

## BR LEGAL: SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA

Andrey Zuriel Ebeling Bonatto

Christine Tessele Nodari

Daniel Sergio Presta Garcia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN)

### RESUMO

Este trabalho visa avaliar a segurança em trechos rodoviários que receberam o BR-LEGAL, programa que buscou fornecer uma sinalização de alta qualidade para as rodovias federais pavimentadas no Brasil. Para medir a efetividade do programa, é necessário medir o resultado das suas ações, para isso, buscou-se verificar se uma melhora na segurança viária, e quanto dela é devida ao programa. Para isso, foi feito um estudo do tipo Antes e Depois, utilizando os métodos de comparação de grupos e a análise simples. O grupo de estudo, formado por trechos de rodovias que receberam a intervenção, foi confrontado com outro grupo de trechos com características semelhantes que não receberam intervenção. Identificou-se assim uma melhoria da segurança nos trechos que receberam o BR-LEGAL, com uma maior redução do número de acidentes sem e com feridos, porém em alguns trechos, aumentaram os casos com óbitos e a severidade.

### ABSTRACT

This work aims to evaluate the safety in highway segments that received BR-LEGAL, a program intended to give a high quality signaling for the paved federal highways in Brazil. In order to measure the effectiveness of the program, it is necessary to measure the results of its actions, verifying if there has been an improvement in road safety, and how much of it is due to the program. For this, a Before and After study was performed using the group comparison method and simple analysis. The study group, formed by segments of highways that received the intervention, was confronted with another group with similar characteristics that did not receive intervention. It was identified an improvement of the safety in the sections that received the BR-LEGAL, with a greater reduction in the number of accidents with and without injuries, but in some segments, the cases with deaths and severity increased.

### 1. INTRODUÇÃO

A falta de segurança viária é uma triste realidade que precisa ser enfrentada no Brasil. Em 1990, de acordo com o IBGE, a taxa de mortalidade no Trânsito era de 20,2 óbitos a cada 100 mil habitantes, em 2009 ela se manteve em 20,1, e em 2016 foi de 19.6 óbitos a cada 100 mil habitantes (WHO, 2018). Países vizinhos como Argentina, Peru e Uruguai têm uma taxa menor, 14 óbitos a cada 100 mil habitantes. Na tentativa de melhorar esses indicadores e prover maior segurança no trânsito, em 1997 a Lei Nº 9.503 instituiu o Código de Trânsito Brasileiro. Porém, de acordo com Bacchieri (2011), apesar das novas leis, do controle municipal e da fiscalização eletrônica, não houve uma melhoria significativa na segurança no trânsito.

No mundo, cerca de 1,25 milhão de pessoas morrem anualmente em decorrência de acidentes de trânsito, entre 20 e 50 milhões sofrem algum tipo de lesão. Por este motivo, em maio de 2011, a ONU lançou a campanha: “Década de Ação pela Segurança Viária”. (UN, 2011). De 2011 a 2020, todos os governos comprometeram-se em investir em políticas de prevenção contra acidentes de trânsito. A partir disso o Brasil se comprometeu a reduzir pela metade o número de mortos no trânsito. Deste modo, entre 2014 e 2018, houve uma redução de 15%, porém ainda longe da meta de 19 mil mortes para 2020 (Pnatrans, 2018). Um dos eventos de maior proporção para contribuir nessa meta e aumentar a segurança no trânsito brasileiro neste período foi o Programa BR-LEGAL.

Porém, não basta tomar ações para tentar melhorar a segurança no trânsito, é necessário a utilização de medidas corretas, conhecidas e que nos permitam verificar como era a condição de uma dada rodovia e como ela ficou após receber algum tipo de intervenção. É preciso que

os tomadores de decisão possam prever o impacto que certa intervenção produz no aumento na segurança de uma via. O senso comum e a experiência dos condutores não são suficientes para justificar uma intervenção em uma via. Para saber se certa intervenção aumenta a segurança e em quanto, ela deve ser testada e os seus resultados verificados (Pilkington e Kinra, 2005).

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o impacto da implantação da nova sinalização em trechos de rodovias federais que receberam a intervenção do programa BR-LEGAL, conduzido pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Buscou-se através de um estudo antes e depois verificar o impacto no número de acidentes, óbitos, feridos e a severidade dos acidentes em quatro trechos de rodovias no Rio Grande do Sul que receberam as ações do programa federal.

Este artigo está organizado em seis seções onde são apresentadas definições importantes na área de segurança viária, seguido de uma contextualização do programa BR-LEGAL. É também exposta a metodologia do estudo, apresentando o método de comparação de grupos, para então apresentar a sua aplicação com os dados de acidentes nas rodovias selecionadas e a origem dos desses dados. Por fim serão expostos os resultados, a sua análise e a conclusão. O artigo apresenta ainda uma comparação entre dois métodos de estudos Antes e Depois: (i) com grupos de comparação e (ii) comparação simples para demonstrar a importância dos métodos de acompanhamento de ações.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Não é uma tarefa fácil determinar a causa dos acidentes, esse tema complexo e interdisciplinar vem sendo estudado mundialmente desde que as mortes geradas pelo trânsito se tornaram um problema epidemiológico. É amplamente difundido que os acidentes de trânsito dependem de três fatores: o veículo, a via e o condutor (fator humano), além das condições do meio ambiente (Lum e Reagan, 1995). Entretanto, normalmente os acidentes ocorrem pela combinação entre pelo menos dois fatores. Hoje, cerca de 90% dos acidentes são atribuídos ao fator humano, mas de acordo com Shinar (2019), é um erro pensar que 90% das contramedidas devem ser direcionadas para mudar esses comportamentos, isso é baseado em uma suposição errônea de que a cura deve estar diretamente ligada à causa declarada.

O desempenho do fator humano está relacionado às funções executivas do cérebro, que são as habilidades cognitivas necessárias para controlar nossos pensamentos, nossas emoções e nossas ações. O condutor só é capaz de processar uma quantidade limitada de informações, e essa quantidade varia de condutor para condutor, ela é função do estado emocional, idade, cansaço do motorista, capacidade física, entre outros (Campbell *et al.*, 2012). Essa capacidade de conduzir varia de pessoa para pessoa, tendendo a diminuir com o envelhecimento (Adrian *et al.*, 2019). O desempenho humano ainda é negativamente influenciado pelo uso de álcool, drogas (Damacena *et al.*, 2016) e distrações, como o telefone celular (Hosking *et al.*, 2009), que aumentam a probabilidade de ocorrência de acidentes

As características das vias impactam diretamente na frequência e na severidade de acidentes (Lee e Mannering, 2002; Roshandel *et al.*, 2015). Entre essas características relevantes da via, podemos citar a geometria, pavimento, sinalização e os dispositivos de segurança. A rodovia deve ter suas características equivalentes ao requerido dela, projetando-a sempre para uma classe compatível com o seu uso (Chen *et al.*, 2019). As condições de tráfego (velocidade, densidade e volume) estão entre os fatores estudados que influenciam no risco de acidentes e que podem ser melhorados para um gerenciamento proativo da segurança.

## 2.1. O Papel da Sinalização em Rodovias

Uma vez que os principais fatores envolvidos em acidentes são o humano e o viário, é possível aperfeiçoar a interface entre estes dois agentes, a sinalização (Wang Fang, 2003). A sinalização é a fonte de informação para os usuários das rodovias, ela comunica aos motoristas como se comportar. Comunica o condutor deve levar em consideração, se é necessário ou não reduzir a velocidade, se há alguma interseção adiante, ou seja, auxilia os usuários a utilizar a via com maior segurança.

De acordo com o manual americano de Controle de Tráfego Uniforme em Rodovias (MUTCD, 2003), os cinco principais requisitos para uma sinalização ser efetiva são:

- suprir uma necessidade
- controlar a atenção
- transmitir um significado simples e claro
- garantir o respeito dos usuários da rodovia
- dar o tempo adequado para a resposta adequada do motorista.

O usuário busca a informação de modo simples, examinando a rodovia e procurando a informação mais significativa (*Most meaningful information* – MMI) para certa posição e certo período de tempo (Campbell *et al.*, 2012). Nem toda informação é percebida da sinalização. O usuário examina as condições do tempo, a presença de outros veículos, condições de tráfego, presença de pedestres, características dos outros condutores, etc. Potenciais riscos são avaliados pelo condutor, baseados na experiência do mesmo naquela rodovia ou região e isso molda o seu comportamento naquele momento.

## 2.2. Medindo Segurança

A definição da segurança em uma rodovia pode ser definida de modo subjetivo e de modo objetivo (Hauer, 1997). Do modo subjetivo, ela depende da percepção de quão seguro o usuário da rodovia se sente, sendo difícil a sua quantificação. Ao intervir melhorando a segurança da rodovia, como por exemplo, melhorando a pintura da sinalização horizontal, um motorista pode se sentir mais seguro, levando-o a aumentar a sua velocidade, mantendo inalterado o risco de ocorrência de acidentes. Do modo objetivo, a segurança pode ser refletida pela quantidade de acidentes e a sua gravidade. Espera-se, portanto, que quanto mais segura uma rodovia for, menor será o número de acidentes e a gravidade deles.

De acordo com Hauer, é possível definir a segurança (no inglês, *safety*) de uma entidade, como: “Número de acidentes por tipo e severidade, esperados para ocorrer em uma entidade durante um período específico” (tradução do autor). Ou seja, a segurança pode ser medida como uma frequência de acidentes esperada (pg.25). O termo ‘esperado’ é utilizado da mesma maneira que na Teoria da Probabilidade e corresponde à média no longo prazo. Além disso, pode-se definir a segurança como uma taxa, pois ela conta o número de acidentes e/ou gravidade para certo período de tempo, por exemplo: acidentes por mês, mortos por ano, etc.

Contagens de acidentes de trânsito e suas vítimas são informações essenciais para a segurança rodoviária. No entanto, eles sozinhos não podem fornecer detalhes sobre os fatores que causam acidentes de trânsito. De acordo com Holló *et al.* (2010), esses indicadores também podem ser influenciados por processo de transição e pelo clima socioeconômico. É necessário padronizar os procedimentos de coleta de dados e fazer seleção da lista principal de indicadores que precisam ser monitorados. Um conjunto menor de indicadores significativos definidos dessa maneira pode servir para um entendimento rápido e simples de uma situação de segurança viária e para a avaliação dos efeitos das medidas tomadas (Tešić *et al.*, 2018).

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO

Uma vez definido o referencial teórico, será visto como é analisada a situação atual da sinalização das rodovias no país, e o Programa BR-LEGAL.

#### 3.1. Pesquisa CNT de Rodovias

Com a finalidade de analisar qualitativamente e acompanhar a qualidade das rodovias brasileiras ao longo do tempo, a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) lança anualmente, desde 1994, a “Pesquisa CNT de Rodovias”, onde avalia a qualidade das rodovias brasileiras. Quatro características são analisadas neste estudo: o estado geral, o pavimento, a sinalização e a geometria da via. Cada uma dessas características recebe uma avaliação entre: ótimo, bom, regular, ruim e péssimo.

Para a 21ª edição, no ano de 2017 (CNT, 2017), a pesquisa percorreu 105.814 quilômetros de rodovias pavimentadas em todo o país. Somente no Rio Grande do Sul, 11.614 quilômetros foram percorridos. Por meio desta pesquisa e da sua série histórica, pode-se analisar qualitativamente a evolução das características das rodovias no Brasil. A avaliação da pesquisa expressa um resultado para toda a rodovia, podendo haver trechos de qualidade ruim ou péssima, e trechos onde a qualidade é boa ou ótima. Mesmo assim ela pode vir a ter uma avaliação final indicada como regular.

#### 3.2. Programa BR-LEGAL

O Artigo 88 do Código de Trânsito Brasileiro: diz que nenhuma via pavimentada pode ser entregue após sua construção, ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção, enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação (CBT, 1997). Com uma malha rodoviária de mais de 50 mil quilômetros de rodovias pavimentadas sob sua jurisdição, o DNIT precisava de um programa mais efetivo e operacional para alcançar uma sinalização de qualidade para as dimensões de um país continental.

Começou-se assim a montagem do programa, procurando a partir de experiências passadas e do padrão desejado, um programa que garantisse a qualidade dos serviços executados, buscando a melhora do gasto público nesse segmento (DNIT, 2013). Construiu-se um modelo padrão para elaboração de projetos e para a execução de serviços, considerando os Manuais de Sinalização do Conselho Nacional de Trânsito, os Manuais de Sinalização do DNIT, o Código de Trânsito Brasileiro e suas resoluções, as Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e, sobretudo, as características físicas e operacionais das rodovias brasileiras.

A revista Rodovias&Vias (2018) publicou, a partir da pesquisa CNT, que a qualidade de sinalização nas rodovias federais teve aumento médio de 13% após a implantação das ações do programa BR-LEGAL. É dito ainda que os registros da Polícia Rodoviária Federal identificaram uma redução de 18% em acidentes com óbitos e feridos. Redução de 19% na severidade dos acidentes. Redução de 22% na quantidade de óbitos nas rodovias após o início da execução dos projetos do BR-LEGAL. Analisando somente a região Sul, percebe-se uma redução considerável entre 2012 e 2017, dos feridos graves (10%), óbitos (18%), severidade (12%) e custo com acidentes (14%). Levando em conta, porém, que possivelmente essa redução não é resultado exclusivo das ações do BR-LEGAL, faz-se necessário realizar um estudo mais aprofundado para avaliar os impactos do programa.

### 4. MÉTODO DO ESTUDO

É necessário medir os efeitos das ações na área da segurança viária. Entretanto, não é simples realizar experimentos desta natureza em locais isolados e controlados, por isso são realizados estudos observacionais, onde a intervenção é aplicada diretamente na prática, para que se possa então avaliar os resultados obtidos. Tal avaliação é conhecida como Estudo Antes e Depois (Hauer, 1997).

#### 4.1. Observação Antes e Depois

Há três tipos de métodos de Estudos Antes e Depois disponíveis para a análise estatística de acidentes (Hauer, 1997). O primeiro e mais simples, o Teste de Comparação Simples (*naive*), é o menos recomendado, pois não considera nenhum fator de mudança no tempo, além da própria intervenção. Este é o método utilizado pelo órgãos públicos para a divulgação dos resultados, já que faz uma comparação simples com os dados de antes e depois e não leva nenhum outro fator de controle em consideração. O segundo é o Método Empírico de Bayes, que é o mais recomendado para Estudos Antes e Depois, pois leva em consideração a tendência de regressão a média dos elementos em estudo, todavia necessita de um modelo de previsão de acidentes calibrado (Função da performance de segurança) que pouco é usado no Brasil (Brimley *et al.*, 2012)).

O terceiro é o Método de Comparação de Grupos, que permite comparar a condição de um elemento que recebeu intervenção com ele mesmo, caso nada tivesse sido feito e a sua condição tivesse permanecido inalterada. Dois grupos de entidades com características muito similares são necessários. O primeiro grupo é o de estudo, que é aquele sobre o qual queremos medir os efeitos de uma intervenção, e o outro é o grupo de controle, utilizado para representar o grupo de estudo caso este não tivesse recebido nenhuma intervenção.

Este método é amplamente utilizado em diversas áreas, como na área médica (Mont *et al.*, 2000), nas áreas sociais (NPC, 2013) e na área de transportes como demonstrado por Daniels (2007) e Persaud (1997). Comparando assim, os efeitos sobre o grupo que recebeu a intervenção em relação ao outro que não a recebeu, pode-se saber o que teria acontecido com o primeiro grupo caso nenhuma ação tivesse sido tomada.

#### 4.2. Redução pelo Método de Comparação de Grupos

No método do Grupo de Comparação deve se calcular a relação de comparação entre os eventos que ocorreram antes e depois da intervenção. Esses cálculo é feito a partir dos dados do grupo de controle (GC) e representa o que aconteceu nos elementos similares ao do estudo e que não receberam nenhuma intervenção. Essa relação é utilizada para calcular o aumento ou a diminuição real dos acidentes, mortes, feridos e o grau de severidade no grupo de estudo. A relação de comparação é calculada pela seguinte equação:

$$rc = \frac{v}{\mu} \div \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) \quad (1)$$

Em que: rc = Relação de comparação entre os casos antes e depois.  
v = Número de casos ocorridos no GC depois da intervenção. [un.]  
μ = Número de casos ocorridos no GC antes da intervenção. [un.]

A partir da relação de comparação é possível verificar como se deu a variação no número de casos da ocorrência analisada no GC. Se a relação for maior do que 1, indica que houve um aumento no número de casos daquela ocorrência nas rodovias de comparação. Se for menor que 1, houve diminuição no número de casos. Sendo a relação de comparação igual a 1, indica que não se alterou o número de ocorrências nem o grau de severidade entre antes e depois do período analisado.

Para descobrir qual seria o número de acidentes na rodovia do grupo de estudo (GE), também chamado de grupo de tratamento, caso a intervenção não tivesse sido implantada, multiplicasse o número de acidentes de tal trecho pela relação de comparação (rc), conforme equação abaixo:

$$\pi = \kappa \times rc \quad (2)$$

Em que:  $\pi$  = Número de acidentes esperado. [un.]  
 $\kappa$  = Número de ocorrências de determinado evento no GE. [un.]  
rc = Relação de comparação, determinada a partir do GC.

Uma vez calculado o número de acidentes esperados, podemos calcular a redução de acidentes nas rodovias que receberam o tratamento a partir da equação a seguir:

$$\text{Redução Real (\%)} = \left(1 - \frac{\lambda}{\pi} / \left[1 + \frac{\text{VAR}\{\pi\}}{\pi^2}\right]\right) \times 100\% \quad (3)$$

Em que: Redução Real = Redução do número de casos em relação ao grupo de comparação nos anos de 2012-2014. [%]  
 $\lambda$  = Número de casos em 2017-2018, no grupo de estudo. [un.]  
 $\pi$  = Número de acidentes esperado. [un.]

### 4.3. Índice de Severidade

Além de acidentes totais, o estudo olhou de uma forma mais atenta para os acidentes com mortes e feridos (leves e graves). É possível classificar os acidentes de acordo com a sua severidade (UPS, Unidade padrão de Severidade). Acidentes com apenas danos materiais recebem peso 1, acidentes com feridos, peso 5, e por último, acidentes com óbitos recebem peso 13 (DENATRAN, 1987). Por meio da equação 4 é possível calcular o índice de severidade dos acidentes.

$$UPS = Na + 5 \times Nf + 13 \times Nm \quad (4)$$

Em que: UPS = Unidade padrão de Severidade [un]  
Na = Número Total de acidentes com danos materiais [un]  
Nf = Número Total de acidentes com Feridos [un]  
Nm = Número Total de acidentes com mortes [un]

O mesmo procedimento de cálculo da relação de comparação e redução real foi realizado para os dados de acidentes sem vítimas, com vítimas, feridos e índice de severidade.

## 5. RESULTADOS

Com vistas a definir os impactos na segurança nas rodovias federais que receberam a nova sinalização, vertical e horizontal, do programa BR-LEGAL, foram escolhidas quatro duas rodovias no estado do Rio Grande do Sul, duas que receberam o programa e duas para o grupo de controle.

### 5.1. Grupo de Estudo e de Controle

As rodovias selecionadas para o grupo de estudo pertencem ao lote 86 do BR-LEGAL, pois este, dentre os lotes no estado Rio Grande do Sul, foi o primeiro a ter suas intervenções concluídas. Deste lote foram escolhidos quatro trechos das rodovias BR-153 e BR-293, que tiveram a sinalização horizontal iniciada e concluída em 2015 e a sinalização vertical praticamente concluída em 2016. As rodovias do grupo de controle foram escolhidas no lote 88, onde as obras ainda não haviam começado até o momento da análise, embora estejam no incluídas no programa, por isso representam bem como estaria a situação das rodovias do outro lote caso não tivessem recebido nenhuma intervenção. São elas, as BR-472 e BR-290 (trecho entre Uruguaiana e a BR-392).

Essas rodovias têm características equivalentes, como relevo, classe, geometria e características dos condutores, uma vez que as elas estão localizadas na mesma região. Todos os trechos das rodovias utilizadas para o estudo têm condições de operação de tráfego no nível A. Isto é, ainda que venham a diferir levemente quanto ao VMD (Volume Médio Diário), todas apresentam boas condições de tráfego, de acordo com medição do DNIT. Assume-se assim que todos os trechos das rodovias estudadas têm características equivalentes e podem formar os grupos de comparação e de controle.

## 5.2. Período do Estudo e Dados

Para a realização do estudo Antes e Depois, compararam-se os anos de 2012 até 2014 aos anos de 2017 e 2018. Como as obras ocorrem em 2015 e em 2016, esses anos não foram considerados. O ideal seria utilizar a média dos dados de acidentes de três anos anteriores à intervenção e dos três anos posteriores. Entretanto, por esse estudo ter sido realizado durante o ano de 2019, não foi possível obter os três anos de dados após a intervenção, admitindo-se assim, a hipótese de que os anos de 2017 e 2018 serão suficientemente representativos.

A base de dados para a realização deste estudo foi o banco de dados de acidentes da Polícia Rodoviária Federal, disponibilizado anualmente desde 2007 (PRF Dados Abertos). Todo acidente registrado apresenta diversas informações, entre elas, as mais relevantes para este trabalho foram: rodovia, cidade, quilômetro, tipo de pista, traçado da via, número de mortos e o número de feridos.

É necessário relatar que a partir do ano de 2015, por determinação da Polícia Rodoviária Federal, começou-se a realização de boletim de ocorrência pela internet para acidentes em que não houvesse morte. Antes disso, todo boletim de ocorrência de acidentes de trânsito deveria ser registrado no local pela PRF. Isso alterou significativamente e de imediato o número de acidentes nas rodovias federais e com isso, a série histórica, conforme a tabela 1.

**Tabela 1:** Número de acidentes e mortes entre 2012 e 2018,

Fonte: Polícia Rodoviária Federal

Nº Total	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Acidentes	184568	186748	169201	122161	96363	89396	69207
Mortes	8663	8426	8234	6867	2911	6243	5269

Observa-se claramente que o ano de 2016 teve um número de mortes muito inferior em relação a 2015 e 2017, isso se dá devido ao fato de o arquivo do banco de dados de 2016 ter apresentado problemas na divulgação, não informando o número de mortos e feridos em alguns acidentes. Como o estudo de Antes e Depois contemplará a média de três anos antes da intervenção e dois anos depois, não serão necessários os dados deste ano.

## 5.3. Análise qualitativa

As rodovias do GE e GC, de acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias, também apresentaram avaliações muito parecidas (CNT, 2014; CNT, 2017). É possível analisar que os quatro indicadores apresentam qualidades equivalentes, com destaque para a sinalização, onde todas as rodovias apresentaram a classificação da sinalização como regular. Comparando os resultados da Pesquisa CNT de rodovias de 2014 e de 2017 pela tabela 2, tem-se que a condição geral da rodovia não se alterou entre 2014 e 2017. A rodovia BR-293 apresentou uma piora na condição do seu pavimento e da sua geometria, mas apresentou uma melhoria na condição da sinalização. A rodovia BR-153 apesar de receber intervenção na sinalização, teve

sua sinalização classificada como regular nos períodos antes e depois do programa BR-LEGAL.

**Tabela 2:** Comparação das avaliações da Pesquisa CNT de rodovias de 2014 e 2017, dos trechos do GE e do GC. Fonte: Pesquisa CNT de 2014 e 2017

Rodovia	Geral		Pavimento		Sinalização		Geometria	
	2014	2017	2014	2017	2014	2017	2014	2017
BR-472	Regular	Regular	Regular	Bom	Regular	Regular	Bom	Bom
BR-290	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Regular
BR-293	Regular	Regular	Bom	Regular	Regular	Bom	Regular	Ruim
BR-153	Regular	Regular	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Ruim

Entre as rodovias de comparação, a BR-290 teve os indicadores inalterados e a BR-472 registrou uma melhora no pavimento, de regular para bom. Essa alteração nas características das rodovias, além do atributo referente à sinalização, pode interferir negativamente para o estudo, pois traz outras alterações nos itens avaliados no período antes e depois, além da intervenção realizada pelo BR-LEGAL. Todavia não se altera significativamente o resultado final do estudo.

### 5.5. Dados do Grupo de Estudo

A partir dos dados dos acidentes da PRF, foi contabilizado o total de acidentes em cada trecho deste estudo (1ª coluna), acidentes sem feridos (2ª coluna), número de feridos (3ª coluna), número de óbitos (4ª coluna) e a Unidade Padrão de Severidade (5ª coluna), para os anos de 2012, 2013, 2014, 2017 e 2018.

**Tabela 3:** Dados de acidentes, feridos, óbitos e índice de severidade, com as suas respectivas reduções antes e depois do período em que ocorreram as intervenções, para o grupo de estudo.

Trecho 1 84.9km						Trecho 3 61.8km					
	Total	S/ feridos	Feridos	Mortos	UPS		Total	S/ feridos	Feridos	Mortos	UPS
2012	62	45	17	0	130	2012	26	18	7	1	66
2013	60	45	14	1	128	2013	30	18	11	1	86
2014	55	33	22	0	143	2014	27	18	7	2	79
2017	30	8	21	1	126	2017	25	9	14	2	105
2018	13	7	5	1	45	2018	11	4	6	1	47

Trecho 2 30.1km						Trecho 4 71.6km					
	Total	S/ feridos	Feridos	Mortos	UPS		Total	S/ feridos	Feridos	Mortos	UPS
2012	7	5	1	1	23	2012	17	5	12	0	65
2013	11	6	4	1	39	2013	13	7	5	1	45
2014	10	7	3	0	22	2014	11	6	4	1	39
2017	8	5	2	1	28	2017	9	2	7	0	37
2018	1	0	1	0	5	2018	5	0	5	0	25

### 5.6. Dados do Grupo de Controle

Para estudar o impacto do programa BR-LEGAL nas rodovias que receberam a intervenção, comparam-se os dados de acidentes nos trechos de controle, selecionados por não terem sofrido nenhuma intervenção do programa no período. A partir da relação de comparação calculada para os todos os trechos, da média dos três anos anteriores e dos dois anos seguintes ao BR-LEGAL, pode-se calcular qual foi a variação geral nas rodovias do grupo de controle. A tabela 4 apresenta os dados dos diferentes tipos de acidentes do grupo de comparação, bem como a relação de comparação (rc) calculada para cada um deles, no período antes e depois.

**Tabela 4:** Análise da relação de comparação para os trechos do grupo de comparação.

Nº casos	S/feridos	Mortes	Feridos	Severidade
2012	84	4	45	361
2013	94	9	55	485
2014	106	7	49	442
2017	73	7	67	499
2018	21	2	40	247
<b>rc</b>	<b>0.692</b>	<b>0.587</b>	<b>1,056</b>	<b>0,867</b>

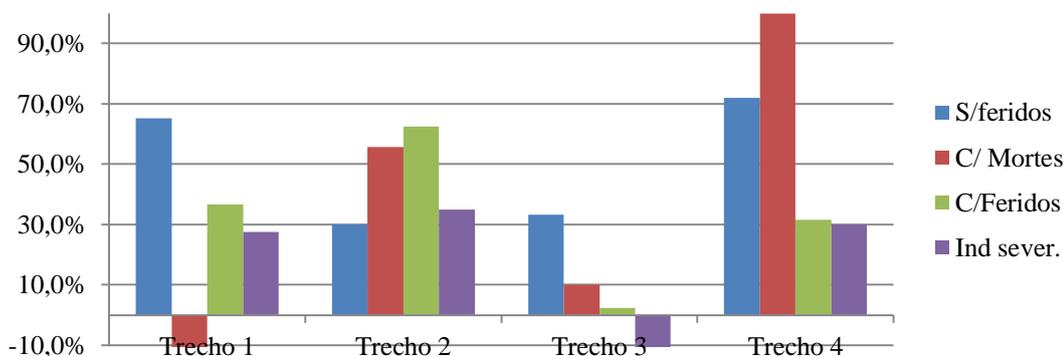
### 5.7. Redução de acidentes

Na tabela 5, são apresentados os valores calculados para a redução de acidentes, mortes, óbitos e severidade em cada trecho. Observa-se que, no geral, houve redução no número de acidentes e de feridos, mas tal redução não acontece em todos os trechos para acidentes com mortes e para o índice de severidade.

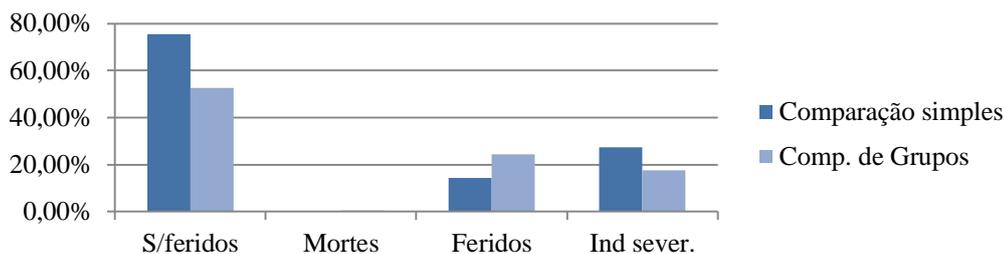
**Tabela 5:** Redução do número de acidentes em relação ao grupo de comparação

Trecho 1	Acidentes	Mortes	Feridos	UPS	Trecho 3	Acidentes	Mortes	Feridos	UPS
Antes	59,0	0,3	17,7	134	Antes	27,7	1,3	8,3	77
Depois	21,5	1,0	13	86	Depois	18,0	1,5	10,0	76
rc	0,692	0,587	1,056	0,867	rc	0,692	0,587	1,056	0,867
$\pi$	40,85	0,2	18,65	115,86	$\pi$	19,15	0,78	8,8	66,74
Redução	<b>49,3%</b>	<b>-16,8%</b>	<b>36,7%</b>	<b>27,5%</b>	Redução	<b>11,2%</b>	<b>9,9%</b>	<b>2,4%</b>	<b>-11,3%</b>
Trecho 2	Acidentes	Mortes	Feridos	UPS	Trecho 4	Acidentes	Mortes	Feridos	UPS
Antes	9,3	0,7	2,7	28	Antes	13,7	0,7	7,0	50
Depois	4,5	0,5	1,5	17	Depois	7,0	0,0	6,0	31
rc	0,692	0,587	1,056	0,867	rc	0,692	0,587	1,056	0,867
$\pi$	6,46	0,39	2,82	24,27	$\pi$	9,46	0,39	7,39	43,05
Redução	<b>38,3%</b>	<b>55,6%</b>	<b>62,5%</b>	<b>35,0%</b>	Redução	<b>32,4%</b>	<b>100%</b>	<b>31,6%</b>	<b>30,1%</b>

Por meio da Figura 1 a seguir, é possível visualizar para cada trecho das rodovias do grupo de estudo e para cada tipo de ocorrência, a diminuição percentual calculada do número de casos. Onde a redução é negativa, temos um aumento no número de casos e, portanto, uma diminuição na segurança. A partir da Figura 2, se tem essa mesma visualização para o grupo de estudo como em geral, isto é, para o cálculo realizado com a soma de todos os trechos do grupo de estudo. Facilmente se percebe que houve uma redução geral nos casos, menos para mortes, nos trechos da rodovia BR-153, o que leva a ser menor a redução de mortes no agregado de todos os trechos.



**Figura 1:** Variação nos trechos de estudo antes e depois das ocorrências para os quatro diferentes tipos de ocorrências analisadas, segundo o método de comparação de grupos.



**Figura 2:** Redução das ocorrências no período antes e depois, com comparação simples e pelo método de grupos para os quatro diferentes tipos de ocorrências analisadas.

Os dados revelam uma melhora na segurança em relação à redução do número de feridos quando analisados pelo método de comparação de grupos, do que os obtidos pelo método de comparação simples. Contudo, quando confrontados o número de acidentes sem feridos e o índice de Severidade, percebe-se uma menor redução do que aquela obtida pelo método de comparação simples.

O desvio padrão calculado para cada um dos parâmetros se mostrou dentro do valor admissível, a partir de uma variância aconselhada por Hauer (1997) de 0,0055. No caso do parâmetro acidentes com mortes, o desvio se encontra mais elevado, uma vez que o número de casos é muito pequeno dentro dos trechos escolhidos, se forem comparados ao número de acidentes e índice de severidade, por exemplo.

## 6. CONCLUSÕES

O programa BR-LEGAL foi um dos maiores projetos de segurança viária no Brasil na última década. Através das pesquisas CNT de 2014 e 2017, é possível constatar que houve uma relativa melhora na sinalização das rodovias que receberam a sua intervenção. Para medir o impacto dessa intervenção é necessário realizar um estudo observacional antes e depois, que pode ser do tipo comparação simples, onde calcula-se apenas a variação sem considerar nenhum outro critério, ou um método mais robusto, como o método de comparação de grupos, que considera um grupo de controle que não recebeu a intervenção para então fazer a comparação antes e depois.

A partir da análise dos resultados, chega-se à conclusão de que houve sim uma melhora nos diversos parâmetros analisados por meio do método de comparação simples e de comparação de grupos, entre eles: acidentes, feridos e índice de severidade, todavia, o número de mortes se manteve praticamente o mesmo que no período anterior à aplicação da nova sinalização do BR-LEGAL. Faz-se necessário lembrar que estes dados se referem a trechos de rodovias no estado do Rio Grande do Sul e, portanto, retratam a situação regional.

Essa manutenção no número de acidentes com óbitos deve ser analisada lembrando-se que os acidentes com mortes são muito mais raros e devem ser medidos no longo prazo, depois das intervenções do programa BR-LEGAL, sendo mais complexa a discretização. Considerar apenas dois anos após a intervenção reduz a capacidade de perceber a tendência de regressão à média, estando mais sensível a variações.

Apesar de existirem inúmeras variáveis que podem estar influenciadas variação no número de acidentes, na análise com o grupo de comparação, o efeito destas outras variáveis tende a ser bloqueados, uma vez que possivelmente ocorrido tanto no grupo de estudo quanto no grupo de comparação, como as rodovias são semelhantes, a única substancial entre elas nesse

período seria o BR-LEGAL. Como os trechos grupo de estudo que recebeu a nova sinalização apresentou uma melhora em diversos atributos em relação aos trechos do grupo de controle que não a recebeu, podemos inferir que a implantação do programa teve efeitos positivos para a segurança viária.

## REFERÊNCIAS

- Adrian, J., Moessinger, M., Charles, A., e Postal, V. (2019) Exploring the contribution of executive functions to on-road driving performance during aging: A latent variable analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 127, 96–109. doi:[10.1016/j.aap.2019.02.010](https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.02.010)
- Bacchieri G, Barros A. J. D. (2011). Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. *Revista Saúde Pública* 2011; 45(5): 949-63.
- Brimley, B. K., Saito, M., e Schultz, G. G. (2012) Calibration of Highway Safety Manual Safety Performance Function: Development of New Models for Rural Two-Lane Two-Way Highways. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2279(1), 82–89. doi:[10.3141/2279-10](https://doi.org/10.3141/2279-10)
- Campbell, J. L., National Research Council (U.S.), National Cooperative Highway Research Program, American Association of State Highway and Transportation Officials, e United States (Eds). (2012) *Human factors guidelines for road systems*. (2nd ed.). Transportation Research Board, Washington, D.C.
- CBT (1997). Código Brasileiro de Trânsito.
- Chen, S., Saeed, T. U., Alinizzi, M., Lavrenz, S., e Labi, S. (2019) Safety sensitivity to roadway characteristics: A comparison across highway classes. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 39–50. doi:[10.1016/j.aap.2018.10.020](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.020)
- CNT (2014). Relatório Gerencial – *Pesquisa Rodoviária 2014*. Confederação Nacional do Transporte (CNT).
- CNT (2017). Relatório Gerencial – *Pesquisa Rodoviária 2017* Confederação Nacional do Transporte (CNT).
- Damacena, G. N., Malta, D. C., Boccolini, C. S., Souza Júnior, P. R. B. de, Almeida, W. da S. de, Ribeiro, L. S., e Szwarzwald, C. L. (2016) Consumo abusivo de álcool e envolvimento em acidentes de trânsito na população brasileira, 2013. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21(12), 3777–3786. doi:[10.1590/1413-812320152112.25692015](https://doi.org/10.1590/1413-812320152112.25692015)
- Daniels, S., Nuyts, E., e Wets, G. (2008) The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: An observational study. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 518–526. doi:[10.1016/j.aap.2007.07.016](https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.07.016)
- DENATRAN (1987) Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF.
- DNIT (2013) *Especificações Técnicas Programa BR-LEGAL*, Coordenação-Geral de Operações Rodoviárias, Diretoria de Infraestrutura Rodoviária (DNIT).
- Guia Prático Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária - BR-LEGAL (2015). Diretoria de Infraestrutura Rodoviária, Coordenação-Geral de Operações Rodoviárias/DIR. DNIT.
- Hauer, E. (1997) *Observational before-after studies in road safety: estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. (1st ed.). Pergamon, Oxford, OX, U.K. ; Tarrytown, N.Y., U.S.A.
- Holló, P., Eksler, V., e Zukowska, J. (2010) Road safety performance indicators and their explanatory value: A critical view based on the experience of Central European countries. *Safety Science*, 48(9), 1142–1150. doi:[10.1016/j.ssci.2010.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.03.002)
- Hosking, S. G., Young, K. L., e Regan, M. A. (2009) The Effects of Text Messaging on Young Drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 51(4), 582–592. doi:[10.1177/0018720809341575](https://doi.org/10.1177/0018720809341575)
- IBGE (2019) Série histórica da estatística de acidentes no Brasil, indicadores de mortalidade. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Obtido de: [seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=MS10](http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=MS10). Acesso em 20 de Maio de 2019.
- Lee, J., e Mannering, F. (2002) Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident; Analysis and Prevention*, 34(2), 149–161.
- Lum, H.; Reagan, J. A. (1995) Interactive Highway Safety Model: Accident Predictive Module, Public Roads. Federal Highway Administration, 58(3), p.14-17.
- Mont, M. A., Waldman, B. J., e Hungerford, D. S. (2000) Evaluation of Preoperative Cultures Before Second-Stage Reimplantation of a Total Knee Prosthesis Complicated by Infection: A Comparison-Group Study\*. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 82(11), 1552–1557. doi:[10.2106/00004623-200011000-00006](https://doi.org/10.2106/00004623-200011000-00006)
- MUTCD (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. Federal Highway Administration, Washington D.C.
- NPC (2014). *Using comparison group approaches to understand impact. Improve your evidence*. New

- Philanthropy Capital (NPC).
- Persaud, B., Hauer, E., Retting, R., Vallurupalli, R., e Mucsi, K. (1997) Crash reductions related to traffic signal removal in Philadelphia. *Accident; Analysis and Prevention*, 29(6), 803–810.
- Pilkington P., Kinra S. (2005). Effectiveness of speed cameras in preventing road traffic collisions and related casualties: systematic review. *BMJ* 2005;330:331.
- Pntrans (2019). *Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito*. Ministério das Cidades.
- PRF Dados Abertos - Polícia Rodoviária Federal (PRF). Obtido de: [www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes](http://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes). Acesso em 20 de Maio de 2019.
- Revista Rodovias&Vias (2018) – *Infraestrutura e Desenvolvimento*. Ano 18, Edição 110, Fevereiro.
- Roshandel, S., Zheng, Z., e Washington, S. (2015) Impact of real-time traffic characteristics on freeway crash occurrence: Systematic review and meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 79, 198–211. doi:[10.1016/j.aap.2015.03.013](https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.03.013)
- Shinar, D. (2019) Crash causes, countermeasures, and safety policy implications. *Accident Analysis & Prevention*, 125, 224–231. doi:[10.1016/j.aap.2019.02.015](https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.02.015).
- Tešić, M., Hermans, E., Lipovac, K., e Pešić, D. (2018) Identifying the most significant indicators of the total road safety performance index. *Accident Analysis & Prevention*, 113, 263–278. doi:[10.1016/j.aap.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.003)
- UN (2011). Global Plan for the DECADE OF ACTION FOR ROAD SAFETY, 2011-2020, Version 3. United Nations (UN).
- Wang Fang, (2003) Study on signs comprehension and driving safety Based on drivers' psychology perception. Research Institute of Highway, MOC. *ICTCT Extra Workshop*, Beijing, p. 298-304.
- WHO (2018). *Global Status Report on Road Safety*. World Health Organization (WHO).

---

Andrey Zuriel Ebeling Bonatto ([andrey.bonatto@gmail.com](mailto:andrey.bonatto@gmail.com))

Christine Tessele Nodari ([piti@producao.ufrgs.br](mailto:piti@producao.ufrgs.br))

Daniel Sergio Presta Garcia ([daniel.garcia@ufrgs.br](mailto:daniel.garcia@ufrgs.br))

Laboratório de Sistemas de Transportes – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Av. Osvaldo Aranha, 99 – Porto Alegre, RS, Brasil.