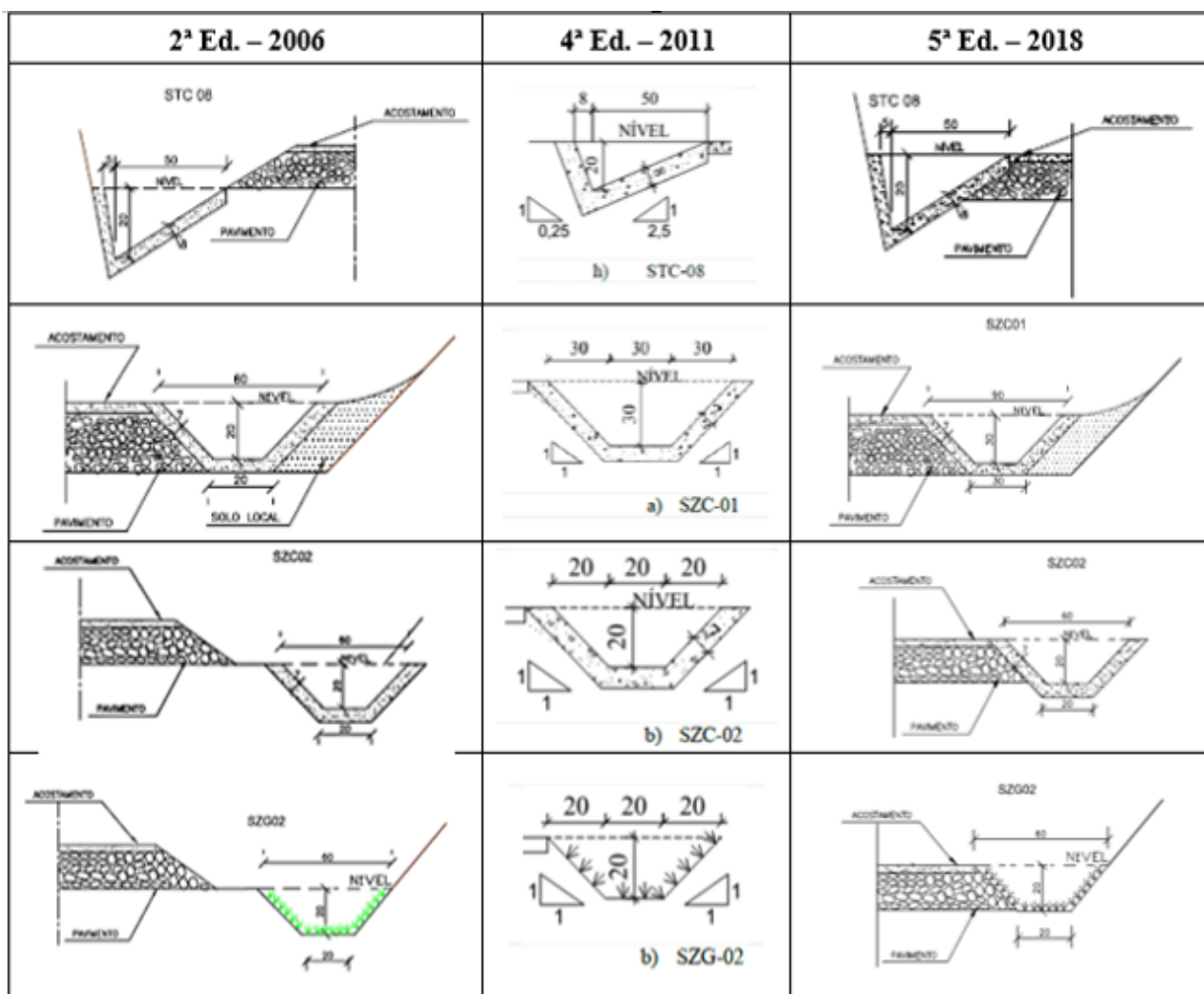


Figura 1: Modificações do Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem do DNIT
 Fonte: adaptado de DNIT (2006a, 2013 e 2018).

2.2. NBR 15.486:2016 - Segurança no Tráfego, Dispositivos de Contenção Viária, Diretrizes de Projeto e Ensaios de impacto

A norma brasileira NBR 15.486:2016 estabelece diretrizes de projeto de dispositivos de contenção, bem como critérios de aceitação destes dispositivos por meio de ensaios de impacto para garantir o seu desempenho. Para tanto, o documento inicia com a orientação de cálculo da largura da zona lindeira a ser completamente desimpedida de obstáculos. São apresentados no documento um conjunto de ábacos que indicam as situações que demandam pelo emprego de barreiras de contenção para taludes e corpo hídrico. Dessa forma é possível identificar os limites recomendados para o projeto dos elementos marginais à via para que esta região seja considerada segura, dispensando elementos adicionais de segurança.

Os procedimentos mais importantes ditados pela NBR 15.486 são:

- Largura da zona livre – área livre de obstáculos nas laterais da pista de rolamento, que permita a recuperação do controle de direção. Seu tamanho depende da declividade do talude, da velocidade de projeto e do nível de tráfego;
- Projeto seguro de estruturas de drenagem – para guias e caixas de captação, a altura não deve ser superior a 10 cm, quando dentro da zona livre. Para sarjetas, os taludes frontal e posterior devem seguir as recomendações das Figuras 2 e 3;
- Procedimento de segurança para obstáculos fixos.

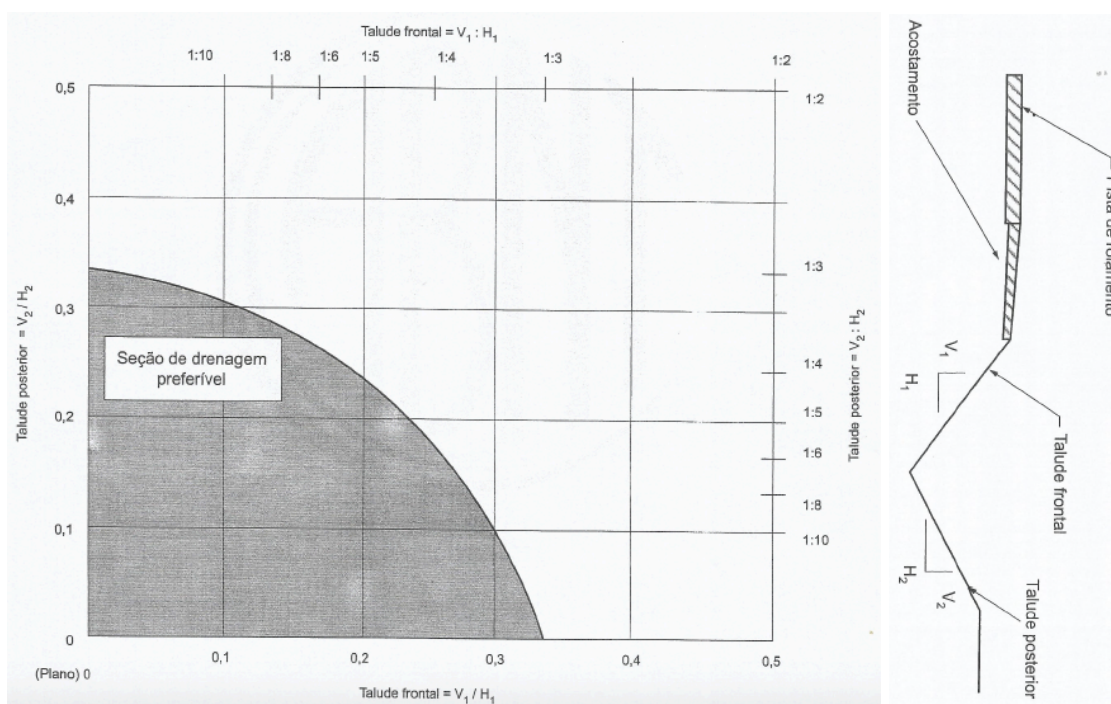


Figura 2: Recomendações Normativas para Projeto de Sarjetas Triangulares, para canais com mudança abrupta de declividade
Fonte: ABNT, 2016.

Recomendações similares às da NBR 15.486, com taludes das sarjetas de 1:3 ou mais suaves, são encontradas em publicações internacionais, tais como o *Guide to Road Design* (Fanning, 2013a e 2013b); *Road Drainage* (Queensland, 2015); *Guidelines for Road Drainage* (Irlanda,

2004); *Maintenance of drainage features for safety* (McGee *et al.*, 2009) e *Design Manual for Roads and Bridges* (Reino Unido, 2016).

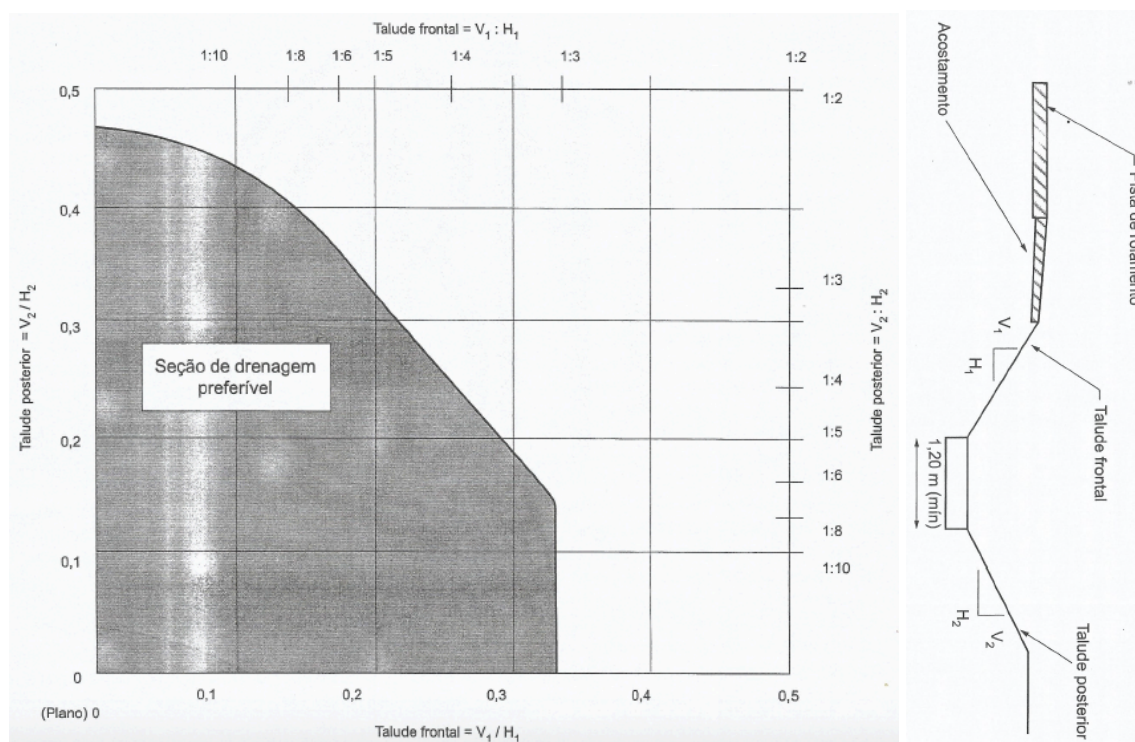


Figura 3: Recomendações Normativas para Projeto de Sarjetas Trapezoidais, para canais com mudança gradual de declividade
Fonte: ABNT, 2016.

2.3. Análise comparativa do Álbum de Projeto-Tipo e a NBR 15.486:2016

Nessa seção é apresentada a comparação entre os dispositivos do Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem de 2018 com a norma NBR 15.486:2016. Essa análise já foi objeto de estudo de outros pesquisadores como o realizado por Rocha *et al.* (2015), porém em relação à edição anterior da NBR 15.486.

Para fazer a análise comparativa proposta para as sarjetas, foram construídos dois gráficos (Figura 4) com os valores aproximados das Figuras 2 e 3 para verificar pelo Excel® se as seções constantes em DNIT (2018) trazem a relação entre os taludes frontal e posterior previstos pela NBR 15.486. Na Figura 4 é possível observar a equação da curva gerada e valor de R² que indica a aproximação entre a curva gerada pelos pontos de referência da NBR 15.486. O resultado indicou uma boa aproximação do modelo utilizado na comparação. Quando feita a análise com as relações dos taludes das seções do Álbum (DNIT, 2018), foi observado que nenhuma das seções apresentou valores de relação de taludes dentro das recomendações da norma de segurança. Ressalta-se ainda, que foram observados taludes maiores que o dobro do limite recomendado pela NBR para os casos de dispensa de barreira de contenção.

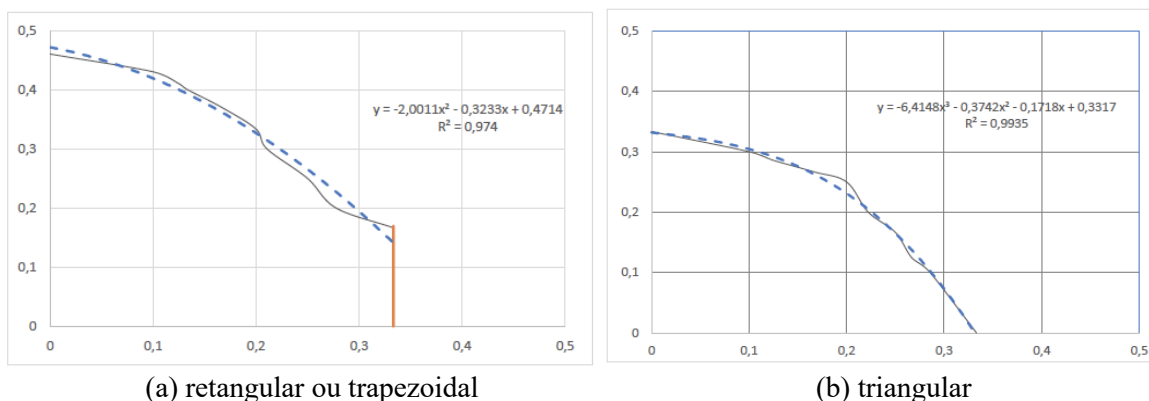


Figura 4: Seção da sarjeta (áreas contidas nos gráficos)

As sarjetas analisadas e supramencionadas do DNIT (2018), com exceção da Sarjeta Triangular de Concreto STC-01, também não atendem às recomendações do Manual de Drenagem do DNIT (DNIT, 2006b). Esse aspecto ressalta a importância da análise aqui proposta uma vez que ocorre orientação conflitante a partir dos manuais internos ao órgão, podendo confundir o projetista.

Quanto à análise comparativa dos elementos denominados guias, ou meios-fios, foi observado se a altura destes elementos ultrapassou o limite de 10 cm estabelecido pela NBR 15.486. Foi observado que 50% das guias e meios-fios do documento do DNIT (2018) atendem à recomendação normativa da ABNT (2016) (Tabela 1).

Tabela 1: Análise comparativa para meios-fios ou guias

Nº	Largura do Topo (cm)	Preenchimento de concreto (cm)	Altura acima do pavimento (cm)	Altura da guia (cm)	Resultado
1	10	10	15	20	Não conforme
2	11	10	2	7	Conforme
3	9	10	13	15	Não conforme
4	11	10	2	4	Conforme
5	9	15	15	15	Não conforme
6	11	15	4	4	Conforme
7	5	15	10	10	Conforme
8	11	7	25	25	Não conforme

2.4. Proposição de novos modelos

A partir do não atendimento aos requisitos previstos na NBR 15.486 para os modelos de sarjeta de corte dispostos no Álbum do DNIT (2018), foram propostos, a título de exemplo, alguns modelos de sarjeta em conformidade com as recomendações de segurança previstas.

Para a definição da seção das sarjetas triangulares, buscou-se atender a três fatores concomitantemente:

- Manter uma área igual ou maior à área do elemento de referência do Álbum (DNIT, 2018);
- Manter o talude frontal em 1:4, seguindo a recomendação do Manual de Drenagem (DNIT, 2006b), o que tem como consequência a fixação do talude posterior em 1:6 (ou mais suave);
- Usar dimensões múltiplas de 5.

Para os canais retangulares foram utilizados taludes iguais em ambos os lados (1:4). As alturas dos canais foram calculadas de modo a garantir uma área de seção maior ou igual à área prevista no DNIT (2018). Para a base menor, foram definidas duas alternativas: a primeira seguiu o desenho de referência da NBR 15.486 (ABNT, 2016), que indica que a base menor deve ter um comprimento de 1,20m (denominado Método1); e a segunda usou o mesmo tamanho da projeção horizontal do talude, ou seja, 4 vezes a altura (denominado Método 2). O Método 2 foi proposto pois as sarjetas encontradas Método 1 apresentaram dimensões muito maiores quando comparadas às dimensões das sarjetas previstas pelo DNIT (2018). Além disso, a proposição de 1,20m não aparece na primeira edição da NBR 15.486 e, por isso, foi considerada passível de revisão em futuras edições do Álbum.

A Tabela 2 traz as alturas “a” das estruturas de sarjeta para a nova configuração, prevista pelo Método 2. Esses valores foram calculados a partir das áreas das sarjetas do DNIT (2018) e variação das dimensões conforme descrito anteriormente. As novas configurações com as dimensões das sarjetas seguem apresentadas na Figura 5. Ressalta-se que as sarjetas triangulares e trapezoidais que não são de canteiro central, são admissíveis também com revestimento em grama.

Tabela 2: Alturas propostas para sarjetas triangular e trapezoidal

Tipo	Área (cm ²)	“a” calculado (cm)	“a” utilizado (cm)
STC 01	1.562,50	17,68	20,00
STC 02	1.500,00	17,32	20,00
STC 03	1.200,00	15,49	20,00
STC 04	700,00	11,83	15,00
STC 05	1.350,00	16,43	20,00
STC 06	1.170,00	15,30	20,00
STC 07	870,00	13,19	15,00
STC 08	550,00	10,49	15,00
STG 01	1.562,50	17,68	20,00
STG 02	1.500,00	17,32	20,00
STG 03	1.200,00	15,49	20,00
STG 04	700,00	11,83	15,00
SCC 01	1.250,00	15,81	20,00
SCC 02	2.450,00	22,14	25,00

Em que: STC – Sarjeta Triangular de Corte

STG – Sarjeta Triangular de Grama

SCC – Sarjeta de Canteiro Central

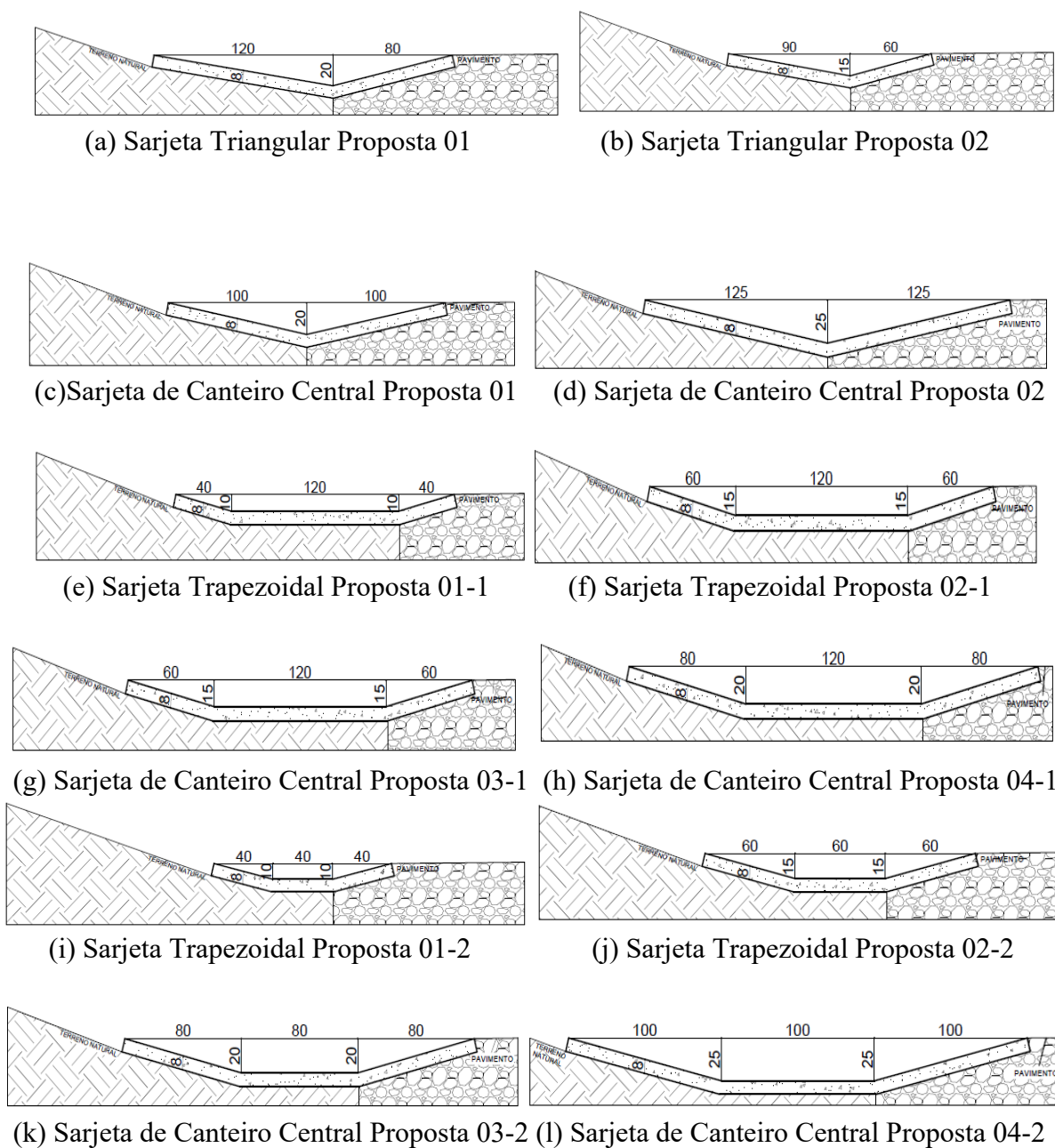


Figura 5: Formato e dimensões das sarjetas propostas

Como as sarjetas propostas possuem perímetro superior às originais, foi feita uma verificação também do aumento do custo por metro linear, calculado a partir de referências obtidas do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) de maio/2018.

Os valores calculados seguem apresentados para os modelos de sarjeta propostos por tipo (triangular, trapezoidal ou de canteiro central) e por confecção (de grama, de concreto ou sem revestimento). Para cada modelo foi feita uma estimativa do aumento do consumo de cada insumo devido às modificações de perímetro e área. Os valores encontrados foram transformados em valores médios de acordo com a divisão supracitada, como pode ser observado pela Tabela 3. Desta avaliação é possível observar que o aumento de custo por metro

linear das sarjetas propostas, em relação aos modelos atualmente empregados, é na ordem de 40%.

Tabela 3: Estimativa de custo para os modelos propostos

Tipo	Original	Proposto	Variação	
Sarjetas triangulares de concreto	R\$ 47,68	R\$ 73,88	R\$ 26,19	55%
Sarjetas triangulares de grama	R\$ 16,47	R\$ 20,74	R\$ 4,27	26%
Sarjetas trapezoidais de concreto	R\$ 39,57	R\$ 64,08	R\$ 24,51	62%
Sarjetas trapezoidais de grama	R\$ 16,45	R\$ 24,51	R\$ 8,06	49%
Sarjetas trapezoidais sem revestimento	R\$ 8,12	R\$ 12,10	R\$ 3,98	49%
Sarjetas de canteiro central	R\$ 45,77	R\$ 69,55	R\$ 23,78	52%

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado aponta divergências sob a definição de elementos dos dispositivos de drenagem para diferentes documentos normativos internos ao DNIT. As diferenças observadas nas recomendações apresentadas nos documentos do órgão podem causar dúvidas aos projetistas. As inconformidades observadas nos modelos dispostos no Álbum de Projetos-Tipo em relação aos requisitos previstos pela NBR 15.486, indicam que todos os elementos de drenagem projetados conforme os modelos dispostos, demandarão o emprego de dispositivos de contenção, já que resultam em canais não traspassáveis. E, por fim, a conformidade do Álbum (DNIT, 2018) com a Tabela SICRO mostra que esses padrões são frequentemente empregados na drenagem superficial das rodovias construídas no país.

Na Figura 5 são apresentadas propostas alternativas a serem empregadas sem a necessidade de implantação de dispositivos de contenção. Apesar de possuírem dimensões superiores aos modelos usualmente empregados no Brasil, elas estão de acordo com os padrões empregados em outros países, como o Reino Unido (Reino Unido, 2016), a Irlanda (Irlanda, 2004) e os Estados Unidos (Ross Jr., 1993).

Devido ao aumento nas dimensões, no entanto, as sarjetas propostas neste trabalho são uma solução mais adequada para rodovias rurais. Para o meio urbano, existem alternativas igualmente seguras que não ocupam tanto espaço. É o caso de sarjetas com capas, por exemplo, ou da combinação de meios-fios com bueiros e drenos subterrâneos.

Devido ao aumento nas dimensões, no entanto, as sarjetas propostas neste trabalho são uma solução mais adequada para rodovias rurais. Para o meio urbano, existem alternativas igualmente seguras e com menores áreas de ocupação, como é o caso de sarjetas com capas, ou da combinação de meios-fios com bueiros e drenos subterrâneos.

Por fim, é válido ressaltar que o aumento das dimensões das configurações sugeridas, impactam no custo do metro linear destes dispositivos, conforme disposto na Tabela 3. No entanto, o emprego das alternativas propostas, dispensa o uso de defensas metálicas por configurarem estruturas traspassáveis, conforme previsto pela NBR 15.486/2016.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Elaborar o projeto de uma rodovia alinhado com o conceito da “rodovia que perdoa” significa propor uma estrutura rodoviária que permita a recuperação do controle do veículo ou a dispersão de energia, em caso de erro humano. Um dos focos da abordagem de “rodovias que perdoam” é o sistema de drenagem superficial, em especial os canais que correm paralelamente à rodovia. O dimensionamento impróprio desses elementos pode trazer riscos à circulação rodoviária, tais como o fenômeno da aquaplanagem, devido ao acúmulo de água na superfície ou o aumento do risco de capotamento pelo emprego de taludes laterais muito íngremes.

Em relação às orientações para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem, o Brasil, traz três referências principais: a norma NBR 15.486; o Manual de Drenagem (DNIT, 2006b); e o Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem (DNIT, 2018). No entanto, essas referências apresentam inconsistências entre si. Além disso, todas as sarjetas padronizadas pelo Álbum estão em desacordo com a Norma NBR 15.486, e somente um modelo está de acordo com o Manual de Drenagem. Quanto aos meios-fios, também verificados nesse estudo, apenas 50% atendem ao critério de tamanho máximo estabelecido pela NBR 15.486 (ABNT, 2016).

Considerando os riscos à segurança na circulação decorrentes de elementos de drenagem inadequados, este estudo recomenda a reformulação do Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem do DNIT, seguindo as orientações do Manual de Drenagem e da NBR 15.486: Segurança no Tráfego. Esse redimensionamento implica em sarjetas com dimensões superiores às atualmente empregadas, incorrendo no aumento de custo na ordem de 50% por metro linear. No entanto, as sarjetas propostas estão de acordo com normas internacionais, tais como as do Reino Unido e Estados Unidos, que se assemelham à NBR 15.486 nos critérios de dimensionamento com enfoque em segurança para sarjetas. E por fim, a análise de custo deve considerar a dispensa de uso de dispositivos de proteção lateral auxiliares, como as defensas metálicas.

Ademais, recomenda-se estudos futuros para: a) desenvolvimento de materiais e métodos construtivos que permitam reduzir os custos de construção destes dispositivos de modo que seja economicamente vantajosa sua aplicação, quando comparada a dispositivos de proteção lateral contínuos; b) análise econômica ampliada considerando os custos de dispositivos de proteção complementares e custos de acidentes; e c) desenvolvimento de outras soluções para drenagem que sejam seguras para o usuário da rodovia, como elementos gradeados no nível da pista de rolamento, ou similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2016) *NBR 15486 – Segurança no Tráfego – dispositivos de contenção viária – diretrizes de projeto e ensaios de impacto*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Bicycle Dutch (2012) *Sustainable Safety*. Disponível em: <https://bicycledutch.wordpress.com/2012/01/02/sustainable-safety/>. Acesso em 26 de junho de 2019.
- Dinamarca (2000) *Every accident is one too many – Road safety starts with you*. The Danish Road Safety Commission. Danis Ministry of Transport.
- DNIT (2006a) *Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2ª edição, Rio de Janeiro (IPR Publicação 725).
- DNIT (2006b) *Manual de Drenagem de Rodovias*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento de Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Institutos de Pesquisas Rodoviárias. 2ª edição, Rio de Janeiro (IPR Publicação 724).
- DNIT (2013) *Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem*. Departamento Nacional de Infraestrutura de

- Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 4ª edição, Rio de Janeiro (IPR Publicação 736).
- DNIT (2018) *Álbum de Projetos-Tipo de Elementos de Drenagem*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 5ª edição, Rio de Janeiro (IPR Publicação 736).
- Fanning, R. (2013) *Guide to road design part 5A: drainage – road surface, networks, basins and surface*. Road Design Drainage Technical Sub-committee, Austroads, Austrália.
- Irlanda (2004) *Guidelines for road drainage*. Department of Environment, Heritage and Local Government.
- Ivan, J. N.; Garrick, N. W.; Hanson, G. (2009) *Designing roads that guide drivers to choose safer speeds*. University of Connecticut. Connecticut Transportation Institute.
- McGee, H. W.; Nabors, D.; Baughman, T. (2009) *Maintenance of drainage features for safety, a guide for local street and highway maintenance personnel*. Report FHWA-SA-09-024. Office of Safety, Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation.
- Missato, M. M. (2011) *Análise das recomendações para uso de dispositivos de proteção lateral e a segurança viária em rodovias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Muir, C.; Johnston, I. R.; Howard, E. (2018) *Evolution of a holistic systems approach to planning and managing road safety: the Victorian case study, 1970 – 2015*. Inj. Prev. 2018; 24:i19-i24.
- Naderi, J. R.; Kweon, B. S.; Maghelal, P. (2008) *The street tree effect and driver safety*. Institute of Transportation Engineers, Washington, DC.
- Queensland (2015) *Road Drainage. Chapter 11: Road surface and subsurface drainage design*. Department of Transport and Main Roads.
- Reino Unido (2016) *Design of highway drainage systems. Design Manual for Roads and Bridges*. Highway England, Transport Scotland, Welsh Government, Department of Infrastructure.
- Rocha, E. G. A.; Jabôr, M. A.; Mattos, N. J. R. (2015) Drenagem superficial: aspectos hidráulicos versus aspectos de segurança. *Anais da 44ª Reunião Anual de Pavimentação, RAPv, Foz do Iguaçu, v. único, p. 1-18*.
- Roque, C.; Moura, J.; Cardoso, L. (2015) *Detecting unforgiving roadside contributors through severity analysis of ran-off-road crashes*. Accident Analysis & Prevention, Volume 90, July 2015, Pages 262-273.
- Ross Jr., H. E.; Sickling, D. L.; Zimmer, R. A.; Michie, J. D. (1993) *Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features*. NCHRP Report 350, USA Transportation Research Board, National Research Country, Washington.
- Suécia (2016) *Renewed Commitment to Vision Zero*. Government Offices Sweden. Ministry of Enterprise and Innovation. Item nº 2016.34.
- Tingvall, C.; Haworth, N. (1999) *Vision Zero – An ethical approach to safety and mobility*. 6th ITE International Conference Road Safety & Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne.

Júlia Alves Porto (julporto@gmail.com)

Michelle Andrade (michelleandrade@unb.br)

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Brasília, DF, Brasil.