



## Rodovias que perdoam

### Resumo

As mortes e lesões em decorrência de acidentes de trânsito têm significativos impactos sociais e econômicos em todo o mundo. Esses acidentes podem ser causados por diferentes fatores, dentre os quais se destacam o erro humano e a ausência de um planejamento viário adequado. Sendo assim, o conceito das “rodovias que perdoam” tem o propósito de evitar os acidentes e mitigar as suas consequências por meio da adequação da infraestrutura rodoviária aos erros humanos na condução. Para tanto, é necessário construir e adequar as vias com dimensões e dispositivos condizentes com esse conceito, a exemplo de áreas de escape, dispositivos de contenção e sonorizadores. Atualmente, os números comprovam os benefícios consideráveis já trazidos pelas rodovias que perdoam. Com isso, vários países objetivam melhorar a segurança viária a partir da sua implementação. E, no Brasil, também tem havido iniciativas para a adoção desse conceito.

### Introdução

Os acidentes de trânsito são uma das principais causas de mortes e lesões no mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Tais acidentes têm graves consequências sociais, com perda precoce de vidas e lesões temporárias ou permanentes, provocando também prejuízos econômicos consideráveis, devido aos danos materiais, às perdas de produção e aos custos com saúde e previdência. No Brasil, segundo análise de dados feita pela administradora do seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres (DPVAT), em pelo menos dez estados, acidentes viários matam mais que crimes violentos.

Os acidentes rodoviários são causados, normalmente, pela junção de diferentes fatores. Estes fatores contribuintes, de um modo geral, podem ser classificados em três componentes: humana, veicular e viário-ambiental. E por mais que uma parte significativa dos acidentes seja motivada pela componente humana, vale destacar que falhas

na estrutura viária ou no veículo têm o potencial de agravar ainda mais um acidente.

Da mesma forma, porém, que a estrutura viária pode agravar as consequências de um acidente, ela também pode favorecer a segurança do condutor. A segurança viária engloba várias medidas que têm o objetivo de impedir a ocorrência de acidentes. Estas medidas abrangem a elaboração de projetos de rodovias favoráveis à segurança e, também, a conscientização dos condutores quanto a sua responsabilidade pelo trânsito seguro, o estabelecimento de normas de circulação e a sua fiscalização.

As medidas de engenharia influenciam o comportamento dos condutores, assim como as medidas de educação e fiscalização. Assim, com o objetivo de evitar a ocorrência de acidentes e tornar menos graves as suas consequências, a abordagem sistêmica de revisão da geometria da via e dos seus elementos constituintes tem se tornado uma alternativa viável para aprimorar a segurança

no trânsito. As rodovias construídas ou adequadas segundo esse conceito são denominadas “rodovias que perdoam”<sup>1</sup>. E este Transporte em Foco apresenta uma breve análise da sua implementação no mundo e no Brasil e detalha os principais aspectos que caracterizam essas rodovias.

## Implementação mundial e nacional

O propósito do conceito de uma rodovia que perdoa é evitar acidentes de trânsito causados pelo erro humano ou minimizar as suas consequências. A exemplo disso, os seus elementos advertem o condutor para que corrija um comportamento ou reaja em conformidade a um risco, redirecionam suavemente os veículos que eventualmente saiam da via ou permitem largura suficiente de áreas de escape para que o condutor possa manter o controle de parada nas situações de risco.

A primeira iniciativa desse conceito de segurança viária surgiu na década de 60 do século passado, nos Países Baixos. Na época, eles tinham um elevado número de fatalidades nas rodovias, por isso se buscou tornar as vias mais largas e com traçados mais retilíneos. Posteriormente, os Estados Unidos também adotaram esse conceito. Ambos os países, além de desenvolverem o conceito das rodovias que perdoam, também incentivaram o aperfeiçoamento das tecnologias de segurança nos carros e a reeducação dos motoristas.

O relatório *Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety*<sup>2</sup>, publicado em 1967, pela Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte (AASHTO<sup>3</sup>), foi o primeiro documento oficial nos Estados Unidos com

foco nos elementos perigosos presentes em rodovias e sugeriu o tratamento adequado para muitos deles. Esse guia, popularmente conhecido como *Yellow Book*<sup>4</sup>, foi revisado e atualizado em 1974. Posteriormente, em 1977, a AASHTO publicou o *Guide for Selecting, Locating and Designing Traffic Barriers (Barrier Guide)*<sup>5</sup>, que fornecia detalhadamente a orientação de como usar e projetar barreiras longitudinais e atenuadores de impacto. Essa publicação foi fundamental para ajudar a atingir o alto grau de padronização de barreiras existente atualmente nos Estados Unidos. Por fim, em 1988, a AASHTO aprovou, formalmente, seu *Roadside Design Guide*<sup>6</sup>. Esse manual reúne muitas informações contidas no *Yellow Book* de 1974 e no *Barrier Guide* de 1977, além de apresentar novos resultados de pesquisas adicionais.

Em 1997, a Suécia deu origem ao conceito de segurança viária Visão Zero. Essa política é atualmente uma das principais referências para o conceito de rodovias que perdoam no mundo. Sua abordagem é baseada na prioridade da vida humana e na premissa de que nenhuma vida perdida no trânsito é aceitável. Além disso, compreende que os erros humanos são inevitáveis e, portanto, os projetistas das rodovias devem considerá-los como parte do processo de planejamento. Assim, deve-se garantir que, quando ocorrer, o erro se dará em segurança. Com isso, desde que a Suécia adotou a Visão Zero, verifica-se uma redução de mortes significativa no país. Em 1990, o índice de mortes a cada 100 mil habitantes na Suécia era de 9,1. Já em 2017, vinte anos após a implantação da Visão Zero, esse número caiu para 2,5, correspondendo a uma das menores taxas de mortalidade no trânsito no mundo.

No Brasil, o conceito de rodovias que perdoam foi incorporado na norma ABNT NBR 15486, publicada em 2007 e revisada em 2016. A norma estabelece um conjunto de orientações

<sup>1</sup> “Forgiving roads” na língua inglesa.

<sup>2</sup> Projetos e Práticas Operacionais Relacionadas à Segurança nas Rodovias”, em tradução livre do inglês.

<sup>3</sup> Tradução livre do inglês “American Association of State Highway and Transportation Officials”.

<sup>4</sup> “Livro Amarelo”, em tradução livre do inglês.

<sup>5</sup> “Guia para Selecionar, Localizar e Projetar Barreiras (Guia de Barreiras)”, em tradução livre do inglês.

<sup>6</sup> “Guia de Projeto das Margens das Rodovias”, em tradução livre do inglês.

para a segurança no tráfego e a realização dos projetos de dispositivos de contenção viária. Além disso, em 2010, foi publicada, pela Organização das Nações Unidas (ONU), a resolução A/RES/64/255, por meio da qual a entidade declarava o período de 2011 a 2020 como a “Década de Ações para a Segurança Viária”. Essa resolução objetivava definir políticas, programas, ações e metas para, ao nível global, diminuir a mortalidade em acidentes de trânsito em 50% em dez anos. Porém, em 2018, com a constatação de que os objetivos de redução não seriam alcançados no Brasil, foi criado o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrans), a partir da lei nº 13.614. Esse plano visa a redução pela metade dos índices de mortos por grupo de habitantes e por grupo de veículos, em um período de dez anos (2019-2028).

Apresentam-se a seguir alguns dos elementos que, utilizados em conjunto e de modo sistêmico, compõem o conceito das rodovias que perdoam.

## Principais elementos das rodovias que perdoam

As rodovias que perdoam abrangem a implantação de diversos elementos de segurança viária, também conhecidos como equipamentos de segurança passiva. Zonas livres, dispositivos de contenção, atenuadores de impacto, sonorizadores e acostamentos, dentre outros, fazem parte desse conceito.

### Zona livre

É importante disponibilizar, ao longo da rodovia, uma faixa de terreno livre de elementos fixos e que possa ser atravessada com segurança por veículos desgovernados. Essa área livre de obstáculos é referenciada na literatura internacional como *clear zone* e no Brasil é conhecida como zona livre. Ela permite que o condutor, após uma eventual saída da pista de rolamento, possa recuperar o controle do veículo em segurança.

Esse conceito foi introduzido pelo *Yellow Book*,

em 1974. Na época, a largura da zona livre dependia da velocidade da via e era maior em locais onde era mais provável que os veículos deixassem o trecho trafegável da rodovia. Desde a sua utilização original nos Estados Unidos, o conceito tem vindo a ser considerado nos projetos de rodovias também em outros países.

Atualmente, no Brasil, o cálculo da largura da zona livre é realizado de acordo com as especificações da NBR 15486. Nessa norma, a largura da zona livre é obtida em função da velocidade de projeto, do Volume Diário Médio (VDM) e da declividade lateral da pista. Em pistas simples, o VDM total utilizado é referente aos dois sentidos. Já em pistas duplas, utiliza-se apenas o VDM da pista no sentido do tráfego em análise e, em marginais segregadas, deve-se considerar o VDM para cada pista. Além disso, para calcular a zona livre na parte externa de curvas, a largura calculada pode ser ajustada de acordo com fatores de correção, em função da velocidade e do raio da curva.

A existência de uma zona livre influencia diretamente na implantação de dispositivos de contenção viária. Se sua largura for adequada, podendo ser atravessada com segurança, sem obstáculos fixos, não há necessidade de utilização de dispositivos de contenção. Assim, além de aumentar o nível de segurança para os usuários da via, há também economia de recursos quanto à implantação e manutenção desses dispositivos. Entretanto, vale destacar que também há custos associados à implantação da zona livre, tais como a terraplenagem e a remoção de obstáculos. Dessa forma, nem sempre será possível ter a largura da zona livre adequada – que, segundo a norma, pode variar de 2,0 a 14,0 m.

São exemplos de obstáculos que potencialmente apresentam perigo nas laterais das rodovias: árvores (com diâmetro maior que 10 cm), postes e pilares de pontes e viadutos. Porém, como mencionado anteriormente, nem sempre é possível removê-los. Sendo assim, de acordo com a NBR 15486, se o elemento fixo não puder ser eliminado, ele deve ser redesenhado de forma que possa ser

atravessado com segurança ou realocado para um lugar onde a possibilidade de ser atingido seja menor. Até mesmo a sinalização vertical pode ser considerada como um obstáculo perigoso na via. Dessa forma, para minimizar esses riscos, existe a possibilidade da utilização de suportes colapsíveis para elementos de sinalização. Esses dispositivos são projetados para fraturarem-se ou separarem-se controladamente quando atingidos por um veículo, reduzindo, assim, a severidade do impacto. Ainda assim, se essas alternativas não forem viáveis, o elemento fixo deve ser devidamente protegido por dispositivos de contenção lateral ou pontual.

Ainda dentro do conceito de zona livre, outro equipamento que tem grande influência na segurança viária são as áreas de escape (Figura 1). Esse tipo de área é composto por uma via lateral adicional que sai da rodovia, com geralmente 100 metros de comprimento, 5 metros de largura e 1 metro de profundidade. Construído principalmente em declives, tem o objetivo de conter caminhões e ônibus em grande velocidade incapazes de parar – devido a avarias mecânicas ou condições ambientais adversas. Essa via é composta por misturas de terra, argila expandida e brita, além de possuir uma leve inclinação (active) para auxiliar ainda mais na redução da velocidade do veículo. Ao acessar a área de escape, o veículo para quase que imediatamente, evitando possíveis acidentes. No Brasil, a primeira área de escape foi construída em 2001, pela concessionária Ecovias dos Imigrantes, na Via Anchieta (SP-150), no município de São Bernardo do Campo.

**Figura 1: Exemplo de área de escape**



Fonte: Tribuna do Paraná, 2018.

## Dispositivos de contenção viária

Os dispositivos de contenção viária fazem parte dos tipos de medidas de proteção adotados em uma rodovia que perdoa. São equipamentos instalados ao longo da via para proteger o condutor, contendo, redirecionando e/ou absorvendo a energia do impacto de veículos desgovernados. Sua estrutura é projetada para reduzir a gravidade dos acidentes e impedir que os veículos invadam locais de risco ou atinjam obstáculos fixos. Eles podem ser classificados em dispositivos de contenção longitudinal e de contenção pontual.

Os dispositivos de contenção longitudinal podem ser dos tipos lateral e central. Os laterais têm a função de prevenir que o veículo colida com um obstáculo fixo naquela região ou ultrapasse um terreno perigoso. E os centrais são responsáveis por separar o tráfego de sentidos opostos, prevenindo que um veículo atinja outro frontalmente. Os tipos de dispositivos de contenção longitudinal mais difundidos são as defensas metálicas e as barreiras New Jersey (de concreto). As defensas e barreiras evitam ainda que um veículo errante atinja pedestres e ciclistas, quando implantadas entre a pista de rolamento e as áreas de circulação desses usuários, como passeios e ciclovias.

As defensas metálicas (Figura 2) são um tipo de dispositivo de proteção longitudinal constituído de perfis metálicos, semimaleáveis e maleáveis. Devem ser fabricadas de acordo com as normas ABNT NBR 6970 e ABNT NBR 6971, ambas de 2012. Podem ser projetadas para pistas em desnível, canteiros centrais, aterros altos, curvas de raio pequeno, proteção de entradas e saídas de pontes, viadutos e pórticos, proteção contra obstáculos fixos junto à pista, vias margeando rios e lagos e outras situações que o projetista julgar aplicáveis. E, para que sejam eficazes, as defensas devem ser adequadamente implantadas, considerando o espaçamento entre postes, a declividade do terreno onde os postes são implantados, a extensão mínima (antes e após o obstáculo), o afastamento mínimo do obstáculo e o remate correto.



### Figura 2: Exemplo de defesa metálica lateral



Fonte: Pesquisa CNT de Rodovias 2019.

Apesar de serem projetadas para diminuir a severidade de acidentes, defensas metálicas convencionais podem representar um fator de risco ao serem impactadas por motocicletas. Diferentemente dos automóveis, o impacto de uma motocicleta com uma defesa metálica pode resultar em uma colisão direta do motociclista com os postes de fixação da defesa, causando traumas graves ou mesmo fatalidades. A partir disso, foram desenvolvidas defensas metálicas voltadas à proteção desse condutor em específico. Nelas são colocadas lâminas adicionais, à frente dos postes, até uma altura rente ao pavimento, como mostra a Figura 3. Dessa forma, a barreira protege todos os usuários da via.

### Figura 3: Exemplo de defesa metálica para motocicletas



Fonte: Por Vias Seguras.

Além disso, em algumas situações, as defensas metálicas também não são capazes de conter veículos pesados e com centro de gravidade mais elevado, como caminhões e

ônibus. Porém, atualmente, não há nenhuma especificação na norma referente a esses casos.

A barreira New Jersey (Figura 4) foi desenvolvida no estado de New Jersey, nos Estados Unidos, a partir da observação de acidentes contra barreiras e de sucessivos aperfeiçoamentos das suas medidas. O diferencial desse dispositivo consiste no seu perfil, que evita que o veículo capote no momento da colisão.

### Figura 4: Exemplo de barreira New Jersey central



Fonte: Pesquisa CNT de Rodovias 2019.

Além de atuar como contenção longitudinal e separação de fluxos de tráfego, as barreiras New Jersey também têm a função de delimitar, provisoriamente, pistas em obras. Por ocupar pouco espaço e ter uma boa resistência ao choque, ela se tornou uma solução de destaque entre as mais eficientes medidas de segurança viária. No Brasil, são produzidas de acordo com o padrão determinado pela norma UNI EN 1317/98-2001 e pela ABNT NBR 15486. São normalmente compostas por peças de concreto pré-moldado ou moldado *in loco*, com aproximadamente 6 metros de comprimento e 1 metro de altura.

Os dispositivos de contenção pontual são utilizados para diminuir a severidade de colisões que resultam em uma carga de impacto concentrada. Classificam-se em dispositivos atenuadores de impacto e terminais absorvedores de energia (TAE).

Os atenuadores de impacto absorvem a energia causada pela colisão de um veículo desgovernado com um objeto fixo na lateral da

rodovia. Normalmente, são implantados em pistas de desaceleração, cabines de pedágio e outros pontos fixos que possam representar perigos relacionados à velocidade. São instalados em frente a um obstáculo ou a outro dispositivo de proteção, não fazendo parte do corpo da própria barreira ou defesa, como mostrado na Figura 5.

**Figura 5: Exemplo de dispositivo atenuador de impacto**



Fonte: Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2018.

O princípio de funcionamento dos atenuadores de impacto está relacionado com a absorção da energia cinética<sup>7</sup> nos impactos frontais, de forma controlada, em um curto espaço. Essa absorção ocorre por meio da deformação do material do atenuador de impacto, sendo necessário um suporte rígido capaz de resistir às forças durante a dissipação da energia.

Os atenuadores podem ainda ser classificados em rediretivos ou não rediretivos, conforme redirecionem o veículo à via – ou não – em caso de impacto lateral. Os baldes com areia (Figura 6), também conhecidos como inerciais, são exemplo de atenuadores de impacto não rediretivos. Esses dispositivos funcionam a partir do princípio da conservação do momento<sup>8</sup>. A absorção do impacto acontece por meio da transferência do momento do veículo para os baldes com areia, localizados em sua trajetória. Sendo assim,

diferentemente dos atenuadores metálicos, como o apresentado na Figura 5, esses não necessitam de suporte rígido. E, além de areia, também existem modelos de barreiras com baldes preenchidos com água.

**Figura 6: Exemplo de barreira de baldes com areia**



Fonte: Trinity Highway.

Os terminais absorvedores de energia, quando atingidos frontalmente, têm a mesma função dos atenuadores de impacto: absorver a energia cinética do veículo impactante, permitindo uma parada segura. São elementos que devem ser implantados nas extremidades das defensas que podem ser atingidas por veículos desgovernados, como mostra a Figura 7. Diferentemente dos atenuadores, os terminais fazem parte do corpo das defensas.

**Figura 7: Exemplo de terminal absorvedor de energia (TAE)**



Fonte: Pesquisa CNT de Rodovias 2019.

<sup>7</sup> Forma de energia associada à velocidade de um corpo.

<sup>8</sup> O momento, também conhecido como quantidade de movimento, é uma grandeza física vetorial obtida a partir do produto da velocidade do corpo por sua massa. A conservação do momento aplica-se somente a um sistema isolado de objetos e é usada principalmente para descrever colisões entre objetos.



Para preservar a segurança das rodovias, é importante ainda fornecer a manutenção adequada para os dispositivos de contenção. Após um acidente, quando o dispositivo de contenção perde a sua eficácia, a reparação e/ou a substituição devem ser imediatas, para evitar que condutores em impactos subsequentes possam se ferir naquele trecho da rodovia. Da mesma forma, é essencial que se realize uma manutenção preventiva, para aumentar a durabilidade das barreiras de contenção.

### Sonorizadores e faixas de alerta

O sonorizador é um dispositivo físico de controle de tráfego instalado na superfície da pista, como mostra a Figura 8, que causa um efeito sonoro-vibratório com a passagem de veículos. Sua função é induzir os condutores a diminuir a velocidade e alertar para alguma situação de perigo à frente.

**Figura 8: Exemplo de sonorizadores**



Fonte: Site Oficial do Poder Legislativo de Nova Andradina/MS, 2016.

Segundo a resolução nº 601/2016 do Conselho Nacional de Trânsito (Contran), os sonorizadores podem ser executados com material asfáltico, concreto ou material de demarcação viária. Sua largura deve ser igual à da pista, mantendo-se as condições de drenagem superficial, e, quando produzidos com material asfáltico ou concreto, seu comprimento total deve ser de, aproximadamente, 5 metros. Quanto às régua, é indicado que tenham largura de 8 centímetros, altura de 2,5 centímetros e

espaçamento de 8 centímetros. Os sonorizadores não devem ser implantados em locais com edificações lindeiras e nem em trechos de curvas horizontais.

Em alguns países, foram instaladas, em algumas rodovias, faixas musicais no pavimento, que podem ser consideradas como um tipo de sonorizador de trânsito. Esse sistema gera o som das notas musicais por meio de ranhuras implantadas no pavimento com diferentes alturas e espaçamentos. Assim a frequência gerada pelo contato do pneu cria o som de uma música de conhecimento geral. Seu objetivo é alertar motoristas distraídos, principalmente em relação à velocidade. Sendo assim, quanto mais rápido o veículo passa por cima das faixas, mais rápido será o andamento da música. Atualmente, as chamadas “rodovias musicais” podem ser encontradas na Dinamarca, nos Países Baixos, nos Estados Unidos, no Japão, na Coreia do Sul, na China e na Ucrânia. E, apesar de serem eficazes no controle da velocidade dos usuários, sua utilização encontra resistência em áreas povoadas devido ao incômodo gerado pela grande frequência com que a música, geralmente, é tocada.

Já as faixas de alerta (Figura 9) equivalem a um conjunto de cortes rasos transversais, empregados próximo às faixas laterais ou à linha central da pista. Seus espaçamentos e profundidades são simétricos e constantes e, assim como os sonorizadores, geram um efeito sonoro e vibratório capaz de alertar os motoristas desatentos que transitarem por elas. Com isso, esse aviso permite que o condutor distraído ou com sono que saia inadvertidamente da sua faixa tenha a oportunidade de corrigir sua ação, voltando à trajetória segura e evitando a ocorrência de um acidente.

As faixas de alerta empregadas sobre as laterais são as mais comuns e as utilizadas há mais tempo. São prioritariamente projetadas para reduzir os acidentes em que o motorista sai da pista de rolamento. Já as faixas de alerta instaladas sobre a linha central da pista são mais raras. Em sua maioria, são

implementadas em vias de mão dupla, com o objetivo de evitar colisão frontal entre veículos.

**Figura 9: Exemplo de Faixas de Alerta**



Fonte: *Surface Preparation Technologies LLC*, 2015.

Para a realização dos sulcos no pavimento, nem sempre é necessário o fechamento total da via. Sendo assim, o método construtivo não tem quase nenhum impacto sobre o tráfego. Além disso, por sua execução ser simples, seu custo total de implantação é relativamente baixo comparado a outros dispositivos de segurança viária, além de ter pouco ou nenhum custo de manutenção contínua.

### Características da via

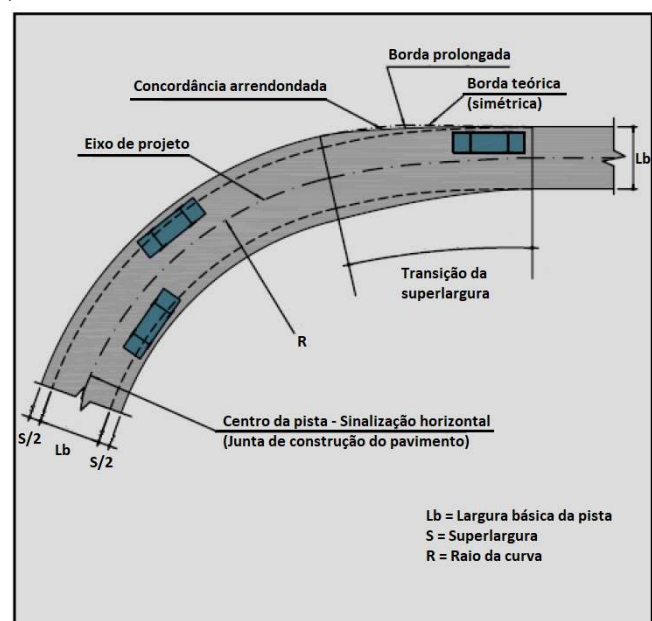
A geometria adequada da via integra uma das principais características de uma rodovia que perdoa. A largura das faixas e do acostamento, o alargamento e a inclinação de faixas em trechos de curva e a declividade dos taludes laterais são essenciais na composição desse conceito. Com as dimensões apropriadas, a rodovia é capaz de fornecer maior segurança nos casos de erro humano na condução. Atualmente, essas características já são exigidas nos manuais de projeto do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Dnit) e utilizadas nas rodovias brasileiras.

A largura total é um dos aspectos mais importantes na execução de uma rodovia segura. A largura da faixa de rolamento proporciona um maior afastamento lateral entre os veículos que se cruzam ou circulam

em um mesmo sentido, reduzindo a incidência de colisões frontais e oblíquas. E a largura do acostamento aumenta a possibilidade de o motorista conseguir retomar o controle do veículo quando ocorrerem saídas de pista.

Nos trechos em curva há um grande potencial de ocorrer a saída da pista e, por isso, é importante haver uma maior largura das faixas nessas áreas. Esse acréscimo é denominado superlargura, e seu objetivo é proporcionar conforto e segurança em curvas com raio relativamente pequeno. A implantação da superlargura pode ser disposta em dois tipos: alargamento simétrico (Figura 10) e assimétrico da pista (Figura 11). No alargamento simétrico, metade da superlargura é disposta no lado interno da curva e metade no lado externo. Já o alargamento assimétrico acontece quando a superlargura é totalmente aplicada no lado interno da curva. Quando a curva em foco é dotada de curva de transição, recomenda-se utilizar alargamento simétrico. Já quando há o emprego de curva circular simples sem transição ou a curva está condicionada a problemas de execução ou de aproveitamento de faixa de domínio, recomenda-se o alargamento assimétrico.

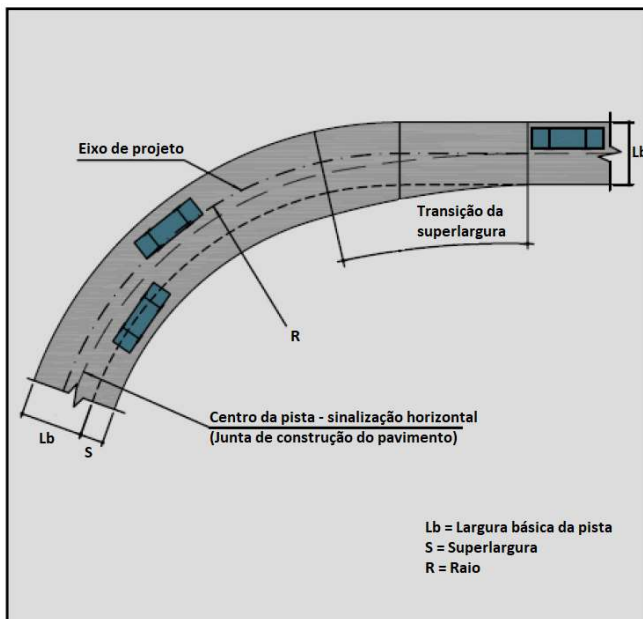
**Figura 10: Superlargura por alargamento simétrico da pista**



Fonte: Dnit, 2010.



**Figura 11: Superlargura por alargamento assimétrico da pista**



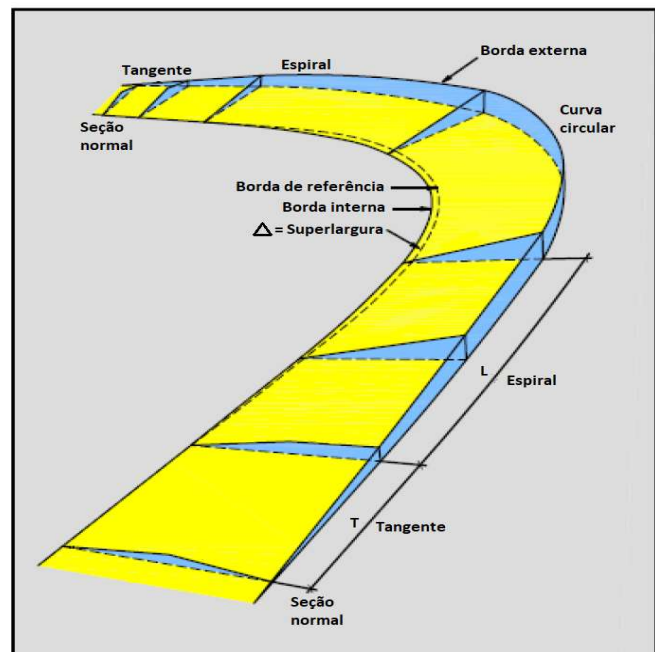
Fonte: Dnit, 2010.

Outra medida adotada para aprimorar a segurança e o conforto nas curvas é a superelevação (Figura 12). A superelevação consiste em uma declividade transversal da pista nesses trechos de curva, que auxilia o veículo a manter-se no alinhamento da via. Atenua-se, assim, o efeito da força centrífuga<sup>9</sup>, que tende a empurrar o veículo para fora da pista. A determinação da superelevação é realizada por meio do estudo do movimento de um veículo em trajetória circular, com uma dada velocidade tangencial, numa pista inclinada transversalmente. Em geral, os valores de superelevação variam entre 5 e 8%.

Os taludes laterais à rodovia também podem ser caracterizados como parte importante de uma rodovia que perdoa. Com uma declividade adequada, podem contribuir para a diminuição da quantidade de acidentes e fornecer mais segurança ao condutor. De acordo com o *Roadside Design Guide* da AASHTO, esses taludes devem ser o menos íngremes possível. Sendo assim, o guia sugere que seja feita sua suavização, principalmente em locais que apresentam alto risco de o veículo sair da pista. Além disso, segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER, o

emprego de taludes suaves pode diminuir a necessidade de defensas. A norma ABNT NBR 15486, por sua vez, define os critérios para que um talude seja considerado seguro para o atravessamento por veículos errantes ou deva ser protegido por dispositivos de contenção lateral.

**Figura 12: Superelevação**



Fonte: Dnit, 2010.

Por fim, características físicas do pavimento também podem influenciar na ocorrência de acidentes. O ideal é que o pavimento não tenha irregularidades e tenha uma boa aderência. A derrapagem é um fator presente em muitos acidentes, principalmente em ocasiões em que o pavimento esteja molhado. Assim, a superfície da rodovia deve proporcionar um nível de atrito adequado entre o pavimento e os pneus, para que o veículo se desloque de forma segura. Para isso, devem ser analisadas a microtextura e a macrotextura do pavimento. O efeito da microtextura é importante em rodovias sujeitas a velocidades baixas e o da macrotextura em velocidades altas.

## Considerações finais

Nos últimos anos, constatadas a quantidade de acidentes de trânsito e as suas consequências sociais e econômicas, vários países projetaram

<sup>9</sup> Força que empurra um corpo para fora da trajetória num movimento circular.

ações que visam a melhorar a segurança viária. Dada a relevância da componente humana como fator contribuinte para os acidentes de trânsito, tentar minimizar os erros previsíveis por meio de uma infraestrutura rodoviária mais segura tem se mostrado uma alternativa eficaz. E apesar de não ser ainda um conceito amplamente conhecido e implantado no Brasil, as rodovias que perdoam já vêm sendo desenvolvidas há algum tempo em diversos países, com resultados positivos.

Diversos elementos e soluções têm vindo a ser criados ou aprimorados, no sentido de evitar que os acidentes ocorram e diminuir a gravidade daqueles que não puderem ser evitados, “perdoando o erro” dos condutores e contribuindo para a segurança de todos os usuários no trânsito. Os dispositivos de contenção, as zonas livres, os sonorizadores e as características da via são capazes de proporcionar mais segurança e conforto aos motoristas. E, para isso, é importante que cada trecho rodoviário seja analisado de modo particular, evidenciando suas principais necessidades e sempre seguindo as orientações dos manuais e normas técnicas em vigor.

No Quadro 1 estão apresentados os quatro tipos mais frequentes de acidentes com vítimas nas rodovias federais brasileiras, no período de 2017 a 2020, segundo o Painel de Acidentes Rodoviários da CNT, relacionados com os principais elementos de uma rodovia que perdoa. Nele, para cada dispositivo de proteção, está marcado com um “X” o acidente que poderia ser evitado ou ter as respectivas consequências minimizadas.

Dado o exposto, é importante ressaltar que a aplicação do conceito de rodovias que perdoam, de forma disseminada, no sistema rodoviário nacional gerará benefícios sociais e econômicos para o país. Em 2020, os custos de acidentes de trânsito em rodovias federais no Brasil corresponderam a R\$ 10,22 bilhões, de acordo com metodologia definida pelo Instituto

de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) e Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP). Na totalidade desse mesmo ano, por outro lado, foram investidos pela União em adequação e manutenção das rodovias, no país, apenas R\$ 6,74 bilhões<sup>10</sup>. Ademais, segundo a Pesquisa CNT de Rodovias 2019, em apenas 11,3% da extensão viária pesquisada<sup>11</sup> os dispositivos de proteção contínua (defensas) estão presentes, quando necessários, em todo o percurso. Com isso, conclui-se que os benefícios decorrentes da redução de acidentes não apenas seriam superiores aos custos de implantação do conceito de rodovias que perdoam, mas também amplamente justificados.

**Quadro 1: Relação entre tipos de acidentes e elementos de rodovias que perdoam**

Elementos de rodovias que perdoam	Tipos de acidente mais frequentes no Brasil			
	Colisão com outro veículo	Saída de pista	Capotamento/Tombamento	Atropelamento
Contenção lateral		X	X	X
Contenção central	X	X	X	
Atenuador de impacto	X			X
TAE	X	X	X	
Zona livre	X		X	
Área de escape	X		X	
Sonorizador	X	X	X	X
Faixa de alerta	X	X	X	
Superlargura/Superelevação	X	X	X	

Fonte: Elaboração CNT com dados do Painel de Acidentes Rodoviários CNT.

<sup>10</sup> Elaboração CNT com dados do Siga Brasil.

<sup>11</sup> A Pesquisa CNT de Rodovias 2019 avaliou 108.863 km, que correspondem à totalidade de malha rodoviária federal pavimentada e às principais rodovias estaduais.

## Referências

- 4S - SISTEMA DE SINALIZAÇÃO SONORA DE SEGURANÇA. **Faixas de Alerta – Custo**. Disponível em: <http://www.faixasdealerta.com.br/custo/>. Acesso em mai de 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Roadside Design Guide**. United States of America, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6970: Segurança no tráfego – Defensas metálicas zincadas por imersão a quente**. Rio de Janeiro, 2012.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6971: Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação**. Rio de Janeiro, 2012.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15486: Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**. Rio de Janeiro, 2016.
- BEKIARIS, E.; GAITANIDOU, E. **Towards Forgiving and Self-Explanatory Roads**. Chapter 2. Infrastructure and Safety in a Collaborative World. Berlin, 2011.
- BRASIL. **Lei nº 13.614, de 11 de Janeiro de 2018**. Brasília, 2018.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Auditoria de Segurança Viária**. Notas técnicas. NT 213, 2010.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**. Brasília: CNT, 2019.
- \_\_\_\_\_. **Painel de Acidentes Rodoviários**. Brasília: CNT, 2019.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Pnatrans. União pela vida. Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito**. Brasília: 2018.
- \_\_\_\_\_. **Resolução nº 601, de 24 de Maio de 2016**. . 2016.
- DE SOUZA, M. L. R. **Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária**. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM – 005/2012. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 206 p.
- DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Resolução nº 7786, de 26 de Abril de 2018**. . 2018.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Especificação técnica referente a suportes colapsíveis para sinalização rodoviária**. Janeiro de 2020.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **Obras Complementares: Ondulações transversais e sonorizadores**. ES-OC 16/05. Curitiba, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Rio de Janeiro, 2010. 280p. (IPR. Publ.,741).
- \_\_\_\_\_. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010. 392p. (IPR.Publ.,740)
- \_\_\_\_\_. **NORMA DNIT 109: Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Projeto de barreiras de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2018.
- ENTE NAZIONALE DI UNIFICAZIONE. **EN 1317: Road restraint systems**. Itália, 2001.
- ESTRADA VIVA. **Visão Zero**. Disponível em: <https://sites.google.com/view/estrada viva/vis%C3%A3o-zero>. Acesso em mai de 2020.
- ESTRADAS. **Áreas de escape nas rodovias salvam vidas**. Estradas: O portal de rodovias do Brasil, 2020. Disponível em: <https://estradas.com.br/areas-de-escape-nas-rodovias-salvam-vidas/>. Acesso em dez de 2020.
- KARASZ, P.; JOSEPH, Y. **Estrada que toca música para motoristas distraídos enlouquece moradores na Holanda**. Bol Notícias, 2018. Disponível em: <https://noticias.bol.uol.com.br/ultimas-noticias/internacional/2018/04/16/estrada-que-toca-musica-para-motoristas-distraidos-enlouquece-moradores-na-holanda.htm>. Acesso em ago de 2020.
- KOZEL, S. M. R. **New Jersey Median Barrier History**. Roads to the future, 2004. Disponível em: [http://www.roadstothe future.com/Jersey\\_Barrier.html](http://www.roadstothe future.com/Jersey_Barrier.html). Acesso em ago de 2020.
- LA TORRE, F. **Forgiving roadsides design guide**. Conference of European Directors of Roads. Italy, 2012.
- LEME, J. A. **Estradas musicais: como é produzido o fenômeno que faz o asfalto ‘cantar’**. Estadão, 2020. Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/fanaticos/estradas-musicais-como-funciona/>. Acesso em ago de 2020.



LÍCIO, F. G. *et al.* **Rodovias que Perdoam: Um Conceito a ser Melhor Explorado no Brasil.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 02, Vol. 01, pp. 160-174, fevereiro 2018. ISSN: 2448-0959.

LIMA, H. M. P. **Comportamento Funcional e Estrutural das Barreiras de Segurança.** Dissertação de Mestrado em Vias de Comunicação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.

MARANGONI SEGURANÇA VIÁRIA. **Como é a manutenção em dispositivos de contenção? Entenda!** Marangoni, 2018. Disponível em: <https://www.marangoni.com.br/seguranca-viaria/2018/07/11/como-e-a-manutencao-em-dispositivos-de-contencao-entenda/>. Acesso em ago de 2020.

\_\_\_\_\_. **Dispositivos de contenção viária: veja os diferentes tipos e aplicações.** Marangoni, 2018. Disponível em: <https://www.marangoni.com.br/seguranca-viaria/2018/07/11/dispositivos-de-contencao-viaria-veja-os-diferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em mai de 2020.

\_\_\_\_\_. **Zona livre nas rodovias: qual a importância para a segurança viária?** Marangoni, 2018. Disponível em: <https://www.marangoni.com.br/seguranca-viaria/2018/07/11/zona-livre-nas-rodovias-qual-a-importancia-para-a-seguranca-viaria/>. Acesso em mai de 2020.

MARVITEC. **Atenuador de impacto.** Disponível em: <https://www.marvitec.com.br/atenuador-impacto>. Acesso em mai de 2020.

\_\_\_\_\_. **Barreira New Jersey.** Disponível em: <https://www.marvitec.com.br/barreira-new-jersey>. Acesso em mai de 2020.

\_\_\_\_\_. **Defensas e Barreiras.** Disponível em: <https://www.marvitec.com.br/defensas-e-barreiras>. Acesso em mai de 2020.

\_\_\_\_\_. **Terminal absorvedor de impacto.** Disponível em: <https://www.marvitec.com.br/terminal-absorvedor-impacto>. Acesso em mai de 2020.

MISSATO, M. M. **Segurança no Entorno Viário: Critérios de Projeto e sua Relação com a Ocorrência de Acidentes com Saída de Pista.** Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples.** Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

OBSERVATORIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. **Webinar dá início à fase de desenvolvimento do projeto Rodovias que Perdoam.** 2020. Disponível em: <http://www.onsv.org.br/webinar-da-inicio-a-fase-de-desenvolvimento-do-projeto-rodovias-que-perdoam/>. Acesso em jul de 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/255, de 02 de março de 2010.** . 2010.

POR VIAS SEGURAS. **Defensas: perigo para os motociclistas!** Por Vias Seguras, 2009. Disponível em: [http://www.vias-seguras.com/infra\\_estrutura/engenharia\\_rodoviaria/contencao\\_veicular/defensas\\_metalicas/defensas\\_perigo\\_para\\_os\\_motociclistas/\(language\)/por-BR](http://www.vias-seguras.com/infra_estrutura/engenharia_rodoviaria/contencao_veicular/defensas_metalicas/defensas_perigo_para_os_motociclistas/(language)/por-BR). Acesso em nov de 2020.

POWERS, R. D. *et al.* **The "Forgiving Roadside" design of roadside elements.** Federal Highway Administration. University of New Mexico.

PRADO, A. C. **Eficiência e eficácia da filosofia "Visão Zero" na segurança de trânsito.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2019.

PRASER, A. **Dados do Dpvt mostram que acidentes de trânsito matam mais que crimes violentos.** Brasil de Fato, 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/05/18/dados-do-dpvt-mostram-que-acidentes-de-transito-matam-mais-que-crimes-violentos>. Acesso em mai de 2020.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Os conceitos de Visão Zero e Sistemas Seguros.** Mobilidade e Transportes, 2020. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/vida\\_segura/index.php?p=262881](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/vida_segura/index.php?p=262881). Acesso em jun 2020.

SANTOS, A. **Barreiras New Jersey: garantia de segurança nas estradas.** Massa cinzenta, 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/barreiras-new-jersey-seguranca-nas-estradas/>. Acesso em mai de 2020.

SENADO FEDERAL. **SIGA Brasil.** Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/orcamento/sigabrasil>. Acesso em out de 2020.

- SILVA, T. **Área de escape nas rodovias**. Plamurb, 2020. Disponível em: <https://plamurblog.wordpress.com/2020/07/15/area-de-escape-nas-rodovias/>. Acesso em dez de 2020.
- REVERB. **Melody Roads: Conheça as estradas em que a música sai do asfalto**. Reverb, 2019. Disponível em: <https://reverb.com.br/artigo/melody-roads-conheca-as-estradas-em-que-a-musica-sai-do-asfalto>. Acesso em ago de 2020.
- RIBEIRO, G. C. P. *et al.* **Dispositivos de contenção viária – um comparativo no Brasil e em outros países**. 17º Congresso Nacional de Iniciação Científica, Conic – Semesp, Faculdade de Jaguariúna.
- ROCHA, A. **R\$ 96 bilhões de reais em meio ano: prejuízo com acidentes de trânsito causa rombo global**. Jornal de Brasília, 2019. Disponível em: <https://jornaldebrasil.com.br/economia/r-96-bilhoes-de-reais-em-meio-ano-prejuizo-com-acidentes-de-transito-causa-rombo-global/>. Acesso em ago de 2020.
- TOTH, G. **Exiting the “forgivig highway” for the “self explaining road”**. Project for Public Spaces, 2009. Disponível em: <https://www.pps.org/article/what-can-we-learn-from-the-dutch-self-explaining-roads>. Acesso em mai de 2020.
- TRIBUNA DO PARANÁ. **Área de escape da BR 277 promete evitar tragédias como a de 2016 no Paraná**. Tribuna do Paraná, 2018. Disponível em: <https://www.tribunapr.com.br/noticias/curitiba-regiao/area-de-escape-da-br-277-promete-evitar-tragedias-como-a-de-2016-no-parana/>. Acesso em dez de 2020.
- VIANA, T. **Procedimentos de Auditoria para Fiscalização de Dispositivos de Contenção Viária**. Monografia de especialização em auditoria de obras públicas rodoviárias, Universidade de Brasília. Brasília, 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Road Safety 2018**. Geneva, 2018.

---

A série Transporte em Foco tem por objetivo analisar temáticas técnicas e econômicas do setor de transporte, com base em assuntos de destaque na mídia ou demandados pelos associados, auxiliando nas tomadas de decisão. Para ler as edições deste e de outros informes e boletins temáticos para o transporte, consulte [www.cnt.org.br](http://www.cnt.org.br).