

# **ANÁLISE DE ACIDENTES DE TRÂNSITO: UMA ABORDAGEM COM RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS**

Philippe Barbosa Silva, Universidade de Brasília e Instituto Federal Goiano,  
philippe.silva@ifgoiano.edu.br

Rosemary Janneth Llanque, Universidade de Brasília, jannethllanque@gmail.com  
Maria de Jesus Silva Nascimento, Centro Universitário Planalto do Distrito Federal,  
mj.dudy@hotmail.com

Italo Wilker Corrêa Machado, Centro Universitário Planalto do Distrito Federal,  
ittalomg@hotmail.com

Michelle Andrade, Universidade de Brasília, maccivil@gmail.com

## **RESUMO**

As rodovias brasileiras, especialmente as federais, têm importante contribuição para essa preocupante conjuntura da accidentalidade viária constatada no Brasil, necessitando de esforços e ações efetivas para promoção da segurança viária. Neste sentido, o trabalho objetivou identificar a combinação de fatores contribuintes para ocorrência de acidentes em rodovias federais brasileiras, de acordo com a severidade, utilizando-se a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Constatou-se que a utilização de sistema RBC é razoavelmente adequada para a análise de acidentes de trânsito ocorridos em rodovias federais brasileiras, carecendo, no entanto, de aperfeiçoamentos para melhoria nos resultados obtidos.

*Palavras-chave:* acidentes de trânsito, segurança viária, raciocínio baseado em casos.

## **ABSTRACT**

The Brazilian highways, especially the federal ones, have an important contribution to this worrying situation of road accident detected in Brazil, necessitating efforts and effective actions to promote road safety. In this sense, the objective of this study was to identify the combination of factors contributing to the occurrence of accidents on Brazilian federal highways, according to severity, using the Case-Based Reasoning (CBR) technique. It was verified that the use of CBR system is reasonably adequate for the analysis of traffic accidents occurred in Brazilian federal highways, however, needs improvements to better results.

*Keywords:* crash accidents, road safety, case-based reasoning

## **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, o cenário da accidentalidade e mortalidade viária é preocupante, estando o país entre os países que apresentam maior índice de mortalidade no trânsito. As rodovias brasileiras, especialmente as federais, têm importante contribuição para essa preocupante conjuntura.

Acidentes de transporte terrestre no Brasil são responsáveis por aproximadamente 43 mil mortes por ano, segundo os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus) do Ministério da Saúde (MS), representando uma das principais causas de morte no país. Os acidentes nas rodovias federais correspondem por cerca de 20% dessas mortes (8.227 mortes em 2014), com cerca de 26 mil feridos graves por ano, com fortes impactos sobre o orçamento público e a renda das famílias atingidas (IPEA, 2015).

Diante desta apreensão quanto à promoção da segurança viária e redução de accidentalidade e fatalidade no trânsito, surge o problema desta pesquisa: como a combinação de fatores contribuintes para ocorrência de acidente está relacionada à severidade do mesmo? Neste sentido, o presente trabalho se propõe a identificar a combinação de fatores contribuintes para ocorrência de acidentes em rodovias federais brasileiras, de acordo com a severidade, utilizando-se a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC).

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Os acidentes nas rodovias impõem elevados custos socioeconômicos para os países em desenvolvimento. No Brasil, um estudo realizado pelo IPEA (2015), mostra que em 2014 ocorreram 169.163 acidentes nas vias federais fiscalizadas pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), gerando custos ao Estado na ordem de bilhões de reais. Nesse sentido, medidas voltadas para promoção da segurança viária são fundamentais e necessárias.

A segurança viária é atualmente uma das grandes preocupações dos gestores do sistema rodoviário, bem como da população em geral. Isto se deve a percepção dos elevados custos sociais inerentes aos acidentes de trânsito. Contudo, a realização de ações, que têm como objetivo a segurança viária, está intensamente relacionada ao nível de conhecimento sobre os problemas referentes ao trânsito (Cardoso, 2006).

Sinay e Tamayo (2005), em sua interpretação mais ampla, descrevem a segurança viária como sendo o conjunto de condições e fatores interligados que propiciam a circulação e interação dos diferentes elementos do tráfego na via sob níveis aceitáveis de risco e de forma suficientemente segura.

De acordo com ONSV (2014), a experiência internacional mostra que a gestão em segurança viária tem sido uma importante ferramenta para a melhoria da segurança no trânsito. Isto é, a definição de indicadores, estruturação da coleta de dados, monitoramento dos resultados, atuação integrada dos órgãos públicos e execução de ações preventivas ao acidente são alguns dos direcionamentos adotados por países que enfrentaram uma situação similar à realidade brasileira. Frente a este cenário, o país necessita implementar ações efetivas e contundentes para combater a accidentalidade e mortalidade viária.

É necessário então, conhecer as possíveis causas de ocorrência desses acidentes. O primeiro passo para a redução da accidentalidade viária é a análise detalhada dos acidentes já ocorridos, identificando-se padrões de ocorrência, fatores ambientais e viários, principais causas e demais características pertinentes, podendo conduzir à elaboração de medidas de prevenção de acidentes e mitigação das externalidades causadas por eles (IPEA, 2003).

Segundo o NEA (2006), acidente de trânsito é um evento não intencional, envolvendo pelo menos um veículo, motorizado ou não, que circula por uma via para trânsito de veículos. De forma complementar, Araújo (2009) afirma que acidente de trânsito é um evento não intencional que produz ferimentos ou danos, podendo ser classificado em acidente sem vítima onde o acidente produz danos materiais, sem que destes resultem fisicamente feridas as pessoas envolvidas. Acidente com vítimas e trata de um acidente com ferimentos resultantes, em maior ou menor grau, de pelo menos uma das partes envolvidas em acidente com vítima resulta desse tipo de acidente, ferimentos em maior ou menor grau, de pelo menos uma das partes envolvidas.

Sayed e Abdelwahab (1997) afirmam que os acidentes ocorrem essencialmente devido a três fatores, isolados ou de forma combinada, sejam eles: fatores humanos, fatores viário-ambientais e, fatores veiculares. Para a redução da ocorrência de acidente de trânsito é necessário compreender os fatores de risco que o influenciam de forma mais significativa. Esta compreensão dos fatores leva a adotar medidas para reduzi-las ou então eliminá-las, refletindo nas taxas globais e custos dos acidentes. Conhecer os diferentes tipos e causas de acidentes de trânsito pode contribuir para a definição de políticas de prevenção (Cardoso, 2006).

O cerne da segurança viária está na compreensão do acidente de trânsito, possibilitando que medidas efetivas para sua prevenção ou redução de severidade. O estudo adequado do cenário do acidente é aquele que parte da compreensão de que esses acontecimentos têm suas causas inseridas em diversos contextos, aliando as causas diretas e indiretas na análise da ocorrência e dos fundamentos do acidente (Henrique, 2002).

Os dados devem ser organizados de forma a inter-relacionar itens como gravidade das ocorrências, condições gerais e especiais da pista, fases do dia, existência ou não de obras no local, condições meteorológicas, possíveis restrições a visibilidade, dentre outras (NEA, 2006).

### **3. MATERIAIS E MÉTODO**

#### **3.1. Base de dados**

Em termos metodológicos, inicialmente foi escolhido o cenário de estudo, tendo como objeto de análise os dados de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, haja vista a proporção destas na malha rodoviária nacional e a disponibilidade de dados.

Na sequência, procedeu-se à coleta dos dados, os quais foram disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF) e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Como base de dados desta pesquisa, foram utilizados dados de acidentes de trânsito ocorridos no período de janeiro de 2014 a julho de 2015. Tencionava-se utilizar uma série histórica de cinco anos, no entanto, devido à falta de padronização dos dados coletados em anos anteriores, não foi possível.

Por fim, fez-se um tratamento preliminar nos dados, excluindo-se dados inconsistentes, faltantes ou não padronizados. Dentre os dados disponíveis, alguns parâmetros foram utilizados como fatores significativos para a ocorrência dos acidentes, são eles: causa do acidente, tipo de acidente, traçado da via, uso do solo e fase do dia. Todos estes estão associados à variável-resposta que é a classificação do acidente. Na Tabela 1 encontra-se a descrição de cada variável e opções associadas.

Tabela 1 – Descrição e opções das variáveis utilizadas

Variável	Descrição	Opções
<b>Dependente</b>		
Classificação do acidente	É a classificação do acidente em termos da gravidade de lesões dos envolvidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com vítimas fatais</li> <li>• Com vítimas feridas</li> <li>• Sem vítimas</li> </ul>
<b>Independente</b>		
Causa do acidente	É a causa presumida do acidente, imputada pelo agente policial responsável pelo registro, sem recorrer à análise pericial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Animais na Pista</li> <li>• Defeito mecânico em veículo</li> <li>• Defeito na via</li> <li>• Desobediência à sinalização</li> <li>• Dormindo</li> <li>• Falta de atenção</li> <li>• Ingestão de álcool</li> <li>• Não guardar distância de segurança</li> <li>• Ultrapassagem indevida</li> <li>• Velocidade incompatível</li> </ul>
Tipo de acidente	É a classificação do acidente por tipo de ocorrência.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropelamento de animal</li> <li>• Atropelamento de pessoa</li> <li>• Capotamento</li> <li>• Colisão com bicicleta</li> <li>• Colisão com objeto fixo</li> <li>• Colisão com objeto móvel</li> <li>• Colisão frontal</li> <li>• Colisão lateral</li> <li>• Colisão Transversal</li> <li>• Colisão traseira</li> <li>• Danos Eventuais</li> <li>• Derramamento de Carga</li> <li>• Incêndio</li> <li>• Queda de motocicleta / bicicleta / veículo</li> <li>• Saída de Pista</li> <li>• Tombamento</li> </ul>
Traçado da via	É a caracterização do segmento onde ocorreu o acidente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reta</li> <li>• Curva</li> <li>• Cruzamento</li> </ul>
Uso do solo	É a classificação do tipo de uso do solo da rodovia, no local do acidente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rural</li> <li>• Urbano</li> </ul>
Fase do dia	É a fase do dia em que ocorreu o acidente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amanhecer</li> <li>• Anoitecer</li> <li>• Plena noite</li> <li>• Pleno dia</li> </ul>

Fonte: PRF (2016)

A partir destas variáveis, com a abordagem de RBC, é possível definir uma métrica de similaridade global por parâmetros, tais como número máximo de casos apresentados após o cálculo da similaridade e o percentual mínimo de similaridade.

A garantia dos resultados se dá pela correta aplicação dos algoritmos utilizados na recuperação dos casos. O algoritmo compara parâmetros pré-determinados entre o caso recuperado e o novo caso para modificar a solução armazenada na direção correta. Diversas combinações possíveis entre estes parâmetros são testadas e por fim, os resultados são comparados ao algoritmo, para verificação de sua eficácia.

### 3.2. Raciocínio Baseado em Casos (RBC)

Fernandes (2003) afirma que Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é uma ferramenta de raciocínio da inteligência artificial. A filosofia básica desta técnica é a de buscar a solução para uma situação atual através da comparação com uma experiência passada semelhante. RBC é uma abordagem para solução de problemas e aprendizado por meio da reutilização de casos anteriores já conhecidos. Urnau, Kipper e Frozza (2010) afirmam que o RBC representa um modelo cognitivo de raciocínio onde basicamente sua técnica é utilizar experiências passadas, para encontrar soluções aos novos problemas.

Para Aamodt e Plaza (1994), o RBC requer um conjunto bem trabalhado de métodos para extrair conhecimento relevante da experiência, integrar um caso em uma estrutura de conhecimento existente, e indexar o caso para mais tarde ser combinado com casos semelhantes. As tarefas centrais que todos os métodos de RBC têm de lidar são: identificar a nova situação-problema, encontrar um caso passado semelhante ao novo, usar esse caso para sugerir uma solução para o problema atual, avaliar a solução proposta, e atualizar o sistema, aprendendo com isso.

Um ciclo de um sistema RBC é dividido em quatro etapas (os quatro R's). São elas: recuperar, reusar, revisar e reter, conforme Aamodt e Plaza (1994). A Figura 1 traz a representação deste ciclo.



Figura 1 – Funcionamento do sistema RBC  
Fonte: Vitorino (2009)

Vitorino (2009) explica cada uma destas etapas, como mostrado abaixo.

- Recuperação: mediante a apresentação ao sistema de um novo problema, recupera-se, na base de casos, aquele mais parecido com o problema em questão. Isto é feito a partir da identificação das características mais significativas em comum entre os casos;
- Reuso: a partir do caso recuperado, é feita a reutilização da solução associada àquele caso. Geralmente a solução do caso recuperado é transferida ao novo problema diretamente como sua solução;
- Revisão: ocorre quando a solução não pode ser aplicada diretamente ao novo problema. O sistema avalia as diferenças entre os problemas (o novo e o recuperado), quais as partes do caso recuperado são semelhantes ao novo caso e podem ser transferidas adaptando assim a solução do caso recuperado da base à solução do novo caso;
- Retenção: é o processo de armazenar o novo caso e sua respectiva solução para futuras recuperações. O sistema irá decidir qual informação armazenar e de que forma.

A partir da disponibilidade de uma base de dados a ser investigada, é possível analisá-la de forma a extrair conhecimento que seja aplicável na tomada de novas decisões. Conforme Wangenheim e Wangenheim (2003), as etapas mais importantes do processo de desenvolvimento de um sistema RBC são: aquisição de conhecimento; representação de caso; indexação; recuperação de casos e adaptação de casos.

A aquisição de conhecimento consiste na seleção de casos que irão formar uma base de informações (um sistema de banco de casos) que contenha implicitamente o conhecimento necessário para solução de problemas.

A representação dos casos é a apresentação do conhecimento. Um caso é uma peça de conhecimento contextualizado que registra um episódio em que um problema ou situação problemática foi total ou parcialmente resolvido, em uma experiência real (Kolodner, 1993). Em geral, um caso é composto pelo problema que descreve o estado do domínio quando o caso ocorreu e a solução que apresenta a solução derivada para aquele problema.

A indexação é a essência do RBC porque orienta a avaliação da similaridade. O conjunto de descritores que são usados como índices, modelam a resposta para a pergunta “o que faz um caso ser similar a outro?”, representando a relevância dos casos. A indexação determina o que deve ser comparado entre os casos para avaliar sua similaridade no intuito de recuperar casos que conduzam à tarefa principal - permitir a recuperação dos casos mais úteis para resolver ou interpretar o novo caso.

A recuperação de casos é necessária para que estes casos estejam à disposição para reutilização. Para tanto, eles são organizados e armazenados em uma base de casos, formando um conjunto que geralmente contém experiências positivas descrevendo estratégias de solução que contribuíram com o sucesso para resolver o problema descrito, de forma que possam ser reutilizadas. Experiências negativas, expressando tentativas frustradas de solução também podem ser armazenadas, com o objetivo de indicar problemas potenciais e prevenir a repetição de erros passados (Wangenheim e Wangenheim, 2003).

## 4. ESTUDO DE CASO

Para a abordagem de Raciocínio Baseado em Casos, recorreu-se ao JColibri 2, que é um *framework* orientado a objetos que facilita a construção de sistemas RBC. As ferramentas de trabalho utilizadas nesta pesquisa são distribuídas como *softwares* livres.

Como referido, o estudo de caso teve como base todos os acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras e registrados pela Polícia Rodoviária Federal. Inicialmente se procedeu a limpeza e organização dos dados, resultando na aquisição de conhecimento, primeira etapa da modelagem com RBC. Para cada unidade da Federação do Brasil (UF) foi organizada uma base de dados para criação de sistema RBC. Desta forma, foram constituídas 27 bases de dados, correspondentes aos 26 Estados e Distrito Federal. A soma das 27 bases resultou em 190063 casos, onde a menor base contém 185 casos (Amazonas) e a maior contém 25241 casos (Minas Gerais). Feito isso, cumpriu-se a segunda etapa da modelagem, a representação dos casos.

Na terceira etapa da modelagem a indexação dos casos, fez-se uso do algoritmo de vizinhança para cálculo da similaridade. Tal algoritmo já está incorporado no JColibri 2. Feito isso, o sistema RBC foi inicializado de forma a que os casos da base de casos fossem recuperados e ficasse disponíveis para reuso.

Implementado o sistema RBC, foram iniciadas as análises. Objetivou-se simular cenários com diferentes opções das variáveis independentes, de forma a verificar qual a classificação do acidente correspondente a cada situação. Para cada UF foram processadas 10 opções de combinação lógica de variáveis, sendo que cada combinação continha uma causa diferente de acidente. A Figura 2 ilustra a combinação associada à causa de acidente “animal na pista” da UF “Acre”, por exemplo.

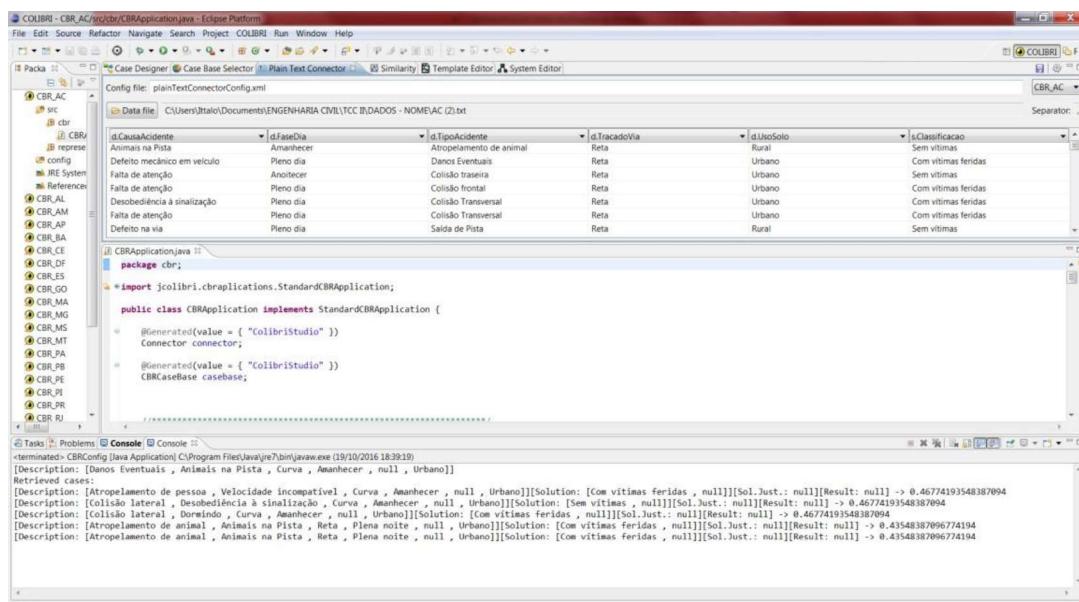


Figura 2 – Combinação de variáveis com causa de acidente “animal na pista” no “Acre”

Mediante o lançamento dos novos casos o programa, por meio do cálculo de similaridade global, foram recuperados os casos mais parecidos e calculadas as probabilidades de ocorrência de acidente com determinada classificação.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do lançamento de cada caso (combinação de variáveis associada a cada um dos dez diferentes tipos de acidentes), tem-se o retorno das cinco maiores probabilidades dos casos similares ao caso originalmente apresentado ao sistema. Na Figura 2, por exemplo, tem-se: o primeiro caso com 46,77% de probabilidade de ocorrência de acidente com vítimas, o segundo com 46,77% de probabilidade de acidente sem vítimas, o terceiro com 46,77% de probabilidade de resultar num acidente com vítimas feridas e o quarto e quinto casos com 43,55% de probabilidade de resultarem em acidentes com vítimas feridas. Para cada caso lançado, escolheu-se o com maior probabilidade de ocorrência e, em casos de mesma probabilidade, os casos mais lógicos.

Em decorrência da limitação de espaço, são apresentados na sequência os resultados de 11 UFs, como compilação de amostras representativas de cada região do Brasil. O Brasil é composto por cinco regiões geográficas, são elas: Centro-oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul. A região Centro-oeste é constituída pelos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e pelo Distrito Federal, ou seja, composta por quatro unidades da Federação. Dentre elas, nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os resultados do Distrito Federal e estado de Goiás, respectivamente. Em todas as figuras de resultados, sequencialmente, de cima para baixo, as linhas correspondem à: classificação do acidente, uso do solo, traçado da via, tipo de acidente, fase do dia e causa do acidente.

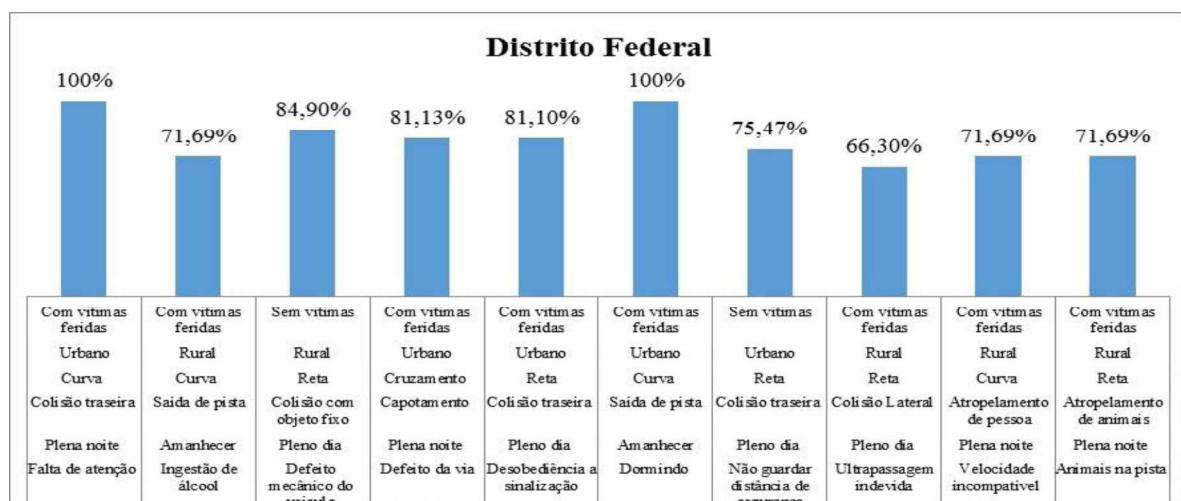


Figura 3 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, no Distrito Federal

Para melhor entendimento, considere o primeiro caso de Goiás. Trata-se do seguinte cenário: acidente em rodovia rural, trecho em curva, no amanhecer (6h às 12h), com atropelamento de animais e tendo como causa presumida animais na pista. Neste caso, com esta combinação de fatores contribuintes, existe 66,66% de probabilidade de ocorrência de um acidente sem vítimas.

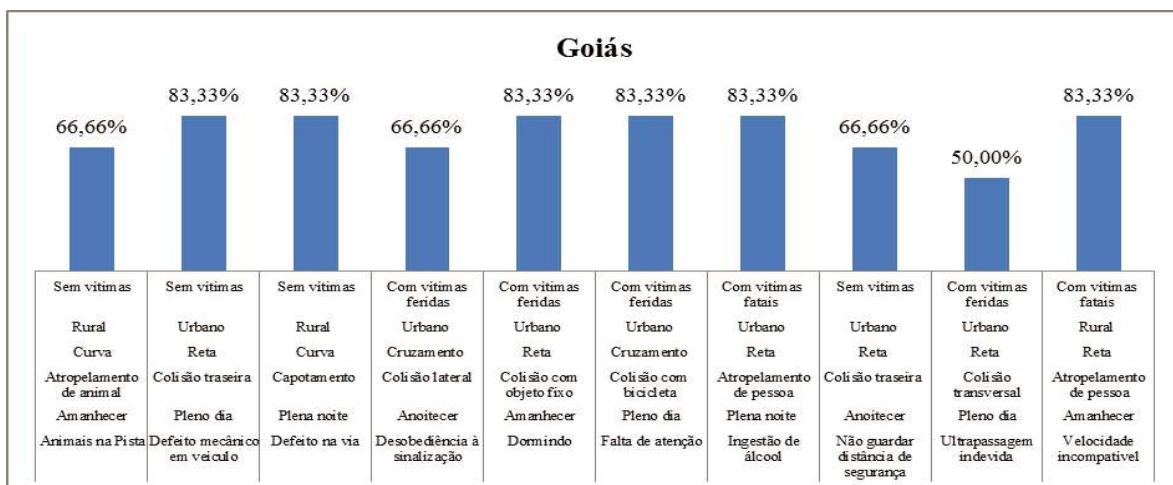


Figura 4 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Goiás

Analizando a Figura 3, verifica-se que a maioria dos resultados dos casos é lógica e coerente com constatações anteriores de estudos de análise de acidentes, no entanto, algumas situações parecem ser um contrassenso. O primeiro caso do Distrito Federal, por exemplo, indica que todos os acidentes em rodovias em áreas urbanizadas, em curva, durante a noite, envolvendo colisão traseira e causados por falta de atenção resultarão em vítimas feridas. Isto implica que neste cenário, não há possibilidade do acidente resultar em ilesos ou mortos, o que parece não ser tão razoável. Na Figura 4, no segundo caso de Goiás, existe uma situação similar com acidente em rodovia urbana, numa reta, durante o dia, envolvendo colisão traseira e causado por falha mecânica do veículo. Nesta situação existe 83,33% de chances do acidente resultar em ilesos. Esta divergência pode ser creditada à diferença entre o traçado da via, fase do dia e causa presumida dos dois casos em questão. Ainda assim, acredita-se que a maior parcela de diferença decorra da diferença do sistema e classificação funcional das vias das duas UFs. No Distrito Federal, existem diversas rodovias em áreas urbanas, inclusive na área central e com limite de velocidade de até 80 km/h, o que justificaria a maior probabilidade de acidentes com vítimas feridas quando comparado à casos similares no estado de Goiás que, em geral, tem rodovias nas periferias das cidades e com limites de velocidade mais restritivos.

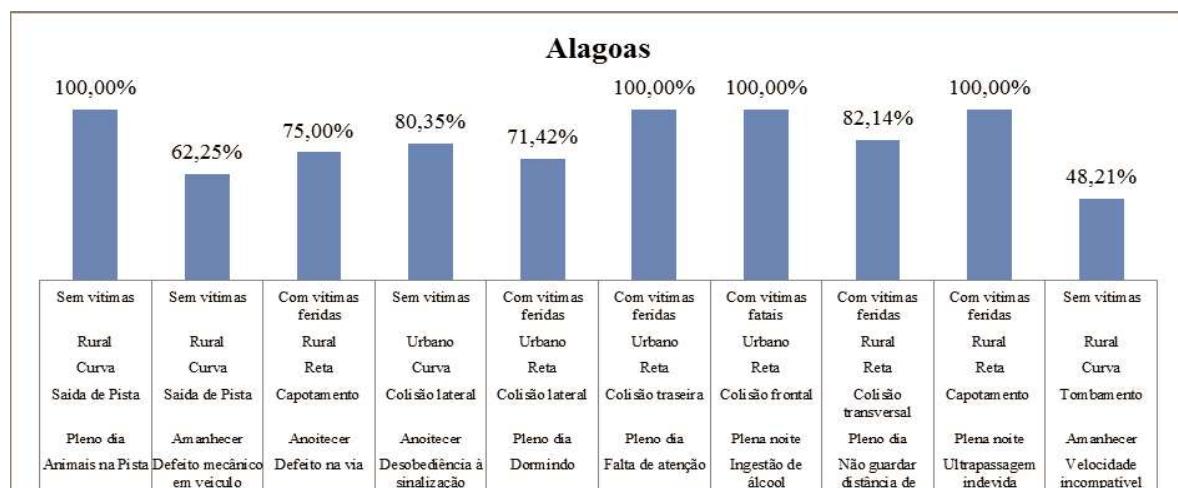


Figura 5 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Alagoas

Da região Nordeste, composta por nove estados, são apresentados nas Figuras 5, 6 e 7 os resultados dos estados de Alagoas, Piauí e Sergipe, respectivamente. Maior parte dos resultados dos referidos estados faz sentido, no entanto, são verificados diversos casos com probabilidade de 100% de ocorrência de determinada classificação de acidente, o que exclui a possibilidade, mesmo que ínfima, de os acidentes resultarem noutros dois níveis de gravidade de lesão dos envolvidos, o que, a primeira vista, não parece procedente.

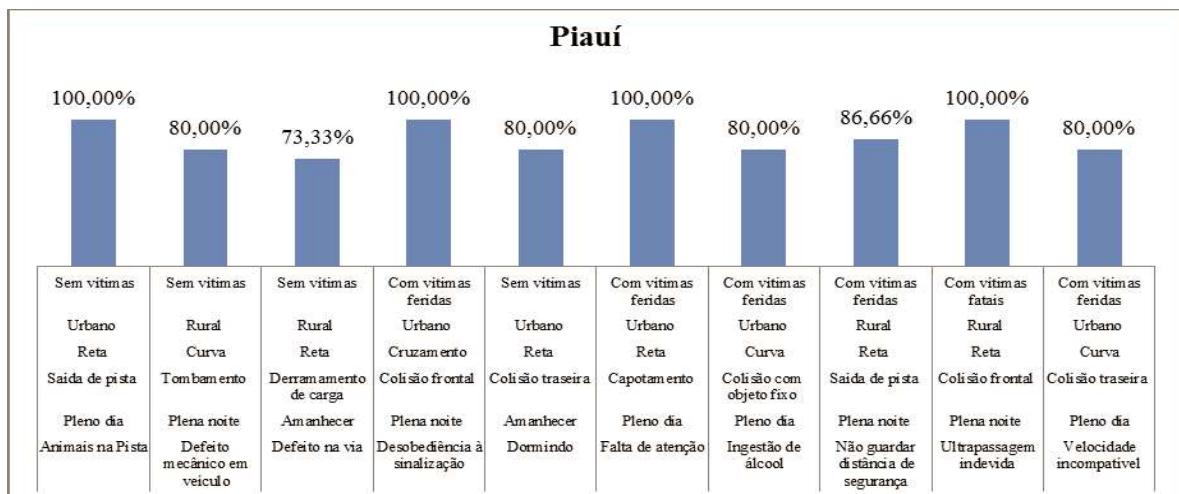


Figura 6 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, no Piauí

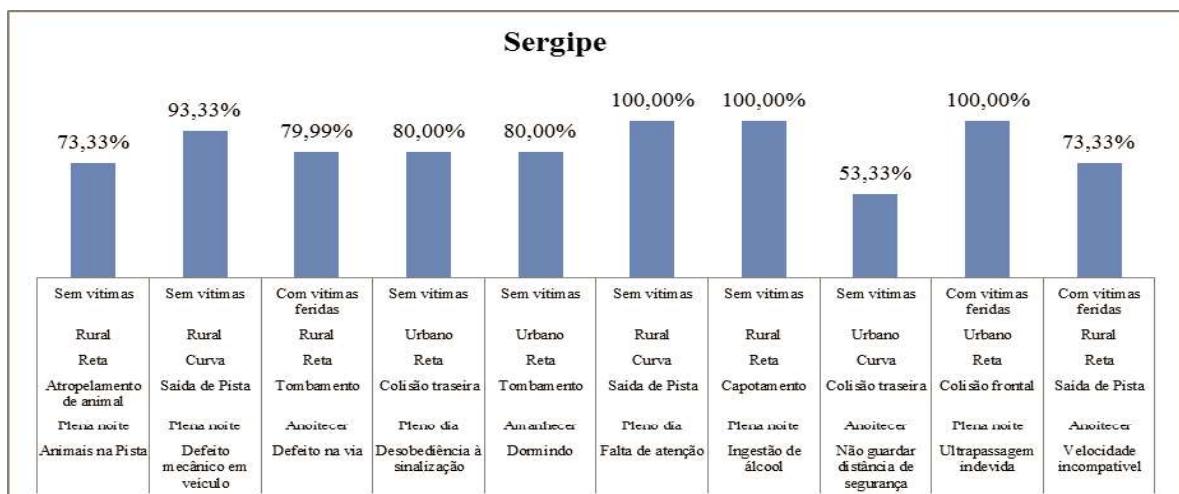


Figura 7 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Sergipe

Na sequência, são apresentados os resultados dos estados de Amazonas, Amapá e Roraima, pertencentes à região Norte, que contempla sete estados. Por meio das Figuras 8, 9 e 10 verifica-se a congruência dos resultados obtidos. Ainda assim, os casos com probabilidade igual a 1, antes de extração de conclusões, devem ser analisados com cautela.

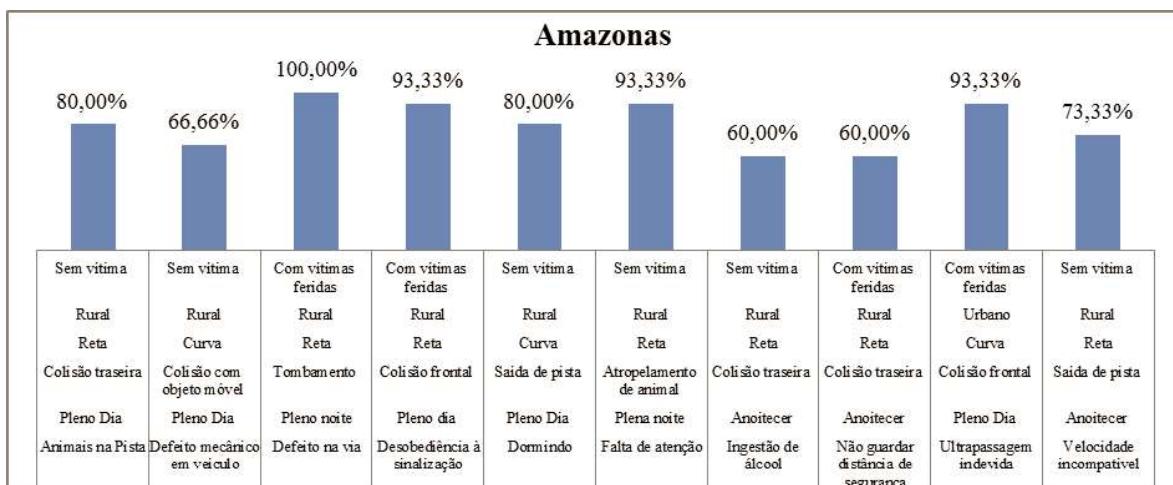


Figura 8 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, no Amazonas

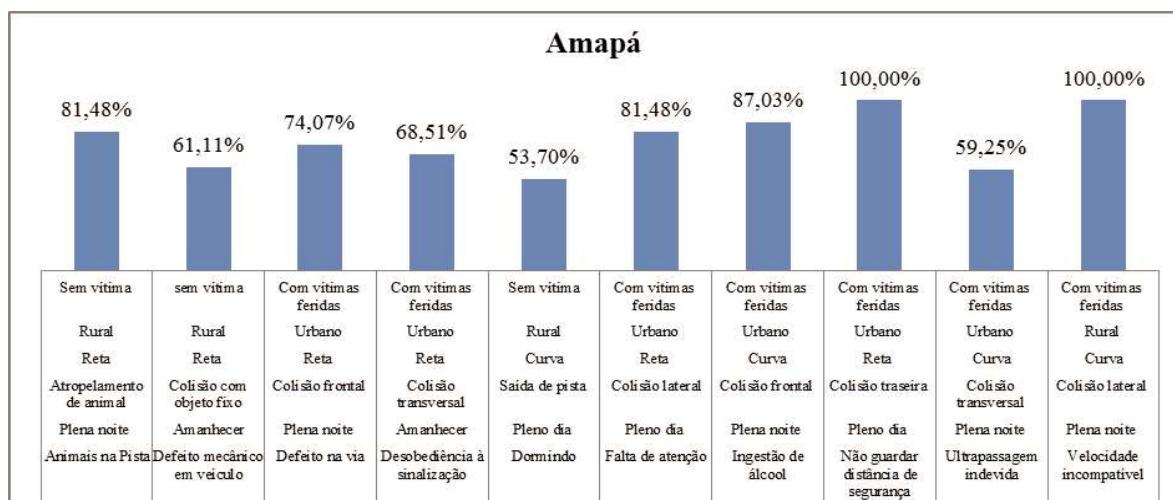


Figura 9 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, no Amapá

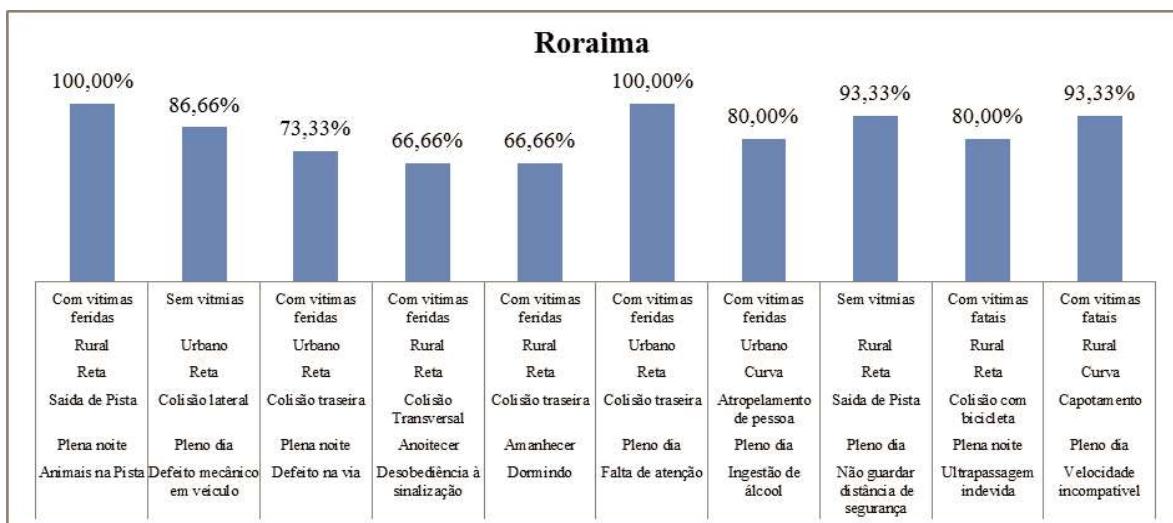


Figura 10 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Roraima

Na região Sudeste, composta por quatro estados, são apresentados os resultados dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, respectivamente nas Figuras 11 e 12. Os resultados se revelaram lógicos e coerentes, não havendo inclusive, nenhum caso com 100% de probabilidade de ocorrência de determinada classificação de acidentes.

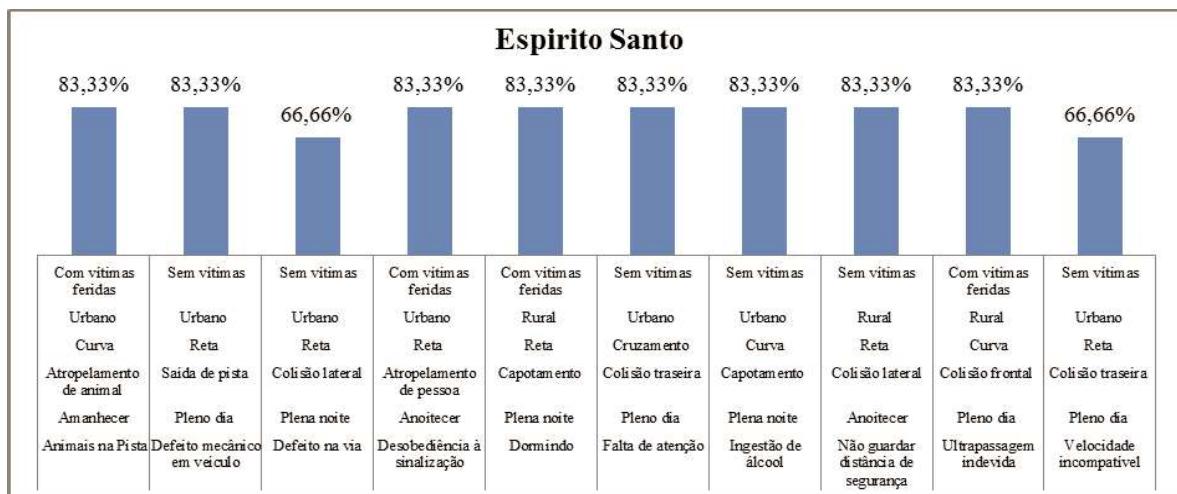


Figura 11 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, no Espírito Santo

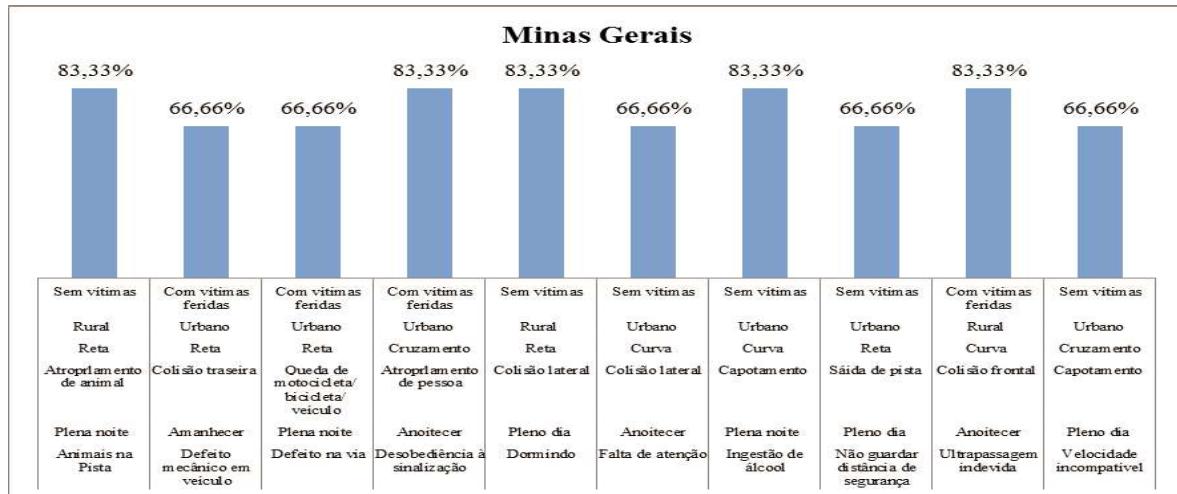


Figura 12 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Minas Gerais

Por fim, representando a região Sul, composta por três estados, são apresentados os resultados do estado de Santa Catarina na Figura 13. Constatou-se a adequação lógica dos resultados, merecendo, no entanto, atenção aos casos com probabilidade de ocorrência igual a 1. Em especial, refere-se o sétimo caso em que existe 100% de chances de resultar em um acidente com vítimas feridas (rodovia em área urbana, reta, atropelamento de pessoa, plena noite, causada por ingestão de álcool). A conclusão pode fazer sentido quando consideramos que, geralmente, no ambiente urbano são praticadas velocidades mais baixas, no entanto, por envolver atropelamento de pessoa e causada pela ingestão de álcool, admite-se ser factível haver certa probabilidade do acidente resultar em mortes e não apenas em vítimas feridas.

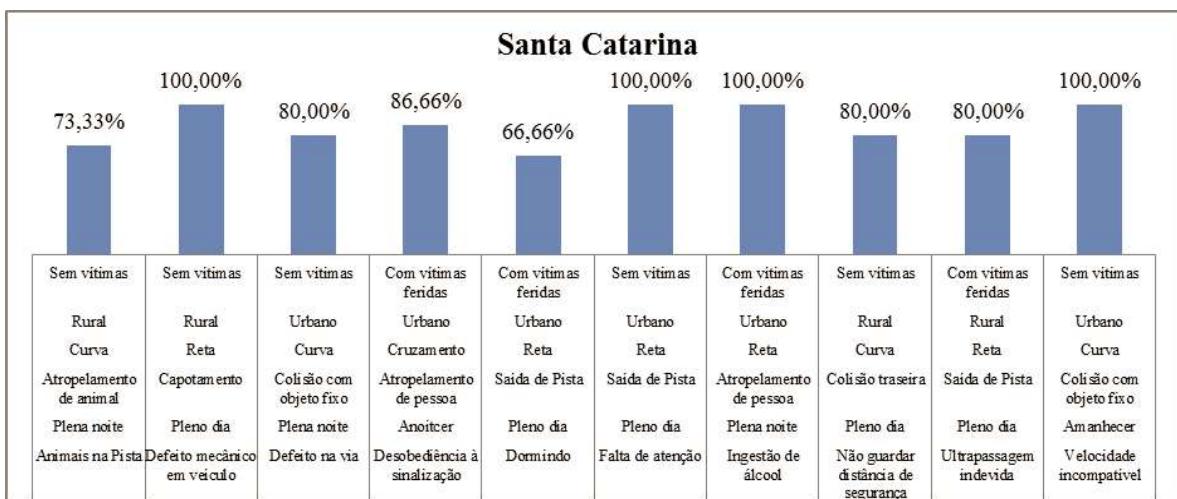


Figura 13 – Probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme caso, em Santa Catarina

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de sistema de Raciocínio Baseado em Casos se mostrou razoavelmente adequada para a análise de acidentes de trânsito ocorridos em rodovias federais brasileiras, inclusive nas UFs com resultados não apresentados neste artigo. No entanto, algumas ressalvas devem ser feitas:

- RBC é uma técnica consistente para solução de novos problemas, a partir da recuperação, aprendizado e reutilização de casos anteriores. Entretanto, diferente de outras técnicas de IA, não possui capacidade de generalização, ou seja, não consegue criar uma solução para um problema inédito, a partir do aprendizado de máquina. O sistema RBC apenas retorna os casos de maior similaridade (extraídos do banco de casos) com o caso apresentado ao sistema.
  - As probabilidades de ocorrência de determinada classificação de acidente, mediante uma combinação de fatores, estão associadas à similaridade do caso apresentado aos casos do banco de casos e com as respostas que os casos anteriores tiveram. Assim, o resultado de um caso, que pode parecer um contrassenso, pode ser decorrente da “solução” dos casos anteriores constantes no banco de casos.
  - Embora, de antemão, não pareça muito razoável a probabilidade igual a 1, em alguns casos pode ser aceitável. O terceiro caso do estado do Amazonas, por exemplo, teve 100% de chances de resultar em acidente com vítimas feridas, o que pode ser factível quando consideramos se tratar de tombamento de veículo causado por defeito na via. O tombamento de veículo gera, mesmo que mínima, lesão a algum passageiro/condutor, descartando a probabilidade de ilesos, doutra lado, não tem alto potencial de gerar fatalidade pois se constitui apenas por tombamento e não capotamento (em que o veículo gira em torno si mesmo em qualquer sentido).
  - No sistema RBC, é importante se possuir variáveis que caracterizem melhor o acidente (incorrindo em um número maior de parâmetros, em geral) e, muitas vezes, desagregar parâmetros (severidade do acidente em cinco classes, por exemplo: ilesos/danos materiais, feridos leves, feridos moderados, feridos graves e fatalidades). Por outro lado, quanto mais

desagregadas e mais variáveis constituírem o sistema, mais difícil será encontrar casos com alta similaridade ao caso apresentado, reduzindo o desempenho do modelo.

- Cada resultado deve ser analisado de forma que sejam extraídas informações importantes para definição de políticas. Por exemplo, caso seja identificado que a velocidade incompatível é uma causa associada às maiores probabilidades de acidentes com vítimas fatais, mesmo com diferentes características de uso do solo, traçado e fase do dia, as políticas devem convergir para a implantação de estratégias de controle de tráfego mais eficientes, tais como a implantação de controle eletrônico de velocidade (radares e barreiras eletrônicas) e postos de policiamento.

Assim, os resultados dão conta da classificação do acidente (sem vítimas, vítimas feridas e vítimas fatais) para diferentes cenários (uso do solo, tipo de acidente, traçado da via, fase do dia). Isso pode ser utilizado tanto para a avaliação de propostas de intervenção como para a análise dos fatores contribuintes para os acidentes, caso se defina uma extensa e exaustiva combinação de cenários. De toda forma, destaca-se que são necessários aperfeiçoamentos na modelagem com RBC para a melhoria de resultados.

## AGRADECIMENTOS

Expressamos nosso agradecimento à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelo suporte financeiro, possibilitando a apresentação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Aamodt, A.; Plaza, E. (1994) Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In: AICOM – Artificial Intelligence Communications. Vol. 7. Ed. IOS Press, EUA.
- Araújo, F. C. C. (2009) **Redução dos Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito Através da Engenharia de Baixo Custo**. Trabalho de Conclusão de Curso, PósGraduação em Administração Pública, FGV.
- Cardoso, G. (2006) **Modelos Para Previsão de Acidentes de Trânsito Em Vias Arteriais Urbanas**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Fernandes, A. M. R. (2003) **Inteligência Artificial: noções gerais**. Ex. 2. Ed. Visual Books, Florianópolis.
- Henrique, M. C. (2002) **Anos potenciais de vida perdidos: a herança dos acidentes de trânsito para as futuras gerações – uma abordagem interdisciplinar**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IPEA (2003) **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras: relatório executivo.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: ANTP, Brasília.

IPEA (2015) **Acidentes de Trânsito Nas Rodovias Federais Brasileiras: Caracterização, Tendências e Custos Para a Sociedade.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: ANTP, Brasília.

Kolodner, J. (1993) **Case-Based Reasoning.** Los Altos, CA.

NEA (2006) **Metodologia para Tratamento de Acidentes de Tráfego em Rodovias.** Núcleo de Estudos Sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias, Florianópolis.

ONSV (2014) **Retrato da Segurança Viária no Brasil.** Estudo Técnico. Observatório Nacional de Segurança Viária, Brasília.

PRF (2016) **Acidentes.** Dados abertos. Polícia Rodoviária Federal, Brasil.

Sayed, T.; Abdelwahab, W. (1997) Using accident correctability to identify accident-prone locations. **Journal of Transportation Engineering**, v. 123m n. 2, p. 107-113.

Sinay, M. C. F.; Tamayo, A. S. (2005) Segurança Viária: Uma Visão Sistémica. In: **Anais do Rio de Transportes III**, Rio de Janeiro.

Vitorino, T. A. S. (2009) **RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS: CONCEITOS E APLICAÇÕES.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Urnau, E.; Kipper, L. M.; Frozza, R. (2010) Técnica de raciocínio baseado em caso para auxiliar processos de toma da de decisão estratégica. **Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXX ENEGEP**, São Carlos.

Wangenheim, C. G.; Wangenheim, A. (2003) **Raciocínio baseado em casos.** Ed. Manole, Barueri.