

Identificação e análise de pontos e trechos críticos de acidentes de trânsito na cidade de Belo Horizonte com o auxílio de mapas temáticos

Mariana Buitrago Pereira¹; Caio Henriques de Oliveira Lobo Cordeiro²; José Elievam Bessa Júnior¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia – DETG, Av. Antônio Carlos, 6.627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31.270-901, Tel.: 31 3409-1077, ² Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte – BHTRANS, Gerência de Análise e Processamento de Infrações – GEAPI, Avenida Nossa Senhora de Fátima, 1700, Carlos Prates, CEP 30710-020, Tel.: 31 3279-7945

SINÓPSE

Este trabalho teve como objetivo a análise da acidentalidade viária no município de Belo Horizonte. Considerando os acidentes ocorridos nos anos de 2016 e 2017, e, através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e da criação de mapas temáticos, foram definidos pontos e trechos críticos no município.

PALAVRAS-CHAVES

Segurança viária, SIG, Mapas temáticos

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que cerca de 1,3 milhões de pessoas morrem por ano em razão dos acidentes de trânsito e aproximadamente 50 milhões sofrem algum tipo de lesão. A acidentalidade no trânsito é a 9ª causa de óbitos no mundo para todas as faixas etárias, e a 1ª causa na faixa etária entre 15 e 29 anos (WHO, 2015). No Brasil, a situação é grave. Em 2016, de acordo com o Ministério da Saúde, cerca de 37.500 pessoas morreram no país por acidentes de trânsito. O número de feridos em 2015 ultrapassou 203 mil (AMBEV, 2017).

A Engenharia de Tráfego e a Segurança Viária têm um papel importante na redução e prevenção de acidentes. Ela atua, entre outras coisas, no tratamento dos locais críticos e na utilização de medidas para a redução da velocidade, de dispositivos de fiscalização eletrônica e até a melhoria da iluminação em locais com alta incidência de acidentes (FERRAZ et al., 2012).

A atuação da Engenharia na questão da acidentalidade se dá a partir do estudo dos acidentes, que consiste em, basicamente, coleta de dados, identificação de locais problemáticos, diagnóstico dos problemas e proposição e avaliação de medidas corretivas (QUEIROZ et al., 2004). Os locais problemáticos são definidos como pontos, ou trechos, críticos. Esses são os locais que possuem a maior concentração de acidentes e sua identificação, bem como da natureza dos acidentes, é extremamente importante para a definição de ações mitigadoras.

Para a visualização e identificação dos locais críticos, pode-se criar mapas a partir de dados coletados, georreferenciados, após sua análise e tratamento. Para isso, podem ser utilizados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), que permitem o mapeamento dos acidentes no espaço e a criação de mapas temáticos para destacar os pontos com o maior número ou taxa de acidentes e locais com acidentes mais graves.

Este trabalho consiste em um estudo da acidentalidade viária no município de Belo Horizonte, realizando-se a coleta de dados sobre os acidentes ocorridos em determinados anos e utilizando-os, através de um SIG, para a definição de alguns locais críticos no município. Alguns

desses pontos foram analisados a fim de se buscar as causas mais prováveis do alto índice de acidentes, propondo-se, então, medidas mitigadoras para a acidentalidade nesses locais.

2 ACIDENTALIDADE VIÁRIA

2.1 Registro e contabilização dos acidentes

Em geral, o registro dos acidentes é realizado pelas polícias militar e civil e pode ser realizado no local, por policiais, geralmente quando o acidente envolve vítimas ou veículos oficiais, sendo as informações registradas no Boletim de Ocorrência, ou pelas partes envolvidas nas delegacias especializadas ou, em algumas cidades, pela internet, quando não ocorre atendimento no local, sendo o documento gerado denominado Registro de Ocorrência (FERRAZ et al., 2012). Em muitos casos, principalmente quando não há vítimas envolvidas, os acidentes não são reportados à Polícia Militar e devidamente registrados. Frequentemente, o que se observa são precariedades nos registros mantidos pelos órgãos gestores, dificultando a obtenção de informações úteis entre as disponíveis e acessíveis.

2.2 Os locais críticos

Os locais críticos são aqueles pontos, interseções, trechos ou áreas pertencentes à malha viária que apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores a uma referência indicada, baseada nos índices gerais da malha viária, e/ou que apresentem níveis de segurança viária que possam colocar em risco a integridade dos usuários do sistema viário. Sua identificação e tratamento são práticas comuns no combate à acidentalidade viária no Brasil e eles podem ser identificados através de alguns métodos, que podem ser divididos em grupos principais, sendo eles: numérico, estatístico, de técnica de conflitos e de auditoria de segurança viária (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002).

Há, ainda, a possibilidade de um tratamento especial dos dados de acidentes de trânsito, utilizando, por exemplo, um Sistema de Informação Geográfica. Teodoro et al. (2014) propõem a utilização do Estimador de Intensidade de Kernel para a identificação de locais críticos gerando mapas temáticos, permitindo a análise geográfica da intensidade de determinado fenômeno. Teodoro et al. (2014) realizou uma comparação identificando locais críticos através da metodologia do PARE do Ministério dos Transportes, que utiliza métodos numéricos, e do Estimador de Kernel. A conclusão foi que os resultados obtidos são coerentes, tendo a utilização do Estimador de Kernel apresentado bons resultados em relação ao método teórico do PARE, que foi tomado como referência.

2.3 Investigação dos fatores contribuintes aos acidentes

Após a identificação dos locais críticos, deve-se analisar os dados disponíveis sobre os acidentes no local para caracterizar os problemas e os fatores que possam contribuir para a alta acidentalidade. Inicialmente, identifica-se os tipos de acidentes e posteriormente as situações que contribuíram para a ocorrência dos acidentes, através da análise de boletins de ocorrência (BO's) e outros documentos, da construção de diagramas e da consulta à população e investigações *in loco*. A análise dos BO's é um ponto de partida para todas as outras análises e as informações colhidas devem ser sintetizadas em um quadro, chamado de Quadro Sintético de Ocorrências (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002). Esse quadro já é feito pela BHTrans, no caso de Belo Horizonte. Após a conclusão dos estudos, chega-se a um diagnóstico final e parte-se para o tratamento do local crítico.

2.4 Medidas para redução da taxa de acidentes

Na literatura, são indicadas muitas medidas, de acordo com as condições e tipos de acidentes de maior ocorrência, para a mitigação da alta acidentalidade em locais críticos. Existem dois grupos de medidas de redução de acidentes de trânsito, sendo eles: *traffic calming* e sinalizações verticais e horizontais. O conceito de *traffic calming* inclui medidas de redução de velocidade e limita o domínio do automóvel, incentivando o tráfego de pedestres, ciclistas e a utilização do transporte público. Já o grupo composto pela melhoria nas sinalizações verticais e horizontais, elementos obrigatórios, inclui travessias iluminadas em “X” e faixas recuadas com gradis de ferro nas esquinas (LASMAR et al., 2017). O Ministério dos Transportes (2002) também indicou medidas para determinados tipos e causas prováveis de acidentes.

3 SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG são ferramentas que permitem a identificação, o rastreamento, análises espaciais, levantamento e tratamento de informações e dados de maneira organizada. Permite realizar uma grande quantidade de processamentos e disposição de informações, produção de mapas, análises e modelagem (SANTOS, 2006). O QGIS é um SIG de código aberto (QGIS, 2018). Dentre suas funcionalidades, o software permite a criação de diversos mapas temáticos, como mapas de calor. Os mapas temáticos permitem uma análise visual das informações associadas às informações geográficas. Os mapas de calor são ferramentas que possibilitam a visualização de dados de densidade de pontos. (QGIS, 2018).

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção e tratamento dos dados de acidentes

Os dados de acidentes utilizados são provenientes do banco de dados da BHTrans, que contém a relação de acidentes ocorridos no município de Belo Horizonte nos anos de 2016 e 2017, georreferenciados, tendo como fonte os boletins de ocorrência da Polícia Militar, na grande maioria dos casos, do Corpo de Bombeiros e da Polícia Civil. Os acidentes relacionados são apenas aqueles com vítimas, pois os acidentes sem vítimas têm seu registro muito impreciso e os acidentes com vítimas, devido a sua maior severidade, são mais relevantes na questão da segurança viária. O fator UPS (Unidade Padrão de Severidade) relacionado a cada acidente já consta nos dados obtidos, tendo sido utilizados os pesos definidos pelo DENATRAN (5 para acidentes com vítimas não fatais e 13 para acidentes com vítimas fatais). As coordenadas fornecidas são em UTM, 23S, datum SIRGAS2000. A base geográfica de bairros e trechos viários do município de Belo Horizonte georreferenciados é gerada pela Prodabel. Os arquivos base foram utilizados para, com a sobreposição do arquivo com os acidentes, permitir a visualização dos locais das ocorrências de acidentes na cidade.

4.2 Escolha do software

O software escolhido para a realização do trabalho foi o QGIS 2.18, software gratuito, disponível para download na internet e compatível com o formato dos arquivos utilizados. Além disso, o software possui as ferramentas adequadas para a correta manipulação dos dados e geração dos mapas desejados. Para a geração de mapas temáticos referentes aos bairros, utilizou-se o TransCAD 4.5, pois o software permite contabilizar o número de acidentes dentro das áreas delimitadas para cada bairro.

4.3 Geração de mapas

Inicialmente, foram inseridas camadas no QGIS com os arquivos *shape* referentes aos acidentes ocorridos em 2016 e 2017 e as bases geográficas. Para remover dados com coordenadas nulas, foi aplicado um filtro. Desse modo, permaneceram como base de dados utilizada apenas os acidentes devidamente georreferenciados. Foram sobrepostos separadamente os acidentes de 2016, os trechos de circulação e a delimitação dos bairros de Belo Horizonte e os acidentes de 2017 com os mesmos arquivos. Para cada caso, foram criados mapas de calor, permitindo não só a análise isolada de cada ano, mas também a comparação entre eles.

Inicialmente, foram gerados mapas temáticos que diferenciam os bairros de acordo com a quantidade de acidentes ocorridos em cada um deles. Foi realizada uma junção entre os dados dos bairros e dos acidentes e o programa informa automaticamente o número de acidentes por bairro e permite, também, realizar a soma da UPS para cada um deles. Posteriormente, foi criado um mapa temático com base no número de acidentes totais por bairro. O procedimento foi realizado tanto para os acidentes de 2016 quanto para os acidentes de 2017, assim como todos os que serão descritos a seguir.

Posteriormente, foram criados diversos mapas de calor, através da ferramenta “Mapa de calor” do software QGIS, variando-se o raio, a escala de cores e utilizando-se pesos para os acidentes. Primeiramente, foi criado um mapa utilizando raio igual a 150 m e a escala de cores automática definida pelo software, permitindo visualizar de maneira geral como se distribuem os acidentes no município. Posteriormente, foi utilizado o mesmo raio, mas em uma escala maior, e mais subdividida, permitindo identificar trechos em que os níveis de acidentes são mais elevados. Posteriormente, este raio foi reduzido para 100 m, de modo a refinar um pouco mais a busca por trechos críticos. Nesse caso, ainda não foi levada em consideração a severidade.

Em seguida, criou-se mapas de calor, desta vez com pesos atribuídos aos pontos, de modo a considerar a UPS dos acidentes. Nesse caso, portanto, foi considerada a severidade dos acidentes. Para a inserção dos pesos, utilizou-se as configurações avançadas de entrada para o mapa de calor. O raio considerado foi 50 m, de modo a permitir a localização de pontos mais específicos e de permitir uma visualização de melhor qualidade, sendo o raio compatível com o tamanho das células, que foi de cerca de 54 x 54 m. Nestes mapas, a escala de cores foi modificada, abrangendo valores de 0 a 100 para o valor total UPS. Foram estabelecidos 20 patamares de modo a refinar a busca, permitindo a identificação dos piores casos. Em todos os mapas, as escalas de cores vão de azul a vermelho, sendo azul o menor e vermelho o maior número de acidentes.

4.4 Definição dos locais críticos

Após a geração dos mapas, identificou-se como pontos críticos aqueles que apresentaram as maiores somas de acidentes em um raio de 50 m, considerando-se os pesos com base na UPS. Ou seja, os pontos com maiores somas de UPS na cidade. Não foi considerado nenhum valor médio de referência devido à imprecisão de muitos dados e à variação de acidentes que acontecem no mesmo local, mas estão registrados com coordenadas ligeiramente diferentes. O cálculo da média de cada local precisaria ser feito manualmente, o que é inviável considerando-se a quantidade de acidentes, a extensão considerada (todo o município) e o tempo disponível para estudo.

4.5 Definição de medidas mitigadoras

Foram identificados os três piores locais críticos entre os identificados nos anos de 2016 e 2017 verificando-se o número de acidentes sobrepostos a cada local. Esses locais foram analisados para a definição de possíveis medidas mitigadoras. Para essa análise, foi utilizada a base de dados dos arquivos de acidentes utilizados para a criação dos mapas, verificando-se os tipos de acidente mais frequentes nesses pontos, e foram analisadas imagens dos locais, buscadas no aplicativo “Google Maps”, à procura de fatores que poderiam ser contribuintes para a elevada acidentalidade. A escolha das medidas mitigadoras se baseou nas recomendações para as diversas situações presentes no manual para tratamento de locais críticos do Programa PARE do Ministério dos Transportes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapas gerados

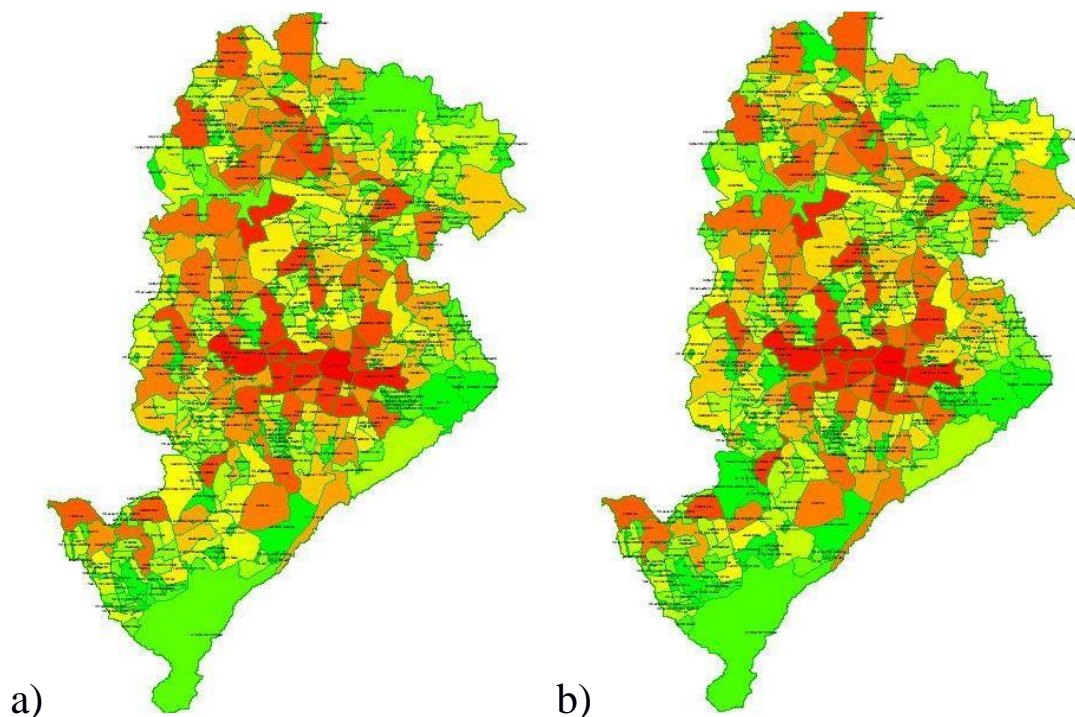


Figura 1: Número de acidentes viários por bairro em Belo Horizonte no ano de: a) 2016 b) 2017

Nos mapas temáticos para comparação de bairros (Figura 1), os bairros em verde são os que apresentam o menor número de acidentes e em vermelho, o maior. Verifica-se um maior número de acidentes concentrados no Centro e nos bairros ao redor, com alguns outros em destaque no norte da cidade. Alguns bairros em destaque são Centro, Santa Efigênia, Padre Eustáquio, Barro Preto e Prado.

Em ambos os mapas, se verifica a maior ocorrência de acidentes na região central da cidade e nos principais corredores de ligação dessa região aos demais bairros, além de vias que ligam bairros mais afastados aos grandes corredores. Percebe-se algumas variações entre os dois anos, mas, no geral, as vias em destaque são as mesmas. Pode-se destacar, além das ruas da região central, as avenidas Cristiano Machado, Antônio Carlos, Vilarinho, Amazonas, Dom Pedro II, Tereza Cristina, Nossa Senhora do Carmo e dos Andradas como os locais com maiores ocorrências de acidentes. São todas grandes e importantes avenidas da cidade, com elevado fluxo de veículos.

Posteriormente, foram criados mapas (Figura 2) com o mesmo raio de 150 m, com escala de cores otimizada, e com o raio de 100 m. Nesses mapas, se destacaram alguns pontos, como as proximidades da interseção das avenidas Amazonas e Afonso Pena, ao longo da avenida Cristiano Machado e na avenida Risoleta Neves. Pontos de concentração sobre o Anel Rodoviário e sobre a rodovia Papa João Paulo II foram desconsiderados, pois nos dois locais os acidentes são registrados em pontos determinados, e não no local exato em que ocorreram. Também se observou uma concentração na avenida Alfredo Balena, nº 400. Este endereço corresponde ao Hospital João XXIII, que recebe grande parte dos feridos em acidentes de trânsito. Por isso, muitas ocorrências são registradas no hospital, e o endereço registrado incorretamente não corresponde ao local do acidente. Por este motivo, este ponto também será desconsiderado.

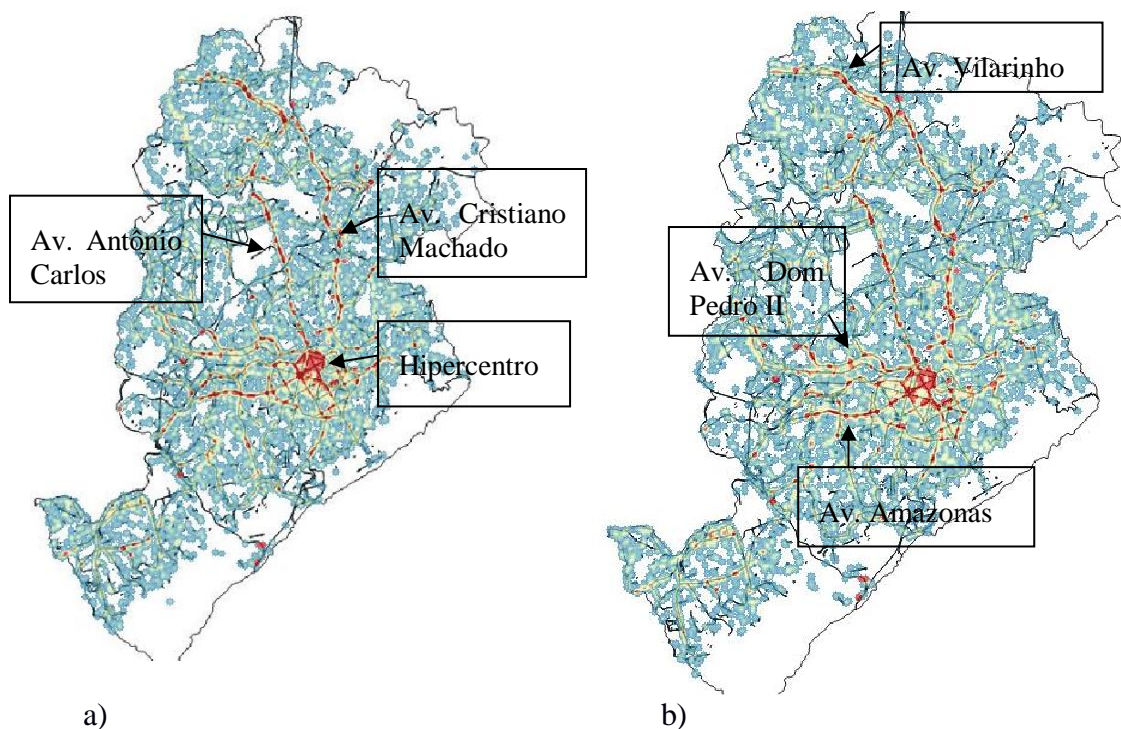


Figura 2: Concentração de acidentes, considerando-se raio de 150 m, em: a) 2016 b) 2017

Os pontos críticos foram escolhidos considerando-se a UPS e com raio igual a 50 m. Para a visualização e identificação dos pontos críticos, foi utilizado zoom no mapa gerado pelo software.

Fazendo-se a seleção dos pontos sobre cada local e verificando-se o número de acidentes que os sobrepõe, chegou-se aos seguintes valores: 23 acidentes, UPS igual a 115 para a avenida Amazonas com as ruas dos Tupis e Curitiba, em 2016; 25 acidentes, UPS igual a 125 para o ponto próximo à interseção das avenidas Risoleta Neves e Saramenha, em 2016; 20 acidentes e UPS igual a 100 em 2016 e 18 acidentes e UPS igual a 90 em 2017 na interseção da avenida Cristiano Machado e rua Waldomiro Lobo; 31 acidentes e UPS igual a 190 no ponto localizado na avenida Cristiano Machado, nº 4000, em 2017 e 18 acidentes e UPS igual a 90 no ponto localizado na avenida Afonso Pena, próximo à interseção com a avenida Amazonas, em 2017. Ao analisar, mais profundamente, os acidentes registrados no ponto da avenida Risoleta Neves, verifica-se que alguns acidentes ocorreram na mesma avenida, mas em um ponto afastado do registrado. Por isso, este ponto foi desconsiderado.

Com base nestas informações foram analisados a interseção entre a avenida Amazonas e as ruas dos Tupis e Curitiba, a avenida Cristiano Machado, nº 4000, e a interseção da avenida Cristiano Machado com a rua Waldomiro Lobo, que se destacou nos dois anos analisados (Figura 3).

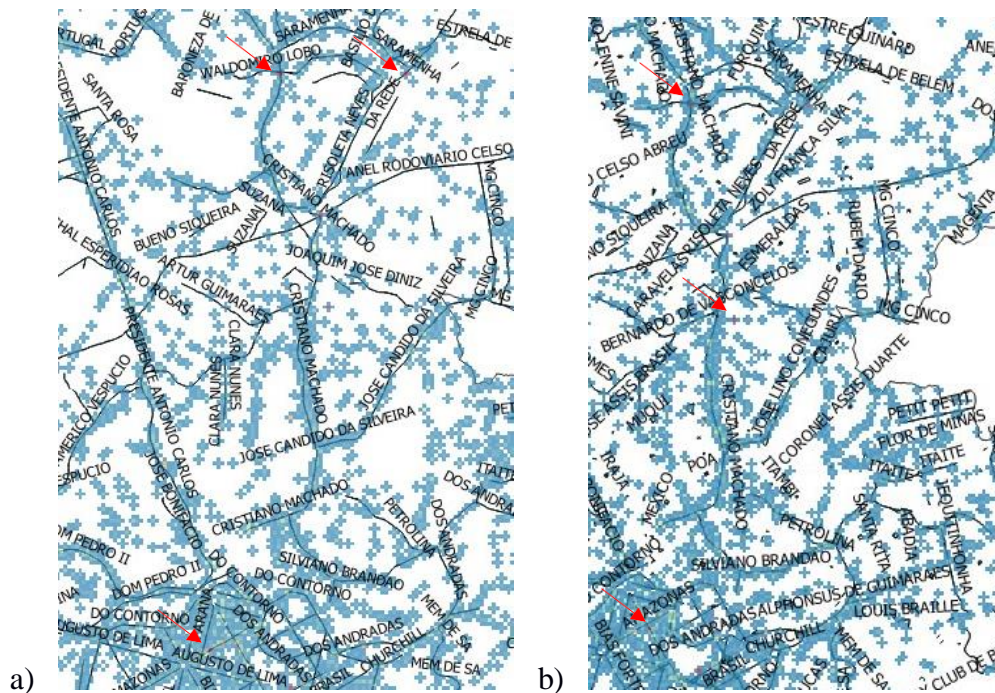


Figura 3: Pontos críticos (indicados por setas) no ano de: a) 2016 b) 2017

5.2 Tipos de acidentes, possíveis causas e medidas mitigadoras

Foram analisados os tipos de acidentes mais recorrentes em cada local, através dos dados dos boletins, e as características locais, através de imagens de satélite no Google Maps, além de observações realizadas *in loco*.



Figura 4: Imagem de satélite da: a) interseção da avenida Amazonas com as ruas dos Tupis e Curitiba b) avenida Cristiano Machado, em frente ao nº 4000 c) interseção da avenida Cristiano Machado com a rua Waldomiro Lobo (Fonte: Google Maps, 2018.).

No ponto da avenida Amazonas, o principal tipo de acidente foi o atropelamento, seguido de abalroamento. A maior parte dos atropelamentos ocorreu na interseção com a rua dos Tupis. Uma das possíveis causas para o alto número de ocorrências é a visibilidade. Os veículos saem à direita na avenida Amazonas para entrar na rua dos Tupis, podendo haver uma dificuldade na visibilidade tanto dos veículos quanto dos pedestres neste ponto de curva. Outro fator pode ser a travessia de pedestres em desrespeito aos semáforos. Os abalroamentos podem ocorrer devido a conflitos entre veículos que irão fazer conversões e não se encontram na faixa da direita e veículos que não as farão e se encontram nessa faixa.

Na avenida Cristiano Machado, em frente ao nº 4000, o principal tipo de acidente foi abalroamento, seguido de choque mecânico e atropelamento. A grande quantidade de abalroamentos e choques pode ocorrer devido a mudanças de faixas inadequadas, principalmente em horários de pico em que motociclistas utilizam os corredores entre os carros como local de passagem. Além disso, por ser um local que precede um estreitamento de pista, as colisões podem ocorrer devido a mudanças de velocidade repentinas e à interrupção brusca e inesperada do fluxo. Os atropelamentos podem ser propiciados pela grande largura da via, levando a um tempo grande de travessia, e pela não utilização das passarelas existentes por parte dos pedestres, além de altas velocidades que podem ser desenvolvidas por veículos no local, em horários de trânsito livre.

Na interseção da avenida Cristiano Machado com a rua Waldomiro Lobo, os principais tipos de acidentes são abalroamento e choque mecânico, seguidos de atropelamento. Os abalroamentos podem ter como causa também as mudanças de faixa, principalmente para a realização de conversões para saída e entrada nas duas vias. As colisões podem ter sido intensificadas por freadas bruscas em semáforos e diante de situações de congestionamentos. Os atropelamentos podem ter ocorrido tanto por desrespeito aos tempos dos semáforos quanto por falta de visibilidade, já que logo após a curva de saída da avenida Cristiano Machado para a entrada na rua Waldomiro Lobo muitas pessoas atravessam fora do local adequado.

Diante dessas possíveis causas, propõe-se, para o ponto localizado na avenida Amazonas: para combater os atropelamentos, reforço nas sinalizações verticais e horizontais de travessias de pedestres e implantação de dispositivos de controle de travessia irregular, como gradis e canteiros, de modo a dificultar as travessias fora das faixas. Pode ser, também, implantado um semáforo para pedestres no ponto em que ainda não há. Para combater os abalroamentos, deve-se implantar sinalização horizontal e vertical, como tachões refletivos, combatendo a confusão de condutores nas proximidades das interseções e ajudando na canalização do fluxo.

Quanto ao ponto localizado em frente ao nº 4000 na avenida Cristiano Machado, algumas possíveis medidas são: para o combate aos abalroamentos e choques, redução das velocidades, através de redutores, como radares, e de reforço da sinalização. Além disso, deve-se combater a travessia irregular de pedestres que podem ocasionar freadas bruscas ou mudanças bruscas de direção, com a implantação de travessia semaforizada. Para o combate aos atropelamentos, além da redução das velocidades dos veículos, pode ser implantada nova travessia semaforizada, de modo a reduzir as distâncias para os pedestres, evitando que atravessem fora dos locais apropriados, além do aumento do tempo do semáforo existente, para que a travessia possa ser completada antes da abertura de passagem para os veículos (no ano de 2018, foi implantada nesse local nova travessia semaforizada, cujo efeito poderá ser avaliado em estudos futuros). Por ser um local próximo a um shopping center, com grande movimentação noturna, mas com grande afastamento das construções em relação à via, deve-se, também, garantir a boa iluminação do local.

Já no ponto próximo à interseção da avenida Cristiano Machado com a rua Waldomiro Lobo, algumas possíveis medidas são: para combate aos abalroamentos, implantação de sinalização horizontal e reforço das sinalizações verticais próximas à interseção, nos locais de conversão, de modo a combater a confusão por parte dos condutores. Além disso, implantação de redutores de velocidade, para que haja maior tempo de tomada de decisão e de reação e que diminuam freadas bruscas, reduzindo as colisões. Pode ser modificado, também, o tempo dos semáforos, para evitar que veículos realizando travessias fechem parte do cruzamento, podendo ocorrer colisões transversais com os veículos na outra via, além de freadas e mudanças de direção bruscas. Já para o combate aos atropelamentos, além da implantação de redutores de velocidades e de sinalização adequada, podem ser implantados gradis para impedir as travessias em locais inadequados, bastante frequentes no local. A iluminação também deve ser intensificada nas proximidades das interseções para melhorar a visibilidade para os condutores dos veículos realizando conversões.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar a utilização de mapas temáticos para a identificação de locais críticos de acidentes no sistema viário urbano, usando, como estudo de caso, a cidade de Belo Horizonte. Foi possível realizar o estudo da acidentalidade no município através do recurso dos mapas de calor disponibilizados por muitos softwares SIG, como o QGIS, ainda que com limitações, como a dificuldade em se determinar parâmetros médios gerais, que serviriam como patamar em outras metodologias. Portanto, a utilização do método discutido neste trabalho é mais indicada para a verificação de piores casos, sendo difícil a verificação de pontos mais intermediários. No entanto, também foi possível constatar a praticidade do método, que utiliza informações gerais, sem a necessidade de muitos trabalhos manuais de refinamentos e cálculos, e que permite a visualização gráfica das informações buscadas.

Com base no estudo realizado, podem ser feitas algumas recomendações tanto para as autoridades quanto para estudos futuros, como a melhora no preenchimento e padronização das informações constantes nos Boletins de Ocorrência, de modo que possam ser retiradas mais informações e que as informações obtidas tenham maior confiabilidade; a contabilização mais extensa e acessível dos volumes de tráfego nos principais corredores da cidade e a realização de novas análises, considerando taxas. Além disso, a realização de novos estudos associando a utilização dos mapas temáticos a outras metodologias, como um estudo inicial; estudo mais aprofundado das causas dos acidentes, para a proposição de medidas mais assertivas, criando-se diagramas de acidentes e de condições locais, por exemplo; associação de diferentes bases de dados, de modo a obter informações mais abrangentes e completas sobre as ocorrências e a severidade de acidentes na cidade.

7 REFERÊNCIAS

AMBEV. **Retrato da segurança viária**. 4ª ed., 2018.

FERRAZ, A. C. C. P.; RAIA JUNIOR, A. A.; BEZERRA, B. S.; BASTOS, J. T.; SILVA, K. C. R. **Segurança Viária**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

LASMAR, M. T. et al. Identificação e classificação de pontos críticos de acidentes de trânsito. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 85-100, 2017.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Programa PARE. Brasília, 2002.

QGIS. **Descubra o QGIS**. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 16 nov. 2018.

QUEIROZ, M. P.; LOUREIRO, C. F. G.; YAMASHITA, Y. **Metodologia de análise espacial para identificação de locais críticos considerando a severidade dos acidentes de trânsito**. Revista Transportes, v. 12, p. 15-28, 2004.

SANTOS, L. **Análise dos acidentes de trânsito do município de São Carlos utilizando Sistema de Informações Geográficas – SIG e ferramentas de estatística espacial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

TEODORO, A. B.; ALCANTARA, F. A.; BARBOSA, H. M. Comparação entre dois métodos para identificação de locais críticos de acidentes de trânsito. In: 28º ANPET - CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, **Anais...**, Curitiba, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global status report on road safety**. Geneva, 2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da BHTrans, pela cessão dos dados de acidentes utilizados neste trabalho.