

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA DETECÇÃO DE INCIDENTES EM UM TÚNEL URBANO CONGESTIONADO

Marina Leite de Barros Baltar

Paulo Cezar Martins Ribeiro

Programa de Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Brasil

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um método que elimine o grande número de alarmes falsos resultantes de paradas por congestionamento nos sistemas de detecção automática de incidentes instalados em túneis urbanos congestionados. Além das modificações dos parâmetros de fluxo de tráfego, o método desenvolvido levou em consideração o conceito de ondas de choque. Foi realizado um estudo de caso aplicando o método proposto no túnel Rebouças, localizado na Cidade do Rio de Janeiro, onde há instalado um sistema de detecção automática de incidente que gera diversos alarmes falsos no horário de pico. Como resultado, observou-se que é possível reduzir a taxa de alarmes falsos a partir da previsão das ondas de choque que atingem as galerias do túnel.

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a method which would eliminate the large number of false alarms resulting from congestion in automatic incident detection system installed in urban tunnels with large traffic flow. In addition to the modifications in the traffic flow parameters, this method took in consideration the concept of shock wave. A case study was conducted in the tunnel Rebouças, in Rio de Janeiro city, where there is an automatic incident detection system which generates a large number of false alarms during rush hours, was examined. With the suggested methodology, it was observed that it is possible to get a lower number of false alarms by predicting shock waves that hit the tunnel galleries.

1. INTRODUÇÃO.

Os sistemas de gerenciamento de incidentes são umas das principais ferramentas dos sistemas de gerenciamento de tráfego, já que os incidentes são responsáveis por grande parte dos congestionamentos e dos acidentes secundários. Portanto, quanto menor o tempo de detecção, resposta e atendimento, menor serão os atrasos e custos impostos à população.

No caso de vias expressas, em especial, os efeitos dos incidentes geralmente são mais graves, já que essas vias são caracterizadas por um grande fluxo de veículos, que trafegam em alta velocidade, resultando geralmente em incidentes com ferimentos graves ou até mesmo fatalidades, além de causar um extenso congestionamento de tráfego e grande

atraso (JEONG *et al.*, 2011).

Especificamente nos túneis, o gerenciamento tem como objetivo detectar situações anormais e avisar rapidamente os trabalhadores e usuários sobre a situação, fornecer proteção e facilitar a evacuação dos usuários e o acesso das equipes de resgate. Nesses casos a detecção deve ser mais bem planejada já que ela impõe condições de condução única. Devido à característica própria dos túneis, os usuários estão confinados em um ambiente fechado, escuro e monótono. A capacidade de se evadir é limitada se comparada com uma estrada aberta e o usuário deve estar muito atento para evitar batidas nas paredes do túnel (VASHITZ *et al.*, 2008).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um método que elimine o grande número de alarmes falsos, resultantes de paradas por congestionamento nos sistemas de detecção de incidentes instalados em túneis urbanos congestionados. Essa ferramenta busca, por meio da revisão bibliográfica realizada e de conceitos oriundos da teoria de fluxo de tráfego, uma maneira de detectar de forma mais eficiente os incidentes em túneis urbanos congestionados, reduzindo as consequências por ele causadas.

Como objeto de estudo, foram escolhidas as vias congestionadas, pois os parâmetros de tráfego sofrem modificações bruscas quando o tráfego sofre interrupções frequentes, ou seja, não têm fluidez. Isso ocorre não apenas devido a incidentes, mas também devido a filas e congestionamentos, ocasionando um grande número de alarmes falsos nos sistemas de detecção automáticas de incidentes (AID) que trabalham somente com essa visão.

O método proposto trabalha com o conceito de ondas de choque e pretende prever os momentos em que ocorrerão modificações bruscas nos parâmetros de tráfego sem ter ocorrido um incidente no trecho em questão. Será estudado em especial o caso do túnel Rebouças, principal ligação entre a Zona Norte e a Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro, que já tem um sistema de detecção automática de incidente implantado, mas que gera um elevado número de alarmes falsos nos horários de pico por trabalhar apenas com os parâmetros de tráfego. Ao analisar esses parâmetros o sistema não consegue distinguir um incidente das paradas por congestionamento.

2. INCIDENTE

A FHWA (2010) define incidente como qualquer acontecimento não recorrente que causa redução na capacidade da rodovia ou aumento anormal da demanda. Esses eventos incluem acidentes, veículos avariados, carga derramada, manutenção e reconstrução da via e eventos especiais de caráter não emergenciais.

Coelho (2009) afirma que incidentes reduzem a capacidade das vias em absorver o fluxo passante e produz congestionamento em função da demanda e da oferta, ou seja, a consequência devido aos incidentes depende do volume de fluxo naquele determinado

horário. Portanto, principalmente nos períodos de pico, onde a demanda por viagens é maior, essas consequências são observadas mais rapidamente.

De acordo com Valenti et al (2010), a duração do incidente é o tempo decorrido entre o início do incidente até a retirada de todas as evidências do acontecimento. Ele consiste em três estágios: detecção, reação/resposta e atuação/ remoção. A detecção é o período entre a ocorrência do incidente e a determinação precisa de sua localização e natureza. A resposta é o tempo gasto para o envio das equipes de resgate e equipamentos apropriados ao local. Finalmente, a remoção é o tempo entre a chegada das equipes responsáveis e o restabelecimento da capacidade.

3. GERENCIAMENTO DE INCIDENTE

O gerenciamento de incidentes é um dos serviços oferecidos pelo Gerenciamento de Tráfego. Segundo Chen *et al.* (2010), os detectores automáticos de incidentes são um dos mais importantes dentre os componentes essenciais do Sistema Avançado de Gerenciamento e Informação de Tráfego (ATMIS – *Advanced Traffic Management and Information Systems*).

Ele utiliza sensores, processamento de dados e meios de comunicação para melhorar o atendimento a todos aqueles envolvidos na resposta a incidentes. Esses sistemas buscam tornar mais rápido o atendimento da equipe de segurança pública e de reboque, por exemplo. Além disso, contribuem para a resolução dos problemas relativos a um incidente mais rapidamente. Esse serviço também ajuda a minimizar as consequências por ele causadas, como o congestionamento do tráfego (NATIONAL ITS ARCHITECTURE, 2011).

O objetivo desses sistemas, na visão do ITS America (2011), é minimizar os efeitos da perturbação no trânsito relacionada com o incidente, reduzindo os tempos de detecção e de atendimento, diminuindo, assim, o tempo para que o tráfego volte às condições normais, já que a severidade dos acidentes está relacionada ao tempo de atendimento. Quanto menor o tempo de atendimento, menores são os danos por ele causados.

Esse serviço inclui além da detecção, resposta e remoção, a informação ao usuário e o gerenciamento de tráfego em tempo real. A informação aos usuários é importante para evitar os incidentes secundários e diminuir o congestionamento indicando rotas alternativas para os condutores. Mas, para que as informações tenham efeito é importante conhecer as características dos motoristas e suas reações perante as informações dadas, pois os motoristas tendem a seguir as alternativas sugeridas, caso elas já forem conhecidas.

4. SISTEMA DE DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE INCIDENTES

Os sistemas de detecção automática de incidentes (AID – *Automatic Incident Detection*) são apoios para o gerenciamento. Quando eles são aplicados de forma correta, os

congestionamentos de tráfego e os acidentes secundários podem ser reduzidos. Os métodos de detecção de incidentes incluem telefone particular, *call box*, frota operacional, chamadas de emergência, imagens/vídeo e sistemas de detecção automática. Para reduzir o número de alarmes falsos, muitas vezes são utilizados sistemas de verificação que checam/determinam a posição exata e a natureza do incidente. Essa verificação pode ser feita pelas câmeras ou pelo cruzamento das informações dadas pela população (SKORPUT *et al.*, 2010).

Portanto, o tempo de detecção é o parâmetro mais importante no processo de gerenciamento de incidentes. Segundo Skorput (2010), para se obter a máxima eficiência nesse gerenciamento, o tempo de detecção deve ser o mais curto possível, pois atrasos na detecção resultam em filas, congestionamentos e incidentes secundários. Na Figura 1 é demonstrado o que ocorre em uma via expressa no momento de um incidente.

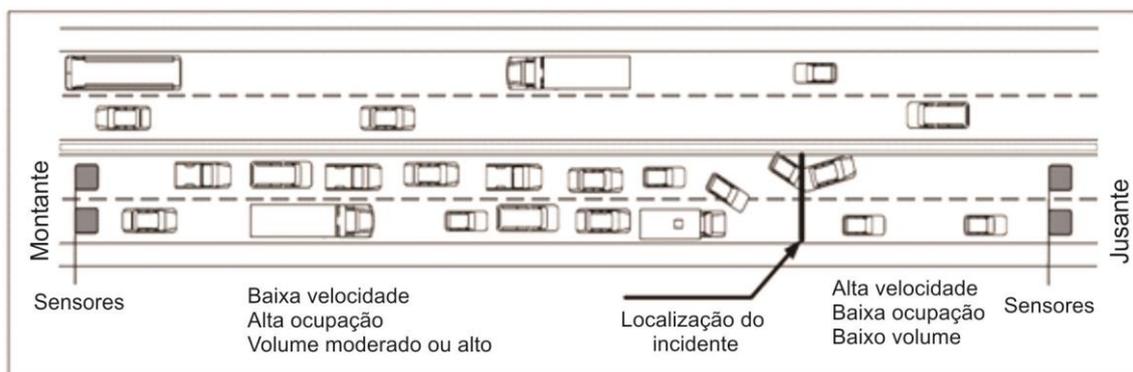


Fig. 1- Princípio da detecção de incidente (Skorput et al, 2010)

A Figura 1 apresenta as modificações na velocidade e na densidade quando ocorre um incidente em uma via. Antes do ponto em que ocorreu o incidente a velocidade diminui e a densidade aumenta. Já logo após o mesmo o inverso acontece, a velocidade aumenta e a densidade diminui.

O algoritmo que vem sendo mais utilizado com a finalidade de detectar incidentes é a rede neural, já que atualmente este é o método com melhores performances. Porém, os pesquisadores estão buscando um sistema menos complexo e tão eficiente quanto esses algoritmos.

Outra grande diferença entre os métodos existentes é a forma de obtenção de dados, podendo utilizar: câmeras de vídeo, detectores de laços indutivos e veículos de teste. Este último vem sendo utilizado de forma integrada com outros detectores a fim de reduzir o número de alarmes falsos. Todos eles trabalham com pelo menos um dos parâmetros de de tráfego: velocidade, densidade e fluxo. Após a obtenção dos dados os AIDs atuais detectam o incidente através do processamento das imagens ou de comparação entre séries temporais e buscam menor tempo de detecção e menor taxa de alarmes falsos.

5. ONDAS DE CHOQUE

Nas vias expressas as filas não são estáticas como no caso dos cruzamentos, nelas os veículos movem-se lentamente, com períodos de parada e de movimento (HCM, 2010). Esse fenômeno conhecido como *stop-and-go* é visto frequentemente em vias congestionadas. A geração dessas ondas ou a amplificação delas no espaço e no tempo explicam a instabilidade do tráfego (Yeo e Skabardonis, 2009).

Essas ondas podem ser de antecipação, desaceleração, aceleração ou ondas secundárias, que se separaram de outras. Ondas com diferentes velocidades podem colidir, sendo que, se essa colisão envolver uma onda de aceleração e uma de desaceleração elas podem se anular. Caso sejam do mesmo tipo elas se somam e o impacto é amplificado.

Segundo o TRB (1976) uma onda de choque ocorre devido à descontinuidade do fluxo ou da densidade. A decorrência física dessa descontinuidade é a mudança abrupta da velocidade do carro, que pode causar tanto a aceleração do fluxo quanto sua desaceleração. Elas podem ser ocasionadas pela falta de capacidade da via, que pode ser decorrência de incidentes ou apenas devido um fluxo maior que a capacidade ou um estreitamento, resultado da redução do número de faixas, etc.

A velocidade da onda de choque (u_k) é definida pela Equação 1.

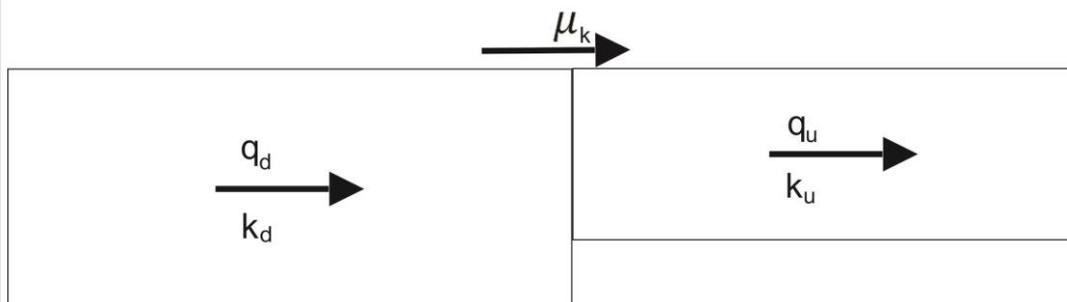


Fig. 2 - Variáveis para cálculo da velocidade da onda de choque

$$u_k = \frac{q_d - q_u}{k_d - k_u} \quad (1)$$

Onde, como mostrado na Figura 2.2,

q_d : fluxo da montante;

q_u : fluxo da jusante;

k_d : densidade da montante;

k_u : densidade da jusante.

Quando a velocidade da onda de choque for positiva ela se move na direção do fluxo, já quando for negativa essa onda se move no sentido contrário. Portanto, a fila frontal de um segmento tem a densidade reduzida durante a recuperação, enquanto o fim da fila ainda sofre efeito da onda de choque.

6. SITUAÇÃO ATUAL DO TÚNEL REBOUÇAS

Segundo a SMTU – RJ, o Túnel Rebouças foi inaugurado em 03 de outubro de 1967, ligando as zonas Norte e Sul. Projetado para um volume de 76 mil veículos/dia, com duas faixas de rolamento e acostamento, possui 2.040 metros de galeria contínua da Lagoa até o Cosme Velho e mais 772 metros na galeria do Cosme Velho até o Rio Comprido, totalizando 2.840 metros. Hoje em dia o volume diário é de 190 mil veículos/dia, em três faixas de rolamento sem acostamento, com velocidade máxima permitida de 90km/h.

Atualmente os incidentes são detectados por meio do programa Citilog (TRAFFICINFRA TECH, 2012), que tem a finalidade de detectar situações anormais, sendo elas: parada com fluxo, parada com congestionamento, veículo lento e falta de visibilidade.

Esse sistema ainda passa por calibração diária devido ao grande número de alarmes falsos que são gerados, principalmente nos horários de maior fluxo, quando ocorrem os congestionamentos.

Muitas das situações que o processamento de imagem detecta como anormais não passam de ondas de choque que ocorrem devido às modificações geométricas ou incidentes no exterior do túnel ou até mesmo um motorista que desliga o motor do carro acidentalmente, por exemplo.

Além das câmeras, há viaturas com operadores da CET-Rio fazendo ronda no interior do túnel e no seu entorno, sendo elas: três motocicletas, dois reboques leves, um reboque pesado e uma caminhonete. Se os operadores detectarem alguma situação anormal durante essa ronda, eles prestam o primeiro atendimento, isolando o local e passam informações por meio de rádio para a central, local onde há acesso às imagens das câmeras. Esse apoio das viaturas é importante para detecção de situações anormais, já que o sistema implantado ainda passa por calibração e há pontos cegos em áreas que têm grande influência dentro das galerias, como no vão central entre as galerias e no entorno do túnel.

7. METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Nesta pesquisa foi desenvolvido um método para tornar mais eficaz a detecção de incidentes em túneis urbanos já congestionados com a finalidade de eliminar os alarmes falsos resultantes de paradas por congestionamento.

7.1 Cálculo de previsão das ondas de choque

Foram definidos pontos dentro do túnel nos quais poderá ser previsto se o ocorrido é uma onda de choque ou um incidente. Serão ao todo dois pontos (A e B), sendo um dentro da galeria e um na via fora do túnel (Figura 3).

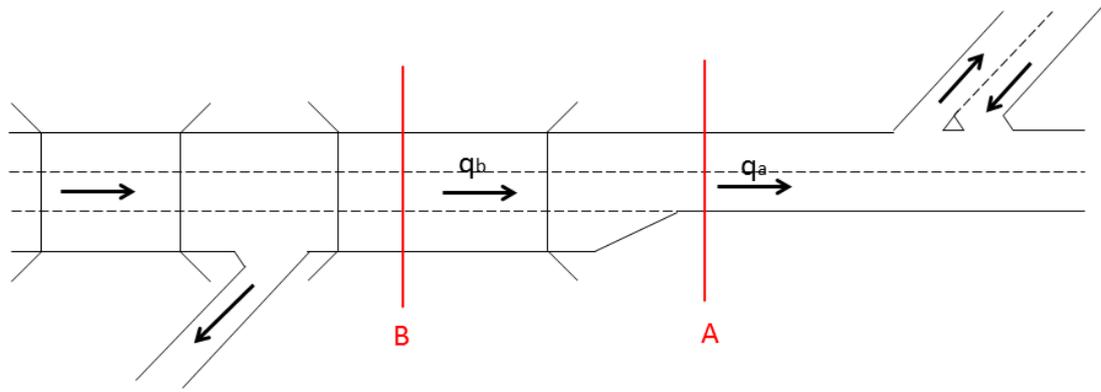


Fig. 3- Local dos detectores

Sabendo que velocidade é a razão entre um deslocamento e o intervalo de tempo levado para efetuar esse deslocamento, pode-se prever o tempo que a onda de choque demora a chegar a certo ponto dentro do túnel pela Equação 2.

$$t = \frac{\overrightarrow{AB}}{\mu} \quad (2)$$

Em situações normais, a velocidade nos pontos A e B seriam iguais, porém, a partir do momento que a velocidade em A fica menor que em B, ocorrem ondas de choque que trazem instabilidade ao fluxo de tráfego em B. Sendo t_0 o momento em que $V_a \geq V_b$ no ponto A e considerando $\mu = \mu_k$, o instante t_{AB} pode ser definido pela Equação 3.

$$t_{AB} = \frac{\overrightarrow{AB}}{\left(\frac{q_b - q_a}{k_b - k_a} \right)} + t_0 \quad (3)$$

É necessário prever todas as ondas de choque que podem atingir a galeria.

7.2 Algoritmo desenvolvido

Primeiramente devem ser levantados os parâmetros fluxo e densidade nos pontos definidos previamente e conhecida a distância entre eles. Serão mostrados apenas dois pontos, já que a lógica deverá ser seguida em todos os trechos subsequentes.

Com o fluxo e a densidade é possível calcular a velocidade. Os dados de parâmetro de tráfego nos dois pontos devem ser obtidos no mesmo momento, já que as ondas de choque surgem a partir no momento que a velocidade em A for diferente da velocidade em B. Se a velocidade no primeiro ponto for menor que a do segundo ponto, a onda de choque irá se alastrar no sentido contrário ao fluxo, trazendo instabilidade no tráfego.

O valor de t_0 é o momento em que é observada a diferença de velocidade entre os dois pontos, isto é, o tempo inicial da onda de choque é obtido quando há um aumento da

densidade e redução do fluxo e velocidade no primeiro ponto.

Devido à grande quantidade de dados obtidos em tempo real, é importante agrupar os parâmetros de tráfego de cada ponto em intervalos de tempo. Com os dados agrupados, é possível obter uma velocidade média e o fluxo em cada ponto naquele determinado intervalo. Nesse caso, o intervalo será de 30 segundos.

Após obter os dados por intervalo, o cálculo para prever o tempo gasto pela onda de choque se alastra até o próximo ponto, aplicando a equação que relaciona distância com a velocidade. O tempo obtido deve ser somado ao tempo inicial da onda de choque, t_0 , para obter o momento previsto para a onda de choque chegar ao segundo ponto, t_{AB} .

O tempo calculado para a onda de choque atingir o segundo ponto deve ser gravado, pois se naquele tempo guardado, t_{AB} , houver uma redução de velocidade no ponto B, o programa não reconhecerá a mudança como um incidente.

Se no tempo calculado, entretanto, ocorrerem modificações nos parâmetros de tráfego no ponto B, não soarão alarmes anunciando incidentes, já que esse era um comportamento esperado devido a uma onda de choque prevista. Com isso, é possível reduzir o número de alarmes falsos devido a paradas geradas pelo congestionamento.

No entanto, se a velocidade no primeiro ponto for igual a do segundo, a situação está normal, isto é, sem incidente naquele trecho.

Se $V_a > V_b$, é preciso, portanto, recuperar os tempos em que foi prevista a ocorrência de ondas de choque em B, t_{AB} , e comparar com o tempo atual. Se eles foram iguais, nada é acionado, já que era uma situação prevista. Se não houver nenhuma previsão para essa instabilidade, provavelmente há um incidente naquela região e um alarme é gerado.

O algoritmo desenvolvido é demonstrado de forma esquemática na Figura 4.

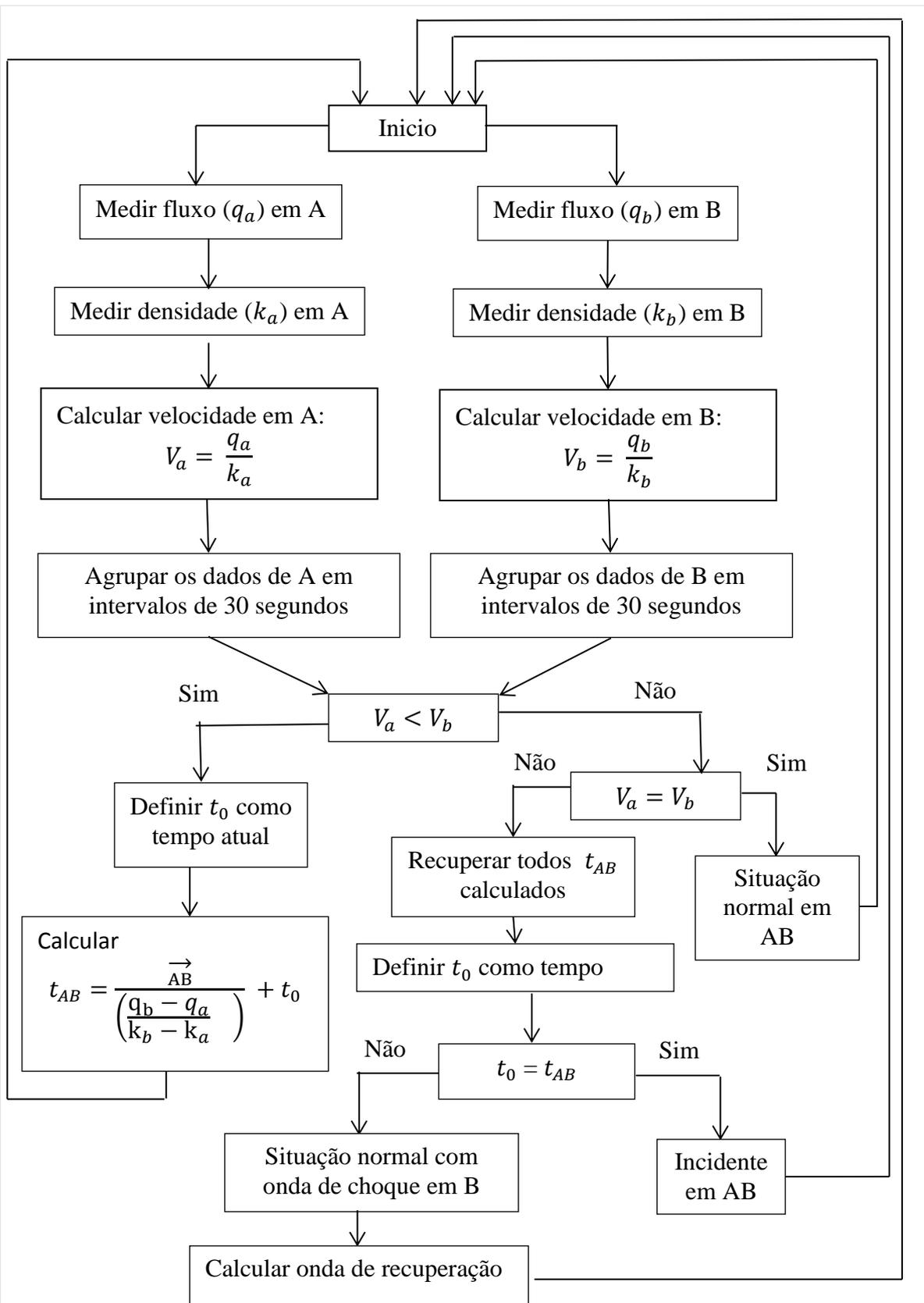


Fig. 4- Metodologia desenvolvida

7.3 Estudo de caso

As galerias utilizadas para este estudo foram as do sentido Centro, que sofrem consequência direta do Elevado Engenheiro Freyssinet, o qual possui apenas duas faixas de rolamento, fator que ocasiona modificação no fluxo, na velocidade e, conseqüentemente, na densidade nesse trecho.

Devido a dificuldades de se obter gravações dentro do túnel, foram utilizadas imagens obtidas pelas duas câmeras da CET-Rio localizadas no Elevado Engenheiro Freyssinet. Essas imagens foram gravadas em um dia de semana entre as 18:00 e 20:00 horas, horário de pico na via e com grande número de alarmes falsos no sistema de detecção automática de incidentes implantado dentro do túnel.

Esse horário é o que gera maior número de alarmes falsos, já que a via está trabalhando praticamente em regime de saturação. Portanto, podem ser vistos ao longo da via diversos momentos de retenção que o sistema implantado lê como uma situação anormal e não como algo rotineiro.

As câmeras ficam a uma distância de 570m uma da outra. Através dessas imagens foi possível calcular a densidade e o fluxo no horário de pico neste trecho. O headway e a densidade de cada ponto foram calculados a partir da sobreposição de figuras geométricas à imagem com a finalidade de ter sempre o mesmo ponto de referência para trabalhar com dados equivalentes. Esse comprimento foi definido após medir a pintura da linha horizontal divisora das faixas, no Elevado, já que essa é a melhor referência de comprimento nos dois vídeos.

Com esses dados foi possível calcular o fluxo e a velocidade através das relações mostradas nas Equações 4 e 5. Os dados foram todos armazenados no Microsoft Office Excel.

$$Fluxo = \frac{3600 \text{ s/h}}{Headway} \quad (4)$$

$$Velocidade = \frac{Fluxo}{Densidade} \quad (5)$$

Após o cálculo dos parâmetros de tráfego de cada ponto separadamente, os dados obtidos com as imagens foram agrupados de 30 em 30 segundos. Com esses dados, foi montada uma planilha com o intervalo de tempo, a quantidade de veículos que passou em cada ponto naquele intervalo de tempo, além de calcular a densidade média e o fluxo total naquele intervalo de tempo nos dois pontos separadamente.

A velocidade das ondas de choque iniciadas em A foi calculada a partir da relação entre a diferença do fluxo em A e B e a velocidade média dos dois pontos. Como a distância entre

os dois pontos era conhecida (570 metros) foi possível calcular o tempo que essa onda levaria para atingir o ponto B. Esse tempo calculado somado ao tempo médio do intervalo de 30 segundos em questão é o momento previsto para haver instabilidade do tráfego no ponto B.

	A	B	PONTO A				PONTO B					
1	T_INICIAL	T_FINAL	QTD	SOMA DENSIDADE	SOMA FLUXO	MÉDIA DENSIDADE	MÉDIA FLUXO	QTD	SOMA DENSIDADE	SOMA FLUXO	MÉDIA DENSIDADE	MÉDIA FLUXO
4	19:08:31	19:09:00	13	1033,333333	16111,76471	79,48717949	1239,366516	31	1433,333333	74520	46,23655914	2403,870968
5	19:09:01	19:09:30	12	783,3333333	11554,28571	65,27777778	962,8571429	29	1600	64114,28571	55,17241379	2210,837438
6	19:09:31	19:10:00	6	483,3333333	3106,396761	80,55555556	517,7327935	29	1733,333333	61800	59,77011494	2131,034483
7	19:10:01	19:10:30	21	1416,666667	31024,28571	67,46031746	1477,346939	24	1733,333333	43320	72,22222222	1805
8	19:10:31	19:11:00	32	2233,333333	77700	69,79166667	2428,125	2	216,6666667	1500	108,3333333	750
9	19:11:01	19:11:30	30	2300	63900	76,66666667	2130	12	1016,666667	10624	84,72222222	885,3333333
10	19:11:31	19:12:00	30	2250	63000	75	2100	24	1166,666667	40800	48,61111111	1700
11	19:12:01	19:12:30	20	1733,333333	28620	86,66666667	1431	29	1316,666667	58200	45,40229885	2006,896552
12	19:12:31	19:13:00	7	750	4900	107,1428571	700	26	1683,333333	51420	64,74358974	1977,692308
13	19:13:01	19:13:30	6	633,3333333	2765,909091	105,5555556	460,9848485	4	433,3333333	3214,285714	108,3333333	803,5714286
14	19:13:31	19:14:00	2	116,6666667	836,1290323	58,33333333	418,0645161	10	550	12903,72093	55	1290,372093
15	19:14:01	19:14:30	19	1400	29346,59341	73,68421053	1544,557548	22	1333,333333	37714,28571	60,60606061	1714,285714
16	19:14:31	19:15:00	29	2050	57000	70,68965517	1965,517241	7	733,3333333	7650	104,7619048	1092,857143
17	19:15:01	19:15:30	16	1400	22170	87,5	1385,625	6	333,3333333	5882,54172	55,55555556	980,42362
18	19:15:31	19:16:00	3	333,3333333	1800	111,1111111	600	19	716,6666667	24840	37,71929825	1307,368421
19	19:16:01	19:16:30	3	333,3333333	456,5217391	111,1111111	152,173913	23	916,6666667	44640	39,8507246	1940,869565
20	19:16:31	19:17:00	12	1083,333333	13185,88235	90,27777778	1098,823529	28	1216,666667	58920	43,45238095	2104,285714
21	19:17:01	19:17:30	11	1183,333333	14104,1958	107,5757576	1282,199619	29	1250	67125	43,10344828	2314,655172
22	19:17:31	19:18:00	4	450	2016,923077	112,5	504,2307692	27	1133,333333	56820	41,97530864	2104,444444
23	19:18:01	19:18:30	6	533,3333333	3253,518822	88,88888889	542,2531369	22	983,3333333	38040	44,6969697	1729,090909
24	19:18:31	19:19:00	24	1366,666667	44700	56,94444444	1862,5	15	1300	18840	86,66666667	1256
25	19:19:01	19:19:30	31	2083,333333	70500	67,20430108	2274,193548	3	216,6666667	2520	72,22222222	840

Fig. 5 - Média do fluxo e densidade

Para verificar se ocorreu instabilidade no tráfego no ponto B no tempo em que era previsto, foi construído um gráfico que sobrepõe o tempo previsto à situação real. O gráfico relaciona a velocidade das duas faixas de tráfego no ponto B ao tempo e junto a ele foram plotadas linhas tracejadas que mostram o momento em que foram previstas ondas de choque por meio dos cálculos.

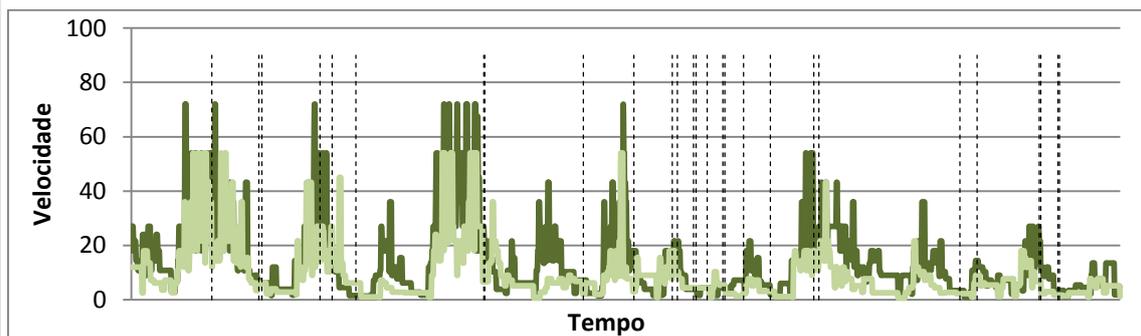


Gráfico 1 - Velocidade no ponto B

Como essa análise foi feita no horário de pico da via é notável a instabilidade da velocidade devido ao grande número de ondas de choque que atingem aquele ponto. Porém, utilizando a metodologia desenvolvida, foi possível diferenciá-las de um incidente já que as reduções devido aos congestionamentos já eram previstas.

8.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo do trabalho foi alcançado após analisar os motivos que geram alarmes falsos nos sistemas de detecção automática de incidentes implantados em vias confinadas que já trabalham em regime de saturação, no caso, mais específico, de um túnel urbano.

Após as definições, foi feito um levantamento do estado da arte em relação a pesquisas sobre AIDs. Para isso, foi realizado levantamento bibliográfico sobre o que vem sendo desenvolvido sobre esse tema atualmente. Todos os AIDs pesquisados trabalham com pelo menos um dos parâmetros de fluxo de tráfego e buscam um maior índice de detecção de incidentes, menor tempo de detecção e menor taxa de alarmes falsos.

Essa taxa de alarmes falsos, entretanto, aumenta em situações em que a via trabalha em regime de saturação, já que as modificações ocasionadas pelas paradas em decorrência de congestionamentos são idênticas às que ocorrem em incidentes.

Para reduzir os alarmes falsos nos sistemas existentes, foi proposto um método que busca prever as ondas de choque que podem atingir o túnel, diferenciando se a instabilidade do fluxo de tráfego está relacionada a um incidente na galeria ou se é apenas parada por congestionamento.

Com a previsão dessas ondas, é possível saber o horário em que a densidade aumentará e o fluxo e a velocidade irão reduzir sem ter nenhuma relação com incidentes, mas apenas devido à falta de capacidade na via adiante.

A metodologia foi desenvolvida de maneira genérica e pode ser utilizada em qualquer túnel ou via confinada que já trabalha em regime de saturação e é frequentemente atingida por ondas de choque.

Essa metodologia leva em consideração dois pontos na via, A e B. Nesses pontos são medidos a densidade e o fluxo e é necessário que a distância entre eles seja previamente conhecida. Com esses dados é calculado o tempo em que uma onda de choque iniciada em A demorará a atingir B ou qualquer outro ponto dentro do túnel que tenha uma distância conhecida.

Sendo assim, é possível distinguir quando a via tratada foi atingida por uma onda de choque já prevista ou se ocorreu um incidente realmente.

Foram analisadas gravações de duas câmeras do Elevado Engenheiro Freyssinet em um dia de semana no horário de pico da via, entre as 18:00 e as 20:00 horas, uma dessas câmeras fica logo na saída do túnel e a outra 570m a frente.

Não foram utilizadas imagens de dentro do túnel devido a dificuldades de se conseguir essas gravações. Por isso, não foi possível calcular a verdadeira redução do número de alarmes falsos obtida com a metodologia desenvolvida, já que não se obteve uma gravação demonstrando os alarmes acionados no sistema atualmente implantado, bem como o cálculo da densidade e o fluxo em pontos dentro do túnel para observar se as modificações

previstas ocorreram.

Por outro lado, observou-se que é possível obter uma redução dos alarmes falsos com a previsão das ondas de choque, já que foi feito um comparativo do tempo calculado para a onda de choque atingir a câmara na saída do túnel e o momento que as modificações dos parâmetros de tráfego realmente ocorreram.

Foi feito também um cálculo por extrapolação, prevendo o tempo que uma onda de choque demorará a atingir outros pontos dentro do túnel (Tabela 1) com as diversas velocidades dessa onda.

Velocidade da onda de choque no ponto A (m/s)	Tempo para chegar ao ponto B (s)	Tempo para chegar à saída para Paulo de Frontin (s)	Tempo para chegar à saída do Cosme Velho (s)	Tempo para chegar à entrada pela Lagoa (s)
2,5	228	548	636	1452
5	114	274	318	726
7,5	76	182,6666667	212	484
10	57	137	159	363
20	28,5	68,5	79,5	181,5
30	19	45,66666667	53	121

Tabela 1: Relação entre a velocidade da onda de choque e o tempo que ela atingirá determinados pontos na via

Como pesquisa futura, é sugerida a análise das ondas de recuperação, pois, em alguns momentos, a onda de recuperação pode ultrapassar a de congestionamento, não trazendo assim modificações aos parâmetros de tráfego na seção seguinte.

Como neste estudo de caso foram utilizados apenas dois pontos para análise, fica como recomendação testar o algoritmo utilizando um maior número de câmeras, principalmente as internas, que mostram o comportamento do fluxo de tráfego dentro do túnel.

Além disso, é importante comparar o método desenvolvido com outro já em uso para comparar a real redução dos alarmes falsos.

REFERÊNCIAS

- CET-Rio (2010) Relatório - Sistemas Inteligentes de Transportes CET RIO, Setembro de 2010 – Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.
- CHEN, L., CAO, Y., JI, R., 2010, “Automatic Incident Detection Algorithm Based on Support Vector Machine”, *IEEE 2010*.
- COELHO, E. C. , 2009, *Avaliação dos níveis de congestionamento em vias arteriais com a utilização da*

- micro-simulação*. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-graduação Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ., Brasil.
- HCM, 2010, *Highway Capacity Manual*, Washington D. C., Transportation Research Board.
- ITS AMERICA, 2011, “Intelligent Transportation Society of America”. Disponível em <<http://www.itsa.org/>>, acessado quatro em abril de 2011.
- JEONG, Y., CASTRO, M. E HAN, M. K. J. D., 2011, “A wavelet-based freeway incident detection algorithm with adapting threshold parameters”, *Transportation Research Part C*, n 19, pp. 1 a 19
- YEO, H., SKABARDONIS, A., (2009) “Understanding Stop-and-go Traffic in View of Asymmetric Traffic Theory”, *Transportation and Traffic Theory*, Edited by W.H.K. Lam, S.C. Wong and H.K. Lo, pp 99 – 115.
- LOU, Y., YIN, Y. E LAWPHONGPANICH, S., 2011, “ Freeway service patrol deployment planning for incident management and congestion mitigation”, *Transportation Research Part C*, v 19, pp. 283 a 295.
- NATIONAL ITS ARCHITETURE, 2011, “User services”. Disponível em <<http://itsarch.iteris.com/itsarch/html/user/userserv.htm>>, acessado em maio de 2011.
- P. ŠKORPUT, S. MANDŽUKA, N. JELUŠIĆ:, 2010, “Real-time Detection of Road Traffic Incidents”, *Promet – Traffic&Transportation*, v. 22, n. 4, pp.273-283.
- TRAFFICINFRA TECH, 2012, Disponível em <<http://www.citilog.com/pdf/en/TrafficTechMay2012.pdf>>. Acesso em maio de 2012.
- TRB, 1976, *Traffic Flow Theory*, Washington D. C., Transportation Research Board
- VALENTI, G., LELLI, M. E CUCINA, D., 2010, “A comparative study of models for the incident duration prediction”. Department of Statistics, La Sapienza University, Roma, Italy.
- VASHITZ, G., SHINARA, D. E BLUM, Y., 2008, “In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels”, *Transportation Research Part F*, v. 11, pp. 61–74.
- WANG, K., JIA, X. E TANG, S , 2005, “A survey os vision-based automatic incident detection technology”, *IEEE 2005*, pp. 290 a 295.