

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A OBSERVÂNCIA AOS PADRÕES DE PROJETO DE SINALIZAÇÃO E A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO EM RODOVIAS

Walquiria Y. Fujii

Engenheira, Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Hugo Pietrantonio

Engenheiro, Prof. Dr., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

Este trabalho descreve um estudo de análise da aplicação da sinalização de trânsito em rodovias e a sua relação com a ocorrência de acidentes. O estudo de campo examinou um trecho rodoviário da SP-055 (Rodovia Padre Manoel da Nóbrega), no Estado de São Paulo, com a identificação de seus pontos de concentração de acidentes. Analisaram-se os padrões dominantes de acidentes e as deficiências da segurança viária em 10 pontos críticos, relacionados como fatores contribuintes para a ocorrência dos acidentes observados nos 2 anos anteriores. Os fatores foram classificados como alterações de sinalização decorrentes da inobservância aos padrões de projeto ou da necessidade de adaptações corretivas para cada local (isto é, indo além das recomendações existentes, mas em decorrência dos dados sobre os acidentes de trânsito observados) e, também, de outros aspectos (especialmente geometria viária e controle de tráfego). Buscou-se, então, determinar não apenas a presença dos fatores corretivos, mas também a possibilidade de redução de acidentes pela intervenção sobre os fatores contribuintes. Um painel de especialistas foi utilizado para avaliar o potencial de redução de acidentes decorrente de cada intervenção corretiva para cada padrão de acidentes identificado em cada local. Esta informação foi, finalmente, utilizada para avaliar a importância geral da sinalização viária para a segurança de trânsito, diferenciando o atendimento aos padrões de projeto e as adaptações decorrentes dos acidentes no local.

ABSTRACT

This paper describes a study that analyses the application of road signs on highways and its relation to the occurrence of accidents. The field study examined a road segment of the SP-055 (Padre Manuel da Nóbrega Highway) and identified its critical accident points. The dominant accident patterns and the safety deficiencies on each of 10 accident prone sites were analyzed as contributing factor in accident occurrence in the previous two years. The factors were classified as change in road signing by non-observation of design standards or the need of corrective adaptation commanded by local conditions (i.e., going farther than existing guidelines but mandated by data about observed traffic accidents) and also as other features (especially road geometry and traffic control). The study tried to determine not only the presence of the contributory factor but also the possibility of reducing observed accidents. An expert panel was used for the evaluation of the potential of accident reduction of accidents for each dominant pattern achievable through the correction of each contributory factor identified at the site. This information was finally used to evaluate the importance of road signing for the traffic safety, distinguishing the observance of design guidelines and the corrective adaptation commanded by accidents.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos sistemas de sinalização viária tem sido objeto de preocupação constante, ganhando maior destaque com o crescimento da preocupação em relação à segurança de trânsito e do rigor na fiscalização (especialmente em decorrência dos esforços de recuperação e melhoria das rodovias, como aqueles decorrentes do advento das concessões rodoviárias no país). Entretanto, a recuperação da malha viária não deixou de produzir alguns casos de aumento na ocorrência de acidentes, de forma surpreendente e, de certo modo, contraditória. Diante disso, convém questionar se o atendimento aos atuais critérios e normas de projeto é condição suficiente para garantir a segurança de uma via.

Neste contexto, o objetivo do trabalho resumido neste artigo é analisar o papel das deficiências na sinalização viária como fator contribuinte para a ocorrência dos acidentes. E a análise abrange tanto a observância aos padrões de projeto (considerando as recomendações

oficiais e os requisitos adicionais estabelecidos por órgãos rodoviários), como a necessidade de adaptações corretivas para cada local (ou seja, indo além das recomendações existentes, em decorrência dos dados sobre os acidentes de trânsito ocorridos). Inclui-se, na análise, a comparação com fatores contribuintes relacionados com outros aspectos do projeto viário.

Antes dos estudos de campo, foram revisados os padrões de projeto de sinalização estatigráfica em uso no país, abrangendo elementos horizontais (representados pelas pinturas e demarcações no pavimento), verticais (placas) e dispositivos auxiliares (tachas, balizadores e outros). As referências correntes são o Código de Trânsito Brasileiro de 1997 – Anexo II, atualizado pela Resolução n.160/2004, as Resoluções n.599/82 e n.666/86 (ainda não atualizadas) e as normas complementares, adotadas por órgãos rodoviários como o antigo DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, o DER/SP – Departamento de Estradas de Rodagem (além das normas da CET/SP – Companhia de Engenharia de Tráfego).

Com este conhecimento sistematizado, os aspectos referentes à contribuição da sinalização viária para a ocorrência de acidentes de trânsito em rodovias foram avaliados tomando a SP-055 (Rodovia Padre Manuel da Nóbrega) – parte do Sistema Anchieta-Imigrantes, ligação entre a Capital e o litoral no Estado de São Paulo – situada junto à baixada santista, como estudo de campo. Como será argumentado a seguir, os problemas metodológicos envolvidos em estudos desta natureza são de difícil enfrentamento, mas a opção adotada, associada ao trabalho clássico de SABEY (1980), vai claramente além das abordagens mais ingênuas.

A seguir, será apresentada e discutida a metodologia relacionada com o estudo e as etapas realizadas no trabalho de campo e na análise dos dados coletados. Os resultados obtidos são então apresentados e analisados. Por fim, são resumidas as conclusões obtidas e apontados os tópicos que podem ser objeto de pesquisas posteriores.

2. DISCUSSÃO METODOLÓGICA E ATIVIDADES DO ESTUDO

A discussão sobre causas ou fatores contribuintes em acidentes de trânsito é freqüente, mas nem por isso iluminadora, dentro do estudo da segurança de trânsito. Com relação aos fatores humanos, sabe-se que o comportamento do motorista tem sido objeto de estudo por especialistas de tráfego e psicólogos, principalmente quanto à sua capacidade de reação aos estímulos externos, providos pelo sistema viário e seu entorno. Muitas das informações necessárias para o desempenho da tarefa de dirigir um veículo são fornecidas pelos elementos de sinalização. Portanto, disto decorre a sua potencial contribuição para a segurança de trânsito e para a redução de acidentes. MOREIRA (2000) destaca a importância da sinalização de trânsito na segurança viária, ao mencionar a influência dos elementos de sinalização para transmissão das informações aos motoristas, que selecionam aquelas mais relevantes e as transformam em ações ou respostas. Essas ações têm repercussão na circulação dos veículos e, portanto, na sua exposição ao risco de acidentes de trânsito.

A predominância das ações ou omissões humanas entre os fatores contribuintes dos acidentes de trânsito é amplamente citada (ver a revisão sumária em CUCCI, 1997; ou os trabalhos citados em ROZESTRATEN, 1982; e também em SABEY, 1980). Entretanto, em que pese este amplo reconhecimento da participação como fator contribuinte para os acidentes, deve-se ponderar que este fato não deve ser entendido como justificativa de uma eventual preferência por ações voltadas ao fator humano como meio eficaz e eficiente para redução de acidentes. O projeto da via e da sinalização altera o comportamento humano, sua probabilidade de falha e

de transgressão ou, por fim, o efeito decorrente dos desvios em relação ao padrão ideal. Por isso, pode ser uma forma mais eficaz de reduzir os acidentes ou seus danos em diversos contextos. A atuação da Engenharia de Tráfego inclui, atualmente, os dispositivos eletrônicos de fiscalização (controle de velocidade, avanço do sinal vermelho em semáforos, entre outros tipos), uma forma bastante efetiva de alterar o comportamento humano.

A metodologia de análise deve ser, portanto, capaz de ponderar estas diferenças entre a participação em frequência na ocorrência de acidentes e no potencial de eliminá-lo (incluindo o uso econômico dos recursos). Este é o aspecto fundamental discutido a seguir.

Os estudos realizados por SABEY (1976, 1980) no Laboratório de Transportes inglês (então TRRL – *Transport and Road Research Laboratory*, atualmente TRL – *Transport Research Laboratory*) são clássicos. LAY (1986) referencia SABEY (1976), ao mencionar que, dos totais de acidentes de trânsito ocorridos, 60% poderiam ser evitados com medidas corretivas, dentre as quais, 15% corresponderiam a intervenções na infra-estrutura viária. Tais intervenções envolvem aspectos associados ao projeto geométrico viário, operação de tráfego e sinalização viária, entre outros. A referência básica sobre investigação de acidentes inglesa (U.K.DoT, 1986) também cita SABEY (1980), ao discutir o potencial das diferentes ações de redução de acidentes e o retorno esperado da aplicação de recursos (*value for money*) em cada campo de ação. Esta foi, por isso, a fonte metodológica básica deste estudo.

2.1 A Metodologia do Estudo de Sabey (1980)

A pesquisa bibliográfica realizada não localizou trabalhos específicos sobre o papel da sinalização viária que contivessem uma descrição suficientemente detalhada do método empregado na obtenção dos dados. Falta, muitas vezes, a própria citação da fonte dos dados (como em BRANCO, 1999). Por este motivo, é destacado o estudo geral de SABEY (1980), buscado um esquema para análise crítica dos aspectos relacionados com a sinalização viária.

Como já discutido, a primeira idéia sobre a forma de avaliar a importância de cada aspecto para a segurança de trânsito foi direcionada para a verificação da sua presença como causa dos acidentes de trânsito. Entretanto, os estudos sobre o assunto apontaram para a necessidade de uma visão mais profunda e ponderada.

Na análise dos acidentes de trânsito, o próprio conceito de causa foi progressivamente substituído pelo de fator contribuinte para a ocorrência dos acidentes de trânsito, em reconhecimento do fato de que estes eventos são claramente multicausais. Como delimitar esta cadeia quase interminável de relações causais (todas provavelmente válidas e relevantes)? Como relacionar a existência de um fator com a possibilidade de reduzir os acidentes de trânsito? Como utilizar o resultado da investigação sobre os fatores contribuintes dos acidentes para orientar as políticas voltadas para melhorar a segurança de trânsito?

O trabalho clássico de SABEY (1980) pode ser creditado como um resultado maduro da pesquisa realizada por quase uma década na investigação destas questões, como coroamento das investigações aprofundadas sobre acidentes de trânsito (*in depth studies*), que multiplicaram-se nos anos 70, como forma de medir a importância relativa dos fatores. Dado seu interesse prático em orientar as políticas de ação na área de segurança viária, o primeiro ponto importante do referido estudo é a delimitação do conceito de fator contribuinte, que pode ser resumido como: um aspecto relacionado com alguma falha do usuário, da via ou do

veículo sem o qual o acidente não teria ocorrido. Portanto, SABEY (1980) destaca que a ausência do aspecto identificado deve ser viável e tornar possível evitar o acidente (isto é, deve haver alguma medida usualmente aceita como eficaz para eliminá-lo, pelo menos ao reduzir significativamente a chance de que ele venha a ocorrer).

Na definição de critérios para avaliar a importância relativa dos diferentes fatores contribuintes, SABEY (1980) estabelece três níveis de análise e ilustra sua aplicação com a análise realizada para os acidentes estudados pelo Laboratório de Transportes inglês:

- (1) o primeiro nível de análise é a frequência da presença nos acidentes de cada aspecto como fator contribuinte; Sabey (1980) destaca que, em média, cada acidente tem 2,3 fatores contribuintes e que, embora os fatores relacionados com os usuários, a via e os veículos estejam presentes, respectivamente, em 94,5%, 28,0% e 8,5% dos acidentes, a consideração de fatores simultâneos faz com que a participação relativa seja de 3/4 para os fatores humanos, 1/5 para os fatores da via e 1/12 para os fatores veiculares (uma relação 9:2,5:1 em termos de frequência relativa);
- (2) o segundo nível de análise é a existência de ações eficazes, normalmente limitadas a ações usuais de baixo custo, com potencial evitar o acidente ou reduzir significativamente sua gravidade ao eliminar ou minorar a contribuição do fator considerado, como avaliadas por uma equipe multidisciplinar; nos estudos de SABEY (1980) este potencial para redução dos acidentes ou ferimentos foi de 1/3 para ação sobre o fator humano, 1/5 para o fator via e 1/4 para o fator veículo (uma relação 1,5:1:1), para um potencial global de redução de 3/5 dos acidentes observados; o foco na eliminação dos acidentes altera drasticamente a importância relativa dos fatores contribuintes;
- (3) o terceiro nível de análise é a identificação da razão benefício/custo da ação sobre cada fator para determinar a eficiência econômica das políticas direcionadas a atuar em cada campo relacionado com a segurança de trânsito; esta análise deve ponderar a eficácia final das ações e os custos de sua implantação e manutenção ao longo de toda a vida útil da utilização da via; esta análise sobre o retorno esperado não foi concluída de forma sistemática, em especial pela dificuldade de mensuração relativa à ação sobre os fatores humanos (educação, informação, ...).

Do ponto de vista deste trabalho, a análise do primeiro nível pode ser realizado com base na análise dos acidentes ocorridos em diversos locais. As técnicas usuais de análise de pontos de concentração de acidentes (ver OGDEN, 1996, ou GOLD, 1998) permitem organizar a informação sobre os acidentes registrados, e sua análise é normalmente utilizada para identificar padrões de acidentes buscando-se, então, fatores contribuintes para cada padrão de acidentes e ações corretivas promissoras para redução da sua ocorrência ou gravidade .

De forma compatível com o conceito de fator contribuinte e sua relação com a possibilidade de eliminação do acidente, considera-se que é necessário ponderar a existência de uma ação usualmente aceita como eficaz para evitar o acidente, com razoável probabilidade. A principal dificuldade esperada na análise deste aspecto é a identificação da eficácia de uma ação e a mensuração do seu potencial de redução de acidentes, pelo menos em termos probabilísticos.

Sobre o primeiro aspecto, deve-se observar que a análise é feita para cada diferente padrão de acidentes observados num local, dado que ações específicas normalmente são recomendadas para cada caso. Mas, idealmente, um projeto completo deveria ser proposto para avaliar o impacto final do esquema proposto – eventualmente, uma ação corretiva direcionada para

reduzir um padrão de acidentes pode ter impacto em outros, como no caso do aumento de colisões traseiras decorrente da implantação de semáforos, decidida para eliminar colisões transversais em interseções em nível. O desenvolvimento de projetos completos torna-se, naturalmente, mais difícil na medida em que o número de locais estudados aumenta.

Sobre o segundo aspecto, a mensuração do potencial de redução de acidentes de cada medida corresponde a uma dificuldade cuja superação permite atingir o segundo nível de SABEY (1980) em termos quantitativos. A necessidade de avaliação a partir da análise subjetiva de especialistas parece ser incontornável no estágio atual de conhecimento. A análise da variação dos resultados obtidos de diferentes especialistas pode aumentar a confiança nos resultados obtidos, embora ainda se limite a analisar as opiniões dos especialistas e não a eficácia realmente observada em campo (o exame desta eficácia naturalmente exigiria a implantação de cada ação alternativa e o acompanhamento do efeito produzido sobre os acidentes, descontando fatores exógenos não relacionados com a ação em avaliação).

Por fim, no que se refere à análise do terceiro nível, considerou-se que mesmo após ter-se chegado a alguma medida aceita da eficácia de cada medida na redução dos acidentes, haveria uma dificuldade prática principal para medir a relação benefício/custo das ações: a necessidade de ter um projeto suficientemente detalhado para permitir orçar cada intervenção. Além disso, os critérios e parâmetros envolvidos em uma análise benefício/custo teriam de ser explicitados (muitos deles polêmicos, como os custos de acidentes). Deve-se também mencionar a necessidade de avaliar outros impactos das ações (como o aumento do tempo de viagem decorrente de medidas que buscam melhorar a segurança de trânsito através da redução da velocidade de tráfego). Novamente, estas dificuldades aumentam na medida em que mais locais sejam estudados, ficando além do possível no trabalho realizado.

Portanto, de acordo com os objetivos deste trabalho, decidiu-se analisar a importância da relação entre a observância aos padrões de projeto em sinalização e os acidentes de trânsito em rodovias pela investigação da possibilidade de reduzir sua ocorrência ou gravidade.

2.2 As Atividades Definidas para o Estudo Realizado

Foram analisados, neste estudo, os registros de acidentes ao longo do trecho da SP-055 (Rodovia Padre Manoel da Nóbrega), referentes ao período de 2002 a 2003.

Inicialmente, os acidentes foram agrupados por pista, por segmentos de 500 m de extensão e por tipo. Os segmentos com concentração de acidentes de cada pista foram identificados com base nos totais de acidentes ocorridos. Numa primeira seleção, foram destacados os segmentos com maiores frequências de acidentes durante o período de 2002 a 2003, tendo sido descartados aqueles acidentes considerados fortuitos, tais como acidentes envolvendo motoristas alcoolizados ou sob efeito de drogas, acidentes devido à colocação de ciladas na pista por assaltantes, acidentes ocorridos devido a disparo de arma de fogo e outros.

Os registros dos acidentes (BOATRv) correspondentes aos segmentos selecionados foram então analisados, permitindo a identificação mais precisa dos pontos com concentração de acidentes dentro dos segmentos selecionados.

Vistorias iniciais dos diferentes trechos, realizadas durante os meses de maio e junho de 2004, prestaram-se como referência para o estudo de cada ponto selecionado, dado que a sua

verdadeira configuração e estado na ocasião dos acidentes não é totalmente conhecida. Buscando uma melhor informação sobre a situação em que se encontravam os dispositivos de sinalização à época dos acidentes, consultou-se a Concessionária Ecovias dos Imigrantes, que informou as datas e extensões das intervenções físicas aplicadas na sinalização horizontal e nas tachas refletivas durante os anos de 2002 e 2003 (não foi possível obter a informação correspondente a respeito das intervenções na sinalização vertical).

Com base nos dados dos registros de acidentes de cada um dos 10 locais e em vistorias complementares eventualmente necessárias, foram identificados os diferentes padrões dos acidentes observados e os possíveis fatores contribuintes correspondentes. Um painel de especialistas foi preparado para avaliar a existência de ações usualmente aceitas como eficazes para reduzir os acidentes observados para cada padrão identificado agindo sobre cada fator relacionado e a eficácia potencial dessas ações para reduzir os acidentes com a hipótese de implantação de um projeto adequado para sua correção (com os requisitos julgados essenciais pelo especialista). Os especialistas foram reunidos em uma mesma ocasião e, durante o painel, cada local foi apresentado aos especialistas, e os fatores contribuintes identificados foram esclarecidos, solicitando-se, então, a avaliação sobre a eficácia potencial de uma ação corretiva sobre cada fator do local apresentado.

Para os objetivos do estudo, cada fator contribuinte foi classificado e recebeu uma sigla, conforme a sua relação com os critérios de projeto relativos à sinalização viária, como resumido na Tabela 1. O grau de confiança do especialista na possibilidade de redução de acidentes foi estabelecido para cada diferente padrão de acidentes identificado no local, através de uma escala qualitativa, em três níveis, reproduzida na Tabela 2, adiante. Os especialistas também puderam apontar outros fatores contribuintes para cada padrão de acidentes (o que foi utilizado apenas para ter uma certificação de que o diagnóstico não omitiu nenhum aspecto claramente importante).

Tabela 1: Classificação dos fatores contribuintes em relação à sinalização viária

SIGLA	SIGNIFICADO
S/I	A sinalização não está empregada conforme as normas. Inobservância dos padrões de sinalização.
S/C	A sinalização está empregada de acordo com as normas. Adaptação corretiva da sinalização
O	Outros, não relacionados diretamente com a sinalização

Para a análise quantitativa, a cada grau de confiança do especialista na possibilidade de eliminar acidentes de um dado padrão pela ação sobre cada fator, associou-se um valor probabilístico (uma probabilidade nominal), conforme apresentado na Tabela 2, a partir de três faixas de variação: média, inferior e superior. Os valores apresentados visam obter uma análise de sensibilidade dos resultados quantitativos relatados adiante, em face de valores alternativos adotados para os valores probabilísticos.

Tabela 2: Probabilidades nominais dos fatores

PROVÁVEL EFEITO DO FATOR EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA DO ACIDENTE	PROBABILIDADE NOMINAL DE EVITAR O ACIDENTE		
	média	inferior	superior
Provavelmente evitaria	0,75	0,60	0,90
Poderia evitar	0,50	0,30	0,70
Difícilmente evitaria	0,25	0,10	0,40

Deve-se enfatizar, portanto, que os dados quantitativos apresentados adiante não representam previsões das porcentagens de acidentes elimináveis feitas pelos especialistas. Considerou-se mais prudente ater-se apenas à escala qualitativa e realizar a análise de sensibilidade com base em probabilidades nominais. São uma forma de quantificar o efeito qualitativo de cada ação sobre a ocorrência de acidentes, não devendo ser consideradas como valores numéricos. Para a determinação mais precisa dos valores probabilísticos, seria necessário monitorar a ocorrência dos acidentes, ao longo do tempo, após a implantação da melhoria correspondente à solução do fator apontado em cada local, escopo fora da possibilidade do estudo realizado.

A seguir, durante a apresentação dos resultados, será relatado em detalhe um exemplo do diagnóstico de um local e da avaliação dos especialistas, seguida pela análise dos dados.

2.3 Critérios de Projeto para Sinalização no Brasil

A investigação de campo foi precedida por um levantamento extenso sobre as recomendações técnicas correntemente utilizadas para orientar o projeto de sinalização viária. Este trabalho foi dificultado pelo fato de que as recomendações técnicas existentes não foram atualizadas após a entrada em vigor do Código de Trânsito Brasileiro de 1997. Além disso, as disposições contidas nos documentos oficiais (Brasil, 1982; e Brasil, 1986) são imprecisas em diversos pontos e recorrem freqüentemente ao julgamento subjetivo dos técnicos ou às conclusões decorrentes da observação de acidentes de trânsito.

FUJII (2004) contém os resultados da revisão realizada, incluindo a comparação com manuais de projeto de sinalização de outros órgãos nacionais (CET/SP, 1978; DER/SP, 1983; DNER, 1999). Verificou-se que, freqüentemente, as recomendações oficiais são suplementadas por critérios próprios. No entanto, os critérios de aplicação da sinalização ficam ainda sujeitos a amplo grau de subjetividade e adaptação aos problemas observados após a implantação. Por este motivo, a análise separou a observância estrita aos padrões claramente exigidos, da adaptação da sinalização decorrente de deficiência denunciadas pelos acidentes de trânsito.

As recomendações estrangeiras são bastantes mais detalhadas (ver, por exemplo, U.S.FHWA, 2003), mas não podem ser legalmente aplicadas ao Brasil. Uma análise crítica comparativa com as recomendações de outros países, embora útil, não foi realizada.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

O trecho estudado a seguir tem início junto ao dispositivo de interseção com a rodovia SP-150 (Rodovia Anchieta), no município de Cubatão, e segue no sentido sudoeste (para Itanhaém), passando por São Vicente e Praia Grande. O DER/SP denominou a pista sentido Guarujá-Itanhaém como “Pista Oeste”, e a pista oposta como “Pista Leste”.

A rodovia situa-se em região de relevo plano, próxima ao litoral paulista; portanto, não possui greides acentuados. Quanto ao alinhamento horizontal, o trecho em estudo apresenta sinuosidade apenas no início (km 271 ao km 275). Nos demais segmentos, há longas tangentes conectadas por curvas de raios elevados. Existem trechos de vias marginais à rodovia em ambos os lados, com ligações às pistas principais da SP-055 através de ramos e cruzamentos em nível. No total, há 13 cruzamentos em nível, associados a dispositivos de cruzamento ou de retorno, efetuado pela faixa à esquerda de cada pista. A seção transversal da rodovia apresenta duas pistas com acostamento pavimentado e duas faixas de rolamento cada

(largura de 3,50 m), separadas por elementos divisores, tais como canteiros centrais de concreto, gramados, segmentos de barreira de concreto e segmentos de defesa metálica. A Figura 1 ilustra o padrão físico da rodovia, mostrando o km 281, que é representativo.



Figura 1: Padrão físico da rodovia SP-055 – ilustração do km 281

Os dados sobre acidentes ocorridos no trecho rodoviário nos anos de 2002 e 2003 foram obtidos a partir dos registros da Polícia Militar Rodoviária – 2ª Companhia – 1º Batalhão. Os acidentes nesse período totalizaram 797 ocorrências, das quais 386 no ano de 2002, e 411 no ano de 2003. O mapeamento dos acidentes orientou a escolha dos locais de estudo, que corresponderam aos pontos de maior frequência de acidentes no período observado. A análise dos registros de acidentes desses segmentos permitiu identificar os diferentes locais em cada um. Da análise detalhada, resultaram 10 locais de estudo, sendo 7 na Pista Leste (sentido Itanhaém-Guarujá) e 3 na Pista Oeste (sentido Guarujá-Itanhaém).

3.2 Diagnóstico sobre os Acidentes nos Trechos Estudados

A análise dos dados sobre os acidentes de trânsito registrados em cada um dos locais selecionados para estudo seguiu a metodologia tradicional (OGDEN, 1996; GOLD, 1998). Cada um dos locais foi analisado, identificando-se um ou mais padrões de acidentes e os fatores contribuintes relacionados com a segurança viária (acidentes relacionados com fatores fortuitos foram excluídos).

Tomando um dos casos mais simples para ilustração, o local 7, foram observados apenas 4 acidentes. O diagnóstico considerou separadamente dois padrões de acidentes: 3 foram do padrão “Choque” (acidentes 1, 2, 4) e 1 do padrão “Colisão Traseira” (acidente 3). Os fatores contribuintes apontados com base na análise dos acidentes foram (seguindo a classificação apresentada na Tabela 1):

- Fator 1: Regulamentação de velocidade; placas muito distantes do local. Por não se tratar de inobservância dos padrões de projeto, mas sim, um reforço da sinalização, este Fator 1 é classificado como S/C.
- Fator 2: Mau estado de conservação das tachas refletivas. Idêntico ao anterior, o Fator 2 também é classificado como S/C.
- Fator 3: Ausência de marcador de perigo na bifurcação. Também classificado como S/C.
- Fator 4: Iluminação insuficiente. Classificado como O.

Antes do painel de especialistas, o processo de avaliação e análise foi realizado pelos próprios autores e obteve uma aplicação preliminar.

Retornando ao exemplo do local 7, a Tabela 3 foi preenchida com base na avaliação subjetiva dos autores, usando uma escala qualitativa (provavelmente evitaria, poderia evitar, dificilmente evitaria). A mesma matriz foi preenchida pelos especialistas. Para cada um dos 4 acidentes selecionados, foram transcritas as avaliações dos 4 fatores apontados do padrão correspondente ao acidente e traduzidas em probabilidades nominais para a avaliação quantitativa. Para a aplicação dos autores para o local 7, os resultados foram indicados na Tabela 4 e na Tabela 5 (para a ponderação média), que estão reproduzidas abaixo.

Tabela 3: Matriz de avaliação dos fatores contribuintes para o local 7

PADRÃO DE ACIDENTE	EXPECTATIVA DE REDUÇÃO DE ACIDENTES/FATOR CONTRIBUINTE			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1: Choque	poderia evitar	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria
2: Col.Traseira	provavelmente evitaria	dificilmente evitaria	dificilmente evitaria	dificilmente evitaria

Tabela 4: Expectativa de eficácia dos fatores contribuintes para o local 7

ACIDENTE	FATORES			
	Fator 1 (S/C)	Fator 2 (S/C)	Fator 3 (S/C)	Fator 4 (O)
1	poderia evitar	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria
2	poderia evitar	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria
3	provavelmente evitaria	dificilmente evitaria	dificilmente evitaria	poderia evitar
4	poderia evitar	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria	provavelmente evitaria

Tabela 5: Probabilidades nominais de eficácia dos fatores contribuintes para o local 7

ACIDENTE	FATORES			
	Fator 1 (S/C)	Fator 2 (S/C)	Fator 3 (S/C)	Fator 4 (O)
1	0,50	0,75	0,75	0,75
2	0,50	0,75	0,75	0,75
3	0,75	0,25	0,25	0,50
4	0,50	0,75	0,75	0,75
SOMA	2,25	2,50	2,50	2,75

Tabela 6: Índice de redução de acidentes por tipo de fator contribuinte para o local 7

Índice de Redução de Acidentes	FATORES		
	Fator Sinalização / Inobservância (S/I)	Fator Sinalização / Adaptação Corretiva (S/C)	Fator Outros (O)
SOMA	0,00	2,50	2,75

Observa-se que o efeito global de cada fator para o local 7 é quantificado pela soma das probabilidades estimadas para os acidentes, que pode ser tomada como um índice de “redução” esperada de acidentes após a intervenção considerada. Neste caso, houve mais de um fator do mesmo tipo: Fator 1, Fator 2 e Fator 3 são relativos a deficiência de sinalização, com adaptação corretiva (S/C). Nestas situações, tomou-se o maior valor entre as três somas como sendo representativo do efeito do fator do tipo S/C, ou seja, neste caso houve um empate entre as somas referentes ao Fator 2 e ao Fator 3 (SOMA = 2,50). Houve, também, a ausência de fatores de um tipo (S/I), que recebeu valor zero (0,00). Desse modo, os valores finais para o local 7 seriam os apresentados na Tabela 6, acima.

Os resultados correspondentes à avaliação preliminar dos autores, com os valores de todos os locais, estão apresentados na Tabela 7. A última linha é calculada pela divisão da soma das probabilidades pelo total de acidentes estudados. O resultado corresponde a um valor que mediria a redução percentual esperada de cada ação com base numa eficácia dada pelas probabilidades nominais utilizadas. A análise de sensibilidade obtém resultados correspondentes para os valores inferiores e superiores. Esta interpretação da medida global como redução esperada dos acidentes relacionada com cada tipo de fator contribuinte será utilizada, ressaltando-se o uso de probabilidades nominais.

Tabela 7: Avaliação preliminar do índice de redução de acidentes nos locais estudados

LOCAL	FATORES CONTRIBUINTES		
	SINALIZAÇÃO		OUTROS
	inobservância (S/I)	adaptação corretiva (S/C)	
1	9,00	8,25	10,75
2	1,25	1,00	1,25
3	4,00	3,00	6,00
4	1,00	1,00	1,00
5	3,00	0,00	3,00
6	1,00	1,00	1,50
7	0,00	2,50	2,75
8	0,00	2,00	3,00
9	0,00	4,25	6,00
10	0,00	0,00	3,00
SOMA	19,25	23,00	38,25
REDUÇÃO	33,8%	40,4%	67,1%

3.3 Resultados Obtidos e Análise da Relação Estudada

Dentre os Especialistas convidados, participaram deste Painel: Engº Percival Bisca, Engº Marcos Venicius Brito, Engº Gilberto Monteiro Lehfeld, Engº Adauto Martinez Filho, Engº Airton Perez Mergulhão. A eles foram apresentados os 10 locais selecionados para o estudo, bem como os registros dos acidentes pesquisados. Os Especialistas então avaliaram os fatores contribuintes e ponderaram sobre o efeito de cada um sobre os acidentes registrados. A avaliação dos acidentes foi feita de modo agregado por padrão, e não por acidente individualmente. Para a apresentação dos resultados, foi atribuído a cada Especialista um código de A a E, em ordem aleatória. A estas, foi adicionada a avaliação própria dos autores.

Os resultados foram analisados em conjunto com a avaliação feita pelos autores, tendo-se chegado a valores consistentes, conforme se observa na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8: Avaliação global dos índices de redução de acidentes

Avaliador	Fator		
	S/I	S/C	O
A	21,9%	34,6%	62,3%
B	25,4%	41,7%	74,6%
C	19,3%	37,3%	60,5%
D	19,3%	32,0%	60,5%
E	23,2%	38,2%	74,1%
Preliminar	33,8%	40,4%	67,1%
Média	23,83%	37,35%	66,52%
Desvio Padrão	4,94%	3,27%	5,95%
Diferença Max-Min	14,50%	9,70%	14,1%

Como pode ser visto, os desvios dos resultados, em cada fator, ficaram em torno de 5%. Os fatores relacionados à não observância dos padrões de projeto de sinalização (S/I) aparecem com menor frequência do que fatores ligados à adaptação corretiva (S/C). Os resultados relativos à adaptação corretiva (S/C) foram mais homogêneos, indicando a consistência da importância atribuída das deficiências da sinalização relacionadas com os acidentes de trânsito observados, mas não contidos nos critérios de projeto de sinalização. A análise de sensibilidade mostrou que o índice de 23,83% para as correções decorrentes de inobservância dos padrões de sinalização variou de 18,29% a 32,37%, o índice de 37,35% para as correções de adaptação baseadas nos dados sobre os acidentes observados variou de 34,21% a 47,02% e o índice de 66,52% para outros fatores variou de 69,09% a 80,56%, evidenciando a mesma escala relativa de valores (ao redor de 1:2:3, em termos relativos).

A avaliação dos fatores não associados à sinalização (O) resultou bastante superior em termos de eficácia, embora com maior desvio, devendo-se ponderar a maior magnitude das intervenções consideradas (seja em termos de custo para o poder público, como no caso de reconstruções da geometria viária, ou de impacto nos usuários da via, como no caso de alterações de controle de tráfego ou fiscalização eletrônica de velocidade).

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo sobre a relação entre a observância aos padrões de sinalização e a ocorrência de acidentes em rodovias descrito neste trabalho empregou a medida do potencial de redução de acidentes, avaliada através de um painel de especialistas, para avaliar sua importância. Como a revisão teórica mostrou o predomínio de critérios de projetos imprecisos e dependentes de critérios baseados em julgamento subjetivo e observação de acidentes, foram distinguidos a inobservância de critérios explícitos e as medidas decorrentes da observação de acidentes.

Tomando como base o estudo de 10 locais selecionados pela ocorrência de acidentes na Rodovia Padre Manuel da Nóbrega (SP-055), obtêm-se índices de redução de acidentes que traduzem a avaliação qualitativa dos especialistas consultados sobre a importância dos fatores contribuintes de cada tipo, em função dos dados apresentados sobre os acidentes observados nos locais estudados. As avaliações obtidas foram bastante consistentes e apontaram redução na escala de 1:2:3 (padrões : adaptações : outros, que são de maior porte).

A necessidade de aprimoramento dos critérios de projeto para sinalização existentes no Brasil é um aspecto a ser buscado. Segundo BORNSTZTEIN (2001), as Auditorias de Segurança Viária também padecem da mesma deficiência no que tange à análise dos aspectos

relacionados com a sinalização viária. Neste aspecto, uma análise mais específica (sobre cada tópico) é importante. Trata-se, portanto, de um aspecto importante a ser desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORNSZTEIN, L.L. (2001) *Auditoria de Segurança Viária na Análise e Projeto de Interseções Urbanas Semaforizadas*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 184 p., São Paulo, Brasil.
- BRANCO, A.M. (1999) *Segurança Rodoviária*, 108 p., CL-A Cultural Ltda., Brasil.
- BRASIL. Ministério da Justiça (1997) *Código de Trânsito Brasileiro*, Lei 9.503, de 23/09/97 e atualizações (Resolução n.160/2004). Brasília, Brasil.
- BRASIL. Ministério da Justiça (1982) *Manual de Sinalização de Trânsito - Parte 1 (Sinalização Vertical)*, Resolução n.599, CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito, Brasília, Brasil.
- BRASIL. Ministério da Justiça (1986) *Manual de Sinalização de Trânsito - Parte 2 (Marcas Viárias) e 3 (Dispositivos Auxiliares)*, Resolução n.666, CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito, Brasília, Brasil.
- CET/SP – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (1978) *Manual de Sinalização Urbana*, São Paulo, Brasil.
- CUCCI Neto, J. (1997) *Aplicações da Engenharia de Tráfego na Segurança de Pedestres*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (1983) *Manual de Sinalização Rodoviária*. 3 vols., São Paulo, Brasil.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1999) *Manual de Sinalização Rodoviária*, Publicação 705/100, 2.ed. 175 p., Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil.
- FUJII, W. Y. (2004) *Análise da Relação entre a Observância aos Padrões de Projeto de Sinalização e a Ocorrência de Acidentes de Trânsito em Rodovias*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- GOLD, P. A. (1998) *Segurança de Trânsito. Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes*. Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, 211 p., EUA.
- LAY, M.G. (1986) *Handbook of Road Technology*, 2 vols, Gordon and Breach Science Publishers, New York, EUA.
- MOREIRA, H.A. (2000) *Sinalização Horizontal*, Indutil Indústria de Tintas Ltda., Relatório Técnico, 65 p., São Paulo, Brasil.
- OGDEN, K. W. (1996) *Safer Roads: A Guide to Roads Safety Engineering*, 516 p., Department of Civil Engineering, Institute of Transport Studies, Monash University, Melbourne, Australia.
- ROZESTRATEN, R. (1982) *Psicologia de Trânsito*, EDUSP, São Paulo, Brasil.
- SABEY, B.E.(1976) Potential for Accident and Injury Reduction in Road Accidents, in *Proceedings of the Traffic Safety Research Seminar*, p.1163-76, Nova Zelândia.
- SABEY, B.E.(1980) Road Safety and Value for Money, Supplementary Report 581, Transport and Road Research Laboratory, U.K. 1980.
- U. K. DoT – UNITED KINGDOM DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Accident Investigation Manual*, 2 vols., 1986.
- U.S. FHWA – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2003) *Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD 2003)*, Washington, EUA.

Walquiria Y. Fujii (walquiria.fujii@poli.usp.br ou wyfujii@yahoo.com.br)

Hugo Pietrantonio (hpietran@usp.br)

Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Almeida Prado, Trav. 2, nº 271 – Cidade Universitária – CEP: 05508-900 – São Paulo, SP, Brasil