

GUIAS SONORAS COMO MEDIDA DE REDUÇÃO DE ACIDENTES NAS RODOVIAS GAÚCHAS

Tatiana Gomes Tedesco
Christine Tessele Nodari
Luis Antonio Lindau

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – PPGEP
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Entre as soluções de engenharia capazes de contribuir de forma efetiva para segurança viária, estão as Guias Sonoras. Guias Sonoras são ranhuras que marcam o pavimento das rodovias alertando motoristas desatentos. Esse artigo aborda os custos de implantação do dispositivo, os aspectos construtivos, e o seu potencial na redução de acidentes. O estudo de caso mostrou que acidentes do tipo saída de pista, principal evento evitado pelas Guias Sonoras, representam aproximadamente 30% do total de acidentes de uma rodovia típica. A análise dos segmentos onde esse tipo de acidente ocorria de forma mais freqüente, revelou uma tendência à sua ocorrência em aclives/declives e/ou curvas. A análise benefício-custo indicou que um acidente com uma vítima fatal equivale à execução de 36 quilômetros lineares de Guias Sonoras. Adicionalmente, constatou-se que o investimento necessário para a implantação do dispositivo nos acostamentos do trecho analisado seria menor do que os custos de acidentes de saída de pista ocorridos no trecho no período de 3 anos.

ABSTRACT

Rumble Strips are considered one of the engineering solutions that contribute, in an effective way, to improve road safety. They are composed by indents that mark the road pavement to alert inattentive drivers. This paper presents the costs of implementing Rumble Strips, their building details and their potential as a safety device. The case study demonstrated that run-off-the-road crashes, the main type of event avoided by Rumble Strips, represent approximately 30% of the total number of accidents along a typical roadway. An analysis of the segments, where run-off-the-road crashes are more frequent, shows that they tend to occur in ramps and/or curves. The cost-benefit analysis revealed that an accident with one fatality corresponds to the implementation of 36 kilometres of Rumble Strips. The study also shows that the required investment to implement the device along the shoulders of the studied roadway is lower than the estimated costs of run-off-the-road crashes occurring during a period of 3 years.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os profissionais que atuam na área da engenharia rodoviária, têm se dedicado à busca de tratamentos e soluções de engenharia que conduzam a melhores condições de segurança na malha viária. Entre as soluções de engenharia capazes de contribuir para a melhoria da segurança estão as Guias Sonoras. As Guias Sonoras, ou *Rumble Strips*, são ranhuras realizadas sobre o pavimento com o objetivo de alertar motoristas desatentos.

Este trabalho aborda o uso das Guias Sonoras no controle ou prevenção dos acidentes do tipo saída de pista. A utilização de Guias Sonoras tem se mostrado uma medida de engenharia com bom potencial na prevenção deste tipo de acidente. Nos Estados Unidos, aproximadamente 1/3 de todos os acidentes fatais e com danos graves são causados por acidentes do tipo saída de pista (NCHRP, 2000). Acredita-se que aproximadamente 16.000 mortes por ano podem ser atribuídas a este tipo de acidente. Segundo o Federal Highway Administration (FHWA, 2001), os acidentes envolvendo saída de pista têm um custo alto. A estimativa anual do custo deste tipo de acidente é da ordem de 80 bilhões de dólares. Nesse valor inclui-se a perda de

vidas e custo com saúde gerada pelos danos causados. Custos relacionados com o sofrimento e a ruptura familiar não estão incorporados nessa estimativa.

As Guias Sonoras são chamadas, internacionalmente, de *Rumble Strips*. O termo “Guias Sonoras” é uma boa tradução para o português, sendo utilizada com frequência em Portugal. No Brasil este dispositivo também é chamado de “faixas sonorizadoras antiacidentes” ou “faixas vibratórias antiacidentes”.

2. GUIAS SONORAS

As Guias Sonoras são saliências ou ranhuras, padronizadas, construídas no pavimento, no eixo ou no acostamento da rodovia. Por terem uma textura diferente do restante da superfície da rodovia, as Guias Sonoras produzem um repentino ruído quando os veículos passam sobre elas. Além do ruído é gerada, também, uma vibração no veículo (FHWA, 2001). O Departamento de Transportes do Estado de Washington (WSDOT, 2002), define as Guias Sonoras como ranhuras ou saliências que marcam o pavimento perpendicularmente ao eixo das rodovias, na linha de bordo ou central, e servem para alertar motoristas desatentos e dar a direção para os mesmos.

Segundo NCHRP (2000), Guias Sonoras são faixas salientes ou entalhes localizados na superfície do pavimento da rodovia com a intenção de fornecer ao motorista uma advertência audível e palpável para que ele reposicione o veículo longitudinalmente ou, não cruze para outra faixa de tráfego. Esse dispositivo tem sido utilizado nos Estados Unidos, há décadas, para advertir sobre direitos de entrada, localizar zonas perigosas, tais como curvas onde ocorrem trocas de faixas, ajudar na sinalização de trânsito, ao longo dos acostamentos e ao longo do eixo da pista. No entanto, existem dois problemas relacionados à adoção de Guias Sonoras. O primeiro problema é o ruído causado próximo a zonas urbanas e, o segundo reside na dificuldade imposta aos ciclistas que precisam cruzar as Guias Sonoras.

Durante as últimas décadas, estudos vêm noticiando o uso de Guias Sonoras para induzir os motoristas a diminuir velocidades e mostrar um modo diferente de conduta nas interseções e outros pontos críticos. As Guias Sonoras são usadas desde 1954, mas ganharam popularidade durante os anos 70, quando centenas foram implementadas (Zaidel et. al.,1984).

2.1. Tipos de guias sonoras mais utilizados

O Departamento de Transportes do Estado Washington (WSDOT, 2002) atualmente usa os seguintes tipos de Guias Sonoras: *Roadway Rumble Strips* (Guia Sonora de Pista); *Shoulder Rumble Strips* (Guia Sonora de Acostamento); *Centerline Rumble Strips* (Guia Sonora de Eixo).

As Guias Sonoras de Pista (GSP) são executadas transversalmente sobre o pavimento da rodovia, ocupando toda a largura da pista. As GSP são usadas para alertar os motoristas que estão se aproximando de um cruzamento ou em uma condição de perigo que requer uma redução substancial de velocidade ou de atenção especial. As GSP têm sido usadas em um grande número de países que pretendem moderar velocidades ou alertar motoristas para os perigos que se aproximam.

A Guia Sonora de Acostamento (GSA) é o objeto principal deste trabalho. A GSA consiste de ranhuras ou saliências instaladas ao longo do acostamento pavimentado, próximo ao bordo da

rodovia ou em cima dele, respectivamente. Seu uso deve ser adotado em lugares onde a rodovia apresenta monotonia, como por exemplo em trechos prolongados de retas. Segundo WSDOT (2002), esse tipo de Guia Sonora é o mais usado atualmente.

Alguns estudos norte americanos têm demonstrado os benefícios do uso de GSA na redução de mortes e danos causados por motoristas desatentos. As metodologias utilizadas nestes estudos e seus resultados variam de estado para estado, mas todos trabalhos mostram alguma redução de acidentes atribuídos à sua presença.

As GSA não são indicadas para evitar os acidentes por saída de pista causados por excesso de velocidade, por giros repentinos resultantes da tentativa de evitar colisões sobre a pista, ou, por saídas de pista com ângulos muito grandes. Nesses casos, alertar o motorista sobre sua saída de pista não é eficaz, visto não ser possível retomar o controle do veículo com segurança. As GSA são eficazes quando colocadas o mais próximo possível da linha de bordo, pois esse local proporciona aos motoristas a chance de retomar o rumo com um ângulo pequeno em um espaço curto de tempo e com segurança.

As GSA executadas na forma de saliências sobre a linha de bordo têm o benefício adicional de proporcionar um complemento à demarcação da pista em climas rigorosos, com muita chuva ou neve, onde a sinalização horizontal não é suficiente. Em condições de tempo adversas, esse tipo de GSA possibilita uma melhor visualização das linhas, devido ao aumento de capacidade refletiva proporcionada por esse dispositivo, conforme apresentado na Figura 1.

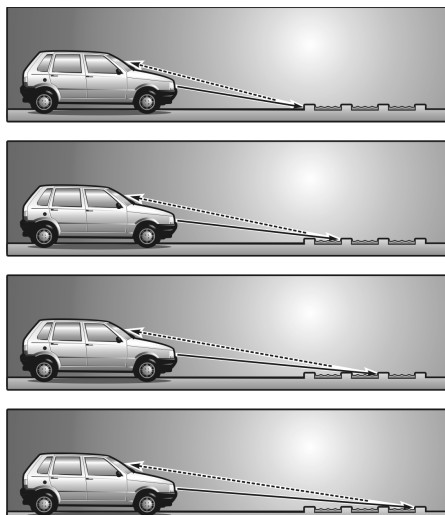


Figura 1. Retroreflexão do Dispositivo.

As GSA podem ser implementadas em rodovias recentemente construídas, restauradas ou em acostamentos existentes (concreto asfáltico ou cimento). As normas e especificações internacionais existentes para projetos de Guias Sonoras indicam detalhes construtivos tais

como o espaçamento, profundidade, largura e distâncias entre as rugosidades, como se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1. Exemplos de Especificações de Projetos em Diferentes Estados dos EUA

<i>Estado</i>	<i>Espaçamento</i>	<i>Profundidade</i>	<i>Largura</i>	<i>Largura acost.</i>	<i>Dist. do bordo externo</i>
Arizona	200 mm	22 mm	0,6 m	3,0 m	0,3 m
Califórnia	200 mm	20 mm	1,0 m	3,0 m	0,3 m
Nevada	230 mm	22 mm	1,0 m	3,0 m	0,3 m

(fonte: AASHTO, 1997)

As Guias Sonoras de Eixo (GSE) são utilizadas em rodovias onde não existe outro dispositivo de divisão de pistas, como, por exemplo, barreiras de contenção. A GSE alerta os motoristas que estão saindo da sua faixa de tráfego e invadindo a faixa de sentido oposto. Este tipo de Guia Sonora ainda está em fase de testes, não sendo ainda utilizado em larga escala, segundo WSDOT (2002).

O uso de GSE é indicado em rodovias com alto volume de tráfego, evitando potenciais colisões frontais entre veículos. É recomendada também, para pistas com faixas de rolamento muito estreitas, onde qualquer desatenção pode gerar uma mudança de rumo no veículo que pode invadir a pista de sentido contrário.

2.2. Métodos Construtivos

Os métodos construtivos utilizados na execução de Guias Sonoras são: *Milled* (Ranhuras Conformadas no Local); *Rolled* (Ranhuras Cilíndricas); *Formed* (Ranhuras Moldadas) e *Raised* (Ranhuras Salientes) (FHWA, 2002).

As Ranhuras Conformadas no Local compõem o método construtivo mais utilizado de Guias Sonoras em vários estados norte americanos por ser o de mais fácil implementação. Esse tipo de ranhura pode ser executado em pavimentos novos ou existentes, de concreto asfáltico ou de cimento. Elas têm pouco ou nenhum efeito na integridade da estrutura do pavimento e produzem mais barulho e vibração que os métodos *Rolled* e *Formed*.

Testes demonstram que o ruído e a vibração que as Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local causam são particularmente eficazes para a advertência de grandes caminhões que saem da rodovia. O Departamento de Transportes de Virginia (FHWA, 2002) concluiu que o método com ranhuras conformadas no local geram 335% mais ruído e produzem 1260% mais vibração que o com ranhuras cilíndricas. A execução das Ranhuras Conformadas no Local é feita a partir de uma máquina com cabeças cortantes rotatórias que geram uma rugosidade uniforme ao longo do acostamento da rodovia.

As Ranhuras Cilíndricas são um tipo de ranhura bem menos utilizada que as Ranhuras Conformadas no Local, pois a sua implementação exige condições construtivas específicas. As Guias Sonoras com Ranhuras Cilíndricas são impressas em rodovias com revestimento asfáltico ainda quente. Portanto, não podem ser utilizadas em rodovias já pavimentadas.

As Ranhuras Cilíndricas são moldadas com canos de aço soldados em tambores que fazem as marcas no asfalto ainda quente. A temperatura do asfalto é importante, pois, estando muito quente, as depressões resultam muito profundas e o material se despedaça depois de frio. Caso o asfalto esteja muito frio, as depressões não ficam suficientemente profundas e não

produzem um ruído alto e vibrações fortes, assim reduzindo a eficácia no alerta aos motoristas.

As Ranhuras Moldadas são similares às Guias Sonoras com Ranhuras Cilíndricas. A diferença entre elas está no tipo de pavimento onde são construídas. O método de ranhuras moldadas é aplicado sobre o pavimento de concreto de cimento. As ranhuras do tipo *Formed* são, também, mais profundas e mais largas que as Guias Sonoras Cilíndricas, produzindo maior ruído e vibração. As Guias Sonoras com Ranhuras Moldadas são aplicadas com o concreto de cimento ainda fresco. As dimensões são semelhantes às de Ranhuras Cilíndricas.

As Ranhuras Salientes são elevações sobre o pavimento que podem ser executadas por uma grande variedade de produtos, tais como tachões, calotas, tintas termoplásticas (que formam rugosidades), tiras aderentes no pavimento novo ou existente, entre outros. As dimensões das Guias Sonoras com Ranhuras Salientes dependem do material utilizado. Frequentemente, as ranhuras deste tipo de Guia Sonora são refletivas para definir as linhas de tráfego à noite e sob condições do tempo adversas.

NCHRP (2000) destaca os métodos construtivos de Guias Sonoras mais utilizados nos diferentes estados norte americanos. De acordo com a Tabela 2, pode-se perceber uma preferência pelo método construtivo com Ranhuras Conformadas no Local, seguido pelas Ranhuras Cilíndricas.

Tabela 2. Diferentes Formas Construtivas nos Diferentes Estados dos EUA

Estado	Ranhuras Conformadas no Local	Ranhuras Cilíndricas	Ranhuras Moldadas	Ranhuras Salientes
Alabama		X		
Arizona		X	X	
Califórnia		X		
Colorado		X		
Florida	X			X
Kentucky	X	X		
Michigan	X			
Minnesota	X			
Montana	X		X	
New York	X		X	
Pennsylvania	X			
South Carolina	X	X		
South Dakota		X		
Wyoming	X			

(fonte: NCHRP, 2000).

2.3. Experiência Internacional

A bibliografia revelou que as principais experiências no uso do dispositivo “Guias Sonoras” encontram-se nos Estados Unidos. Adicionalmente, países como Espanha, Canadá, Portugal e Austrália também possuem experiências no uso de Guias Sonoras.

Segundo o FHWA (2002), a maioria dos 50 departamentos de transportes americanos pesquisados identificaram uma relação benefício/custo da ordem de 50:1 na adoção de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local. O Estado de Nevada obteve um resultado que varia entre 30:1 e 60:1 com a aplicação do dispositivo. Isso significa que, para cada dólar

investido em Guias sonoras, ter-se-ia uma redução de gastos com acidentes da ordem de 50 dólares.

2.4. Experiência Nacional

A experiência brasileira no uso de Guias Sonoras ainda é bastante limitada. Algumas empresas brasileiras possuem a tecnologia e o conhecimento suficientes para fornecer o serviço, mas têm encontrado dificuldades comerciais. Provavelmente por desconhecerem as potencialidades do dispositivo, os órgãos públicos e operadoras privadas não demonstram interesse em implantar Guias Sonoras em suas rodovias.

As demonstrações piloto implementadas em rodovias concessionadas paulistas não foram levadas adiante. As empresas capazes de executar o serviço ainda não conseguiram realizar, de maneira efetiva, estudos do tipo antes-depois para comprovarem a eficácia das Guias Sonoras.

Entre as experiências nacionais destaca-se o caso da rodovia SP/310, trecho Washington Luis – Santa Gerturdes, onde foram executados 500 metros de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local. Esse trecho foi selecionado para auxiliar no controle de saída de pista decorrente de neblina intensa, muito freqüentes no local. Uma imagem das Guias Sonoras executadas nessa rodovia é apresentada na Figura 2.



Figura 2. Guias Sonoras na Rodovia SP/310. (fonte: Arquivo da Empresa Paulifresa)

3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido teve duas finalidades básicas: (i) verificar a existência de locais com maior propensão à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista, principal tipo de acidente evitável pelo uso das Guias Sonoras e (ii) avaliar a viabilidade da implantação do dispositivo nas rodovias do Rio Grande do Sul.

A rodovia selecionada para o estudo foi a RS/122. O trecho avaliado, de 38 quilômetros de extensão, situa-se entre Flores da Cunha e Antonio Prado. Para avaliar a viabilidade da implantação do dispositivo, foram comparados os custos estimados para os acidentes e os custos de implantação de Guias Sonoras, nesse trecho rodoviário.

3.1. Avaliação da geometria x acidentes por saída de pista

Os dados apresentados na Tabela 3 estão organizados em acidentes do tipo saída de pista e todos os outros tipos de acidentes ocorridos. A tabela também contém uma síntese da planimetria e altimetria predominante em cada quilômetro do trecho estudado. A planimetria foi subdividida entre curvas acentuadas, curvas suaves e retas. Foram apontados, também, as interseções ou outros pontos notáveis. A altimetria, por sua vez, foi identificada segundo a predominância de aclives e declives e trechos no plano. Dessa forma, cada segmento (1 quilômetro de rodovia) foi classificado em uma ou mais das seguintes categorias: Predominantemente reta; Predominantemente curva; Com ou sem interseção; Predominantemente aclive/declive; Predominantemente plano.

Tabela 3. Dados de Acidentes e Características Geométricas da Rodovia RS/122

Km	Planimetria				Altimetria		n° de acidentes						Total de outros acidentes	Total de acidentes por saída de pista	Total de acidentes	
					Nov/2000 - Out/2001		Nov/2001 - Out/2002		Nov/2002 - Set/2003							
	predomina		interseção/acesso	outros	predomina		outros tipos de acidentes	Acidentes por saída de pista	outros tipos de acidentes	Acidentes por saída de pista	outros tipos de acidentes	Acidentes por saída de pista				
	curvas acentuadas	curvas suaves			retas	aclive/declive										plano
90	x				x		09	04	08	03	09	03	26	10	36	
91		x			x		10	08	07	04	05	04	22	16	38	
92			x	x		x	15	07	13	04	14	08	42	19	61	
93			x		1*		x	05	00	02	00	05	02	12	02	14
94	x				x		02	02	01	00	03	02	06	04	10	
95			x	x		x	12	09	10	05	04	03	26	17	43	
96			x	x		x	06	03	13	04	10	02	29	09	38	
97			x			x	12	04	03	02	02	00	17	06	23	
98			x			x	09	04	03	00	03	00	15	04	19	
99		x		x		x	01	00	02	01	01	00	04	01	05	
100			x			x	01	01	03	00	02	00	06	01	07	
101			x		2*		x	03	03	02	00	07	01	12	04	16
102	x			x		x	08	07	01	06	04	06	13	19	32	
103	x					x	08	08	10	04	08	07	26	19	45	
104	x					x	14	04	06	04	09	03	29	11	40	
105	x					x	08	08	09	02	06	04	23	14	37	
106	x					x	11	01	03	02	08	00	22	03	25	
107	x					x	04	07	03	00	02	00	09	07	16	
108	x					x	10	03	01	05	03	02	14	10	24	
109		x			3*		x	08	02	07	00	06	03	21	05	26
110			x			x	03	01	01	03	03	05	07	09	16	
111	x					x	03	00	04	03	06	02	13	05	18	
112		x				x	01	03	06	04	02	02	09	09	18	
113	x					x	07	05	07	04	03	05	17	14	31	
114	x				4*	x	08	04	06	03	08	07	22	14	36	
115	x					x	08	04	08	03	09	00	25	07	32	
116	x					x	06	07	05	10	02	13	13	30	43	
117	x					x	14	00	16	01	19	01	49	02	51	
118		x				x	01	02	01	01	01	01	03	04	07	
119		x				x	03	01	02	00	01	00	06	01	07	
120			x				x	02	00	01	01	00	00	03	01	04
121			x				x	00	00	01	00	01	02	02	02	04
122		x				x	00	06	01	02	03	00	04	08	12	
123		x				x	07	00	03	01	00	00	10	01	11	
124	x					x	00	02	01	01	01	00	02	03	05	
125		x				x	02	00	05	00	02	01	09	01	10	
126			x			x	01	03	00	02	01	03	02	08	10	
127			x	x		x	05	00	06	00	04	00	15	00	15	

Total Geral	227	123	181	85	177	92	585	300	885
1*: Perímetro urbano									
2*: Praça de Pedágio									
3*: Ponte sobre o Rio das Antas									
4*: Belvedere									

(Fonte: Banco de dados do Consórcio Univias)

Identificou-se que, nos 38 quilômetros da rodovia estudada, ocorreu um total de 885 acidentes, em três anos de monitoramento. Deste total, 300 tiveram como causa a saída de pista, representando 34% do total de acidentes. De acordo com a prática reportada internacionalmente, a média de acidentes por saída de pista nas rodovias resulta em torno dos 30% (TFHRC, 2002; NCHRP, 2000).

Na sequência, buscou-se identificar padrões específicos de geometria onde os acidentes do tipo saída de pista fossem mais frequentes. Uma vez identificados os padrões, seria possível orientar os investimentos na instalação de Guias Sonoras nestes locais para atuar preventivamente no tratamento da melhoria de segurança viária.

Em um primeiro momento, os 38 quilômetros do trecho estudado foram agrupados segundo 3 critérios: planimetria (curva ou reta), altimetria (aclive/declive ou plano) e presença de interseções ou outros pontos notáveis (com ou sem interseção). Para cada um desses padrões geométricos foi totalizado o número de acidentes por saída de pista e o número de outros acidentes. Em um segundo momento, foi feita uma análise restrita aos 23 quilômetros em curva do trecho estudado. Esses 23 quilômetros em curva foram agrupados segundo os mesmos critérios avaliados anteriormente. Por fim, foi realizada uma análise restrita aos 15 quilômetros de reta do trecho estudado. Esses 15 quilômetros em reta foram agrupados segundo 2 critérios: altimetria da reta (aclive/declive ou plano) e presença de interseções ou pontos notáveis na reta (com ou sem interseções).

Nas três análises realizadas, o percentual de acidentes do tipo saída de pista em relação ao total de acidentes ocorridos mostrou-se praticamente uniforme. A Tabela 4 apresenta uma síntese dessas análises.

Tabela 4 – Comparativo entre Geométrico e Acidentes

Critério	Geométrico	Nº de Amostras	Total de Outros Acidentes	Total de Acidentes por Saída de Pista (SP)	Total de Acidentes	% de SP em relação ao Total de Acidentes
Planimetria	Curva	23	388	213	601	35,44
	Reta	15	197	87	284	30,63
Presença de interseção	Com interseção ou outros	9	181	90	271	33,21
	Sem interseção ou outros	29	404	210	614	34,20
Altimetria	Aclive/declive	27	407	224	631	35,50
	Plano	11	178	76	254	29,92
Curvas						
Intensidade da curva	Curva acentuada	10	177	101	278	36,33
	Curva suave	13	211	112	323	34,67
Altimetria	Curva em Aclive/declive	19	301	175	476	36,76
	Curva no Plano	4	87	38	125	30,40
Presença de interseção	Curva Com interseção ou outros	4	60	39	99	39,39
	Curva Sem interseção ou outros	19	328	174	502	34,66
Retas						
Altimetria	Reta em Aclive/declive	8	106	49	155	31,61

	Reta no Plano	7	91	38	129	29,45
Presença de interseção	Reta Com interseção ou outros	5	121	51	172	29,65
	Reta Sem interseção ou outros	10	76	36	112	32,14

Com base nos mesmos dados, partiu-se para uma análise distinta restrita aos pontos de maior ocorrência de acidentes do tipo saída de pista. Assim, verificou-se que existem 10 segmentos não contínuos de um quilômetro cada, onde acidentes por saída de pista são superiores a 75% do total de acidentes. Em uma análise restrita a esses locais, verificou-se que 8 deles estão em aclive/declive e 7 estão em curva. Esses números revelam uma tendência à ocorrência de acidentes por saída de pista em trechos localizados em aclives/declives e/ou em curvas. Pelo tamanho da amostra pesquisada, não é possível realizar testes estatísticos que comprovem a tendência observada. Porém, esses valores podem ser vistos como uma orientação para a utilização de Guias Sonoras em segmentos rodoviários que se enquadrem nesses padrões geométricos (aclives/declives e/ou curvas).

3.2. Comparativo entre custos dos acidentes e das guias sonoras

Os custos de acidentes considerados nesse estudo são os propostos pelo IPEA no estudo desenvolvido sobre os impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas (IPEA, 2003). Esses valores foram adotados por resultarem de um estudo de caso brasileiro bastante abrangente e atual. Sabe-se que os acidentes ocorridos em rodovias tendem a ter uma gravidade ainda maior, o que resultaria em custos econômicos e sociais mais elevados. Ainda, verifica-se que o custo dos acidentes do IPEA não considera, na sua composição, o componente “disponibilidade a pagar” para a redução dos riscos de mortes em acidentes, muito empregado para avaliar relações do tipo benefício/custo em investimentos rodoviários. Portanto, adotando o custo do acidente proposto pelo IPEA, está se assumindo uma postura conservadora, uma vez que o custo real do acidente rodoviário deve ser ainda maior do que o aqui adotado.

Para os custos de implantação do dispositivo de Guias Sonoras, foi adotado o valor praticado por uma empresa brasileira que executa Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local, o tipo mais utilizado internacionalmente. De acordo com a empresa, o custo de execução das Guias Sonoras é de R\$ 4.000,00/km linear.

Em uma análise teórica expedita, observa-se que, se a instalação de Guias Sonoras em 1 quilômetro de rodovia evitasse 1 acidente rodoviário, já se teria o retorno do capital investido, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Comparativo entre o custo de 1 Quilômetro de Guias Sonoras e 1 Acidente Rodoviário

Custo de Aplicação de Guias Sonoras em 1 km de Rodovia (fonte: Empresa Paulifresa, 2003)	Custo Médio de 1 Acidente de Trânsito (fonte: IPEA, 2003)
R\$ 8.000,00 (acostamento lados direito e esquerdo)	R\$ 8.782,00

De acordo com a revisão bibliográfica, o custo de um acidente apenas com feridos equivale à execução de 4,4 km lineares de Guias Sonoras. Já o custo de um acidente com uma vítima fatal equivaleria à execução de 36 quilômetros lineares de Guias Sonoras.

Para o trecho rodoviário analisado no Estudo de Caso, o custo total de aplicação de Guias Sonoras com Ranhuras Conformadas no Local nos acostamentos seria de R\$ 304.000,00.

Considerando-se a colocação do dispositivo em ambos os lados da rodovia nos 38 quilômetros estudados. Já os custos resultantes dos acidentes do tipo saída de pista, ocorridos no trecho, ao longo dos 3 anos estudados, são da ordem de R\$ 1.928.767,00. Porém, não se espera que a implementação das Guias Sonoras no trecho avaliado seja capaz de evitar a totalidade dos acidentes do tipo saída de pista. Sendo assim, foram criados cenários hipotéticos para os quais foram calculados os custos de diferentes quantidades de acidentes potencialmente evitáveis pelo uso das Guias Sonoras. Nos cenários hipotéticos apresentados, os percentuais de acidentes por saída de pista foram considerados como sendo de 25, 50, 75 e 100% dos acidentes ocorridos no trecho. Com base nessa análise, mesmo que, apenas 25% dos acidentes potencialmente evitáveis sejam realmente evitados, o investimento realizado no dispositivo mostra-se recuperável em menos de 3 anos (ver Tabela 6).

Tabela 6 – Cenários do Custo Médio dos Acidentes na RS/122

Cenário	% do número de Envolvidos nos Acidentes por SP realmente evitados	Nº de Acidentes Sem Feridos (Total de 242)	Nº de Acidentes Com Feridos (Total de 57)	Nº de Acidentes com Óbitos (Total de 01)	Custo Médio dos Acidentes de acordo com o nº de Envolvidos (R\$)
1	25%	61	15	0,25	496.917,75
3	50%	121	29	0,50	973.113,50
4	75%	182	43	0,75	1.452.571,25
5	100%	242	57	01	1.928.767,00

Porém, é importante ressaltar que, enquanto o custo de implementação do dispositivo recai inteiramente sobre o responsável pela rodovia, os custos dos acidentes são distribuídos por diferentes agentes. Os custos de um acidente rodoviário são divididos entre o acidentado (e seus familiares), o Estado e o operador da rodovia. Já os custos de implantação do dispositivo do tipo Guias Sonoras, recaem diretamente sobre o operador, seja ele o Estado ou a concessionária.

4. CONCLUSÕES

Esse artigo teve por objetivo avaliar o uso de Guias Sonoras como medida de redução de acidentes através da sistematização das experiências existentes sobre o seu uso no país e no mundo. Para atingir esse objetivo foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica e um estudo de caso. No estudo de caso buscou-se: (i) verificar a existência de locais com características geométricas que resultam em uma maior propensão à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista, principal tipo de acidente evitável pelo uso das Guias Sonoras e (ii) comparar os custos de implantação do dispositivo com os custos dos acidentes evitáveis pelas Guias Sonoras.

A revisão da literatura indicou que as Guias Sonoras são recomendadas principalmente ao longo do acostamento de rodovias, podendo ser usadas também nas linhas de eixo e transversalmente sobre a pista. O dispositivo é especialmente indicado na prevenção de acidentes do tipo saída de pista. Portanto, segmentos com altas taxas de acidentes desse tipo devem ter prioridade na adoção das Guias Sonoras.

No estudo de caso realizado esperava-se identificar segmentos com características geométricas específicas como, por exemplo, a presença de curvas, de aclives ou declives ou de interseções onde existisse uma maior tendência à ocorrência de acidentes do tipo saída de pista. Uma vez identificada a existência de padrões de geometria com maior tendência à ocorrência desse tipo de acidentes, esses padrões serviriam de critério para priorização do uso

das Guias Sonoras em iniciativas pró-ativas para a melhoria da segurança viária. Dessa forma, a instalação das Guias Sonoras poderia ser priorizada mesmo sem a existência de dados sobre a ocorrência de acidentes, ou mesmo antes que os acidentes viessem a ocorrer.

A pesquisa mostrou a existência de uma distribuição praticamente homogênea da ocorrência de acidentes do tipo saída de pista ao longo do trecho estudado. Os acidentes desse tipo representam aproximadamente 30% do total de acidentes ocorridos. Esse percentual é compatível com o verificado na revisão bibliográfica. De acordo com a revisão, nos EUA, anualmente, aproximadamente 1/3 de todos os acidentes fatais e com danos graves são causados por acidentes do tipo saída de pista.

Porém, na análise dos 10 segmentos de um quilômetro onde os acidentes por saída de pista foram mais frequentes, observou-se uma maior tendência a ocorrência desse tipo de acidente em aclives/declives e/ou curvas. Desses segmentos, 8 situavam-se em aclive/declive e 7 em curvas. Esses números revelam uma tendência à ocorrência de acidentes por saída de pista em trechos localizados em aclives/declives e/ou em curvas, porém, pelo tamanho da amostra pesquisada não foi possível realizar testes estatísticos que comprovem a tendência observada.

O estudo de caso ainda indicou que o investimento necessário para a implantação do dispositivo nos acostamentos do trecho analisado é menor do que os custos estimados como decorrentes de acidentes do tipo saída de pista. Sendo assim, entende-se que o uso das Guias Sonoras deveria ser mais difundido como um dispositivo de redução de acidentes do tipo saída de pista.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Univias, pela cedência dos dados de acidentes, e ao DAER, pelo fornecimento dos dados de projeto referentes ao trecho avaliado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1997) *Highway safety design and operations guide*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C.
- FHWA (2001) *Technical Advisory of Roadway Shoulder Rumble Strips*. Federal Highway Administration. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/legisregs/directives/techadvts/t504035.htm>> Acesso em: abril de 2003.
- FHWA (2002) *Safety FHWA*. Federal Highway Administration. Disponível em: <<http://www.safety.fhwa.dot.gov>> Acesso em: julho de 2002.
- IPEA (2003) *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Síntese da Pesquisa, Brasília, 21p.
- NCHRP (2000) Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways. *NCHRP Report 44*, National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board, National Research Council.
- TFHRC (2002) *Boosting Roadway Safety with Rumble Strips*. Disponível em: <http://www.tfhr.gov/focus/sept99/rumble.htm>. Acesso em: maio de 2003.
- WSDOT (2002) *What are Rumble Strip*. Washington State Department of Transportation. Disponível em: <<http://www.wsdot.wa.gov/EESC/Design/RumbleStripWeb>> Acesso em: julho de 2002.
- Zaidel, D., S. Hakkert, R. Barkan (1984) *An Experimental Comparison of Paint Strips & Rumble Strips at Low Volume Rural Intersection*. PTRC Seminar L: pp.41-54.